МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

СБОРНИК СТАТЕЙ ПО ИТОГАМ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

«ГОРЯЧКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ»

посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина

18 апреля 2018 г.

Москва 2019

УДК 63. 001-57(082)
ББК4я431
С 23

Сборник статей по итогам II международной научно-практической конференции «ГОРЯЧКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ», посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина / М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2019. 641 с.

ISBN 978-5-9675-1678-8

Редакционная коллегия

Академик РАН **Ерохин М.Н.**, академик РАН **Измайлов А.Ю.**, член-корр. РАН **Лобачевский Я.П.**, д.т.н. **Габитов И.И., Иржи Машек,** д.т.н. **Радостин Долчинков,** член-корр. РАН **Дидманидзе О.Н.**, д.т.н. **Балабанов В.И.**, д.т.н. **Алдошин Н.В.**, д.т.н. **Загинайлов В.И.**, д.т.н. **Гайдар С.М.**, д.т.н. **Левшин А.Г.**, к.т.н. **Перевозчикова Н.В.,** академик РАН **Лачуга Ю.Ф.,** академик РАН **Федоренко В.Ф.,** д.т.н. **Смелик В.А.,** д.т.н. **Иванов Ю.Г.**, член-корр. РАН **Горбачёв И.В.**, профессор **Франтишек Кумхала,** д.т.н. **Голубев И.Г.,** д.т.н. **Жалнин Э.В.,** д.т.н. **Леонов О.А.,** д.т.н. **Казанцев С.П.**, д.т.н. **Кравченко И.Н.,** д.т.н. **Славкин В.И.,** д.т.н. **Старовойтов В.И.,** д.с.-х.н. **Манохина А.А.**, к.и.н. **Зайцева Н.Л.**, к.с.-х.н. **Мехедов М.А.**, **Чистякова О.С.**

Сборник содержит статьи по материалам докладов участников международной научно-практической конференции «ГОРЯЧКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ», посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина, проводившейся 18 апреля 2018 г. на базе ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Издание представляет интерес для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов, руководителей и специалистов АПК.

ISBN 978-5-9675-1678-8

© Коллектив авторов, 2019
© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2019
© Идательство РГАУ-МСХА, 2019

ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

УДК 631.3

ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

***Федоренко Вячеслав Филиппович**, доктор технических наук, академик РАН, директор ФГБНУ Росинформагротех, fgnu@rosinformagrotech.ru*

***Аннотация.** Развитие аграрного сектора экономики и агробизнеса, происходит во многом за счет широкого применения информационных, цифровых технологий, реализации концепции «интернет вещей», инновационных решений и других векторов научно-технического прогресса. Анализ природных, интеллектуальных, социально-экономических ресурсов и предпосылок свидетельствуют, что отечественный агрокомплекс активно создает и реализует инновационную, технологическую и техническую среду, и формирует цифровую экономику в сфере сельского хозяйства. На этом основании формируются тенденции технологического развития агробизнеса, применения информационных технологий, концептуальные положения информатизации, реализации, «интернет вещей», перехода к цифровой экономике в аграрной сфере.*

***Ключевые слова:** информатизация, информационные технологии, агробизнес, интернет вещей, роботизация, сельскохозяйственная технология и техника, цифровая экономика.*

***Abstract.** The development of the agricultural sector of the economy and agribusiness is largely due to the widespread use of information and digital technologies, the implementation of the concept of "Internet of things", innovative solutions and other vectors of scientific and technological progress. The analysis of natural, intellectual, socio-economic resources and prerequisites shows that the domestic agro-complex is actively creating and implementing an innovative, technological and technical environment, and forms a digital economy in the field of agriculture. On this basis the tendencies of technological development of agribusiness, application of information technologies, conceptual positions of Informatization, realization, "Internet of things", transition to digital economy in the agrarian sphere are formed.*

***Key words:** Informatization, information technologies, agribusiness, Internet of things, robotization, agricultural technology and equipment, digital economy.*

Технологическое развитие сельского хозяйства и аграрного сектора экономики в целом происходит в последние годы во многом за счет широкого применения инновационных решений, прежде всего информационных,

цифровых технологий и технических средств, реализации концепции «интернет вещей» и других векторов научно-технического прогресса. Анализ природных, интеллектуальных, социально-экономических ресурсов и предпосылок свидетельствует, что отечественный агрокомплекс активно реализует технологические и технические решения, которые формируют цифровую экономику в сфере сельского хозяйства[1-4].

Стимулы и механизмы, обеспечивающие реализацию такой стратегии технологического развития АПК направлены на: обеспечение оптимальных условий для максимальной реализации созданного генетического потенциала продуктивности: растений, садов, скота, птицы, объектов аквакультуры и других живых организмов, культивируемых человечеством; повышение компетентности, производительности труда и эффективности сельско-хозяйственного производства; формирование рынка отечественных продуктов АПК: продукции сельского хозяйства (мясо, молоко и пр.), средства производства (семена, породы животных, средства защиты, техника и пр.).

Этому способствуют тенденции, складывающиеся на мировых аграрных рынках, приоритеты реализации инноваций и инвестиций в аграрный бизнес.

В настоящее время в мире большую популярность и развитие в аграрной сфере приобретает стратегия «Сельское хозяйство 4.0» – получение максимального эффекта (прибыли) от имеющейся в распоряжении фермеров природно-климатических, генетических и иных ресурсов: земля, вода, ФАР, созданный генетический потенциал растений, скота, птицы, человеческий, кадровый потенциал и пр. Стратегия меняет требования к аграрной инфраструктуре. Если раньше для фермера, сельхозтоваропроизводителя было важно наличие дорог, водо-электроснабжения и других ресурсов, то теперь ему жизненно необходима быстрая связь, информатизация агробизнеса, интернет вещей, интеллектуальный потенциал и пр. В качестве примера реализации такой стратегии можно привести систему защиты посевов (Connected Crop Protection) и контроля применения химических веществ (Chemical Application Manage). Фермер осуществляет загрузку в учетную запись на MyJohnDeere карты своих полей, в том числе почвенные, продукционные. Ему предлагается список препаратов для защиты возделываемой культуры исходя из данных о хозяйстве, сорных растениях, болезнях или вредителях, производится расчёт оптимальных доз их внесения. Вся эта информация заносится в бортовой компьютер трактора, затем настройки передаются разбрасывателю. Программа обработки поля создана с учетом экологических требований (например, буферных зон, определенных законодательством). Подобные интеллектуальные системы объединяют все данные, знания и инструменты, необходимые пользователям при выборе способа обработки посевов, которые передаются в универсальном открытом формате ISO-XML, позволяющем встраивать в систему дополнительные приложения [5, 6]. Всероссийский агроинженерный центр ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ» и компания «КБ Аврора» завершают разработку многофункционального робототехнического беспилотного средства сельскохозяйственного назначения Робтрак «Вим 06,(0,9)-36, которое

ориентировано на удовлетворение основных производственных потребностей сельхозпроизводителей.

В качестве базового шасси средства используется трактор «Беларус 320.4» мощностью 26,5 кВт. Робтрак «Вим 0,6 (0,9)-36 оснащен электронно-аналитической системой управления, а также исполнительными устройствами и датчиками. Система управления включает в себя центральный компьютер, который собирает информацию с датчиков и сенсоров о состоянии машины и внешней среды, обрабатывает ее и передает управляющие сигналы исполнительным устройствам. Использование инструментов машинного зрения, которые позволяют автоматически строить карту местности с обозначением возможных препятствий, состояние плодородия и пр. Управление робототехническим средством осуществляется при помощи радиосигнала с использованием пульта дистанционного управления или автономно по заданной карте местности и данных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS.

Перспективы и преимущества реализации стратегии 4.0:

- крупные корпорации и Компания «John Deere», «Cllass» и другие выступают не только как производители сельхозтехники, но и как поставщики определенного сервиса по ведению сельского хозяйства, интеграторы, объединяющие различные машины, программные продукты. Фермеры просто выбирают фуллайнера, с которым можно вести агробизнес и под его сервисную платформу подбирать свой машинно-тракторный парк;

- данная сервисная концепция способствует не только повышению эффективности аграрного производства, но и решению проблем нехватки квалифицированных кадров. Требования к квалификации работников и специалистов в сельском хозяйстве постоянно растут. Фермер уже не может быть универсалом. Он вынужден специализироваться, сосредотачиваться на одной, двух, максимум-трех областях знаний в ущерб другим. Такие сервисы, как MyJohnDeere или «365Farmnet» автоматизируют процессы принятия решений, оказывают консультационную поддержку, позволяя работать эффективнее как начинающим, так и остановившимся в развитии фермерам;

- технологические и технические инновации направлены на то, чтобы машины сами исключали человеческий фактор, не допускали нерационального своего использования, ведущего к перерасходу ресурсов, перегрузке или поломке.

Вторая стратегия технологического развития – это переход на принципы наилучшие доступные технологии. Стратегия технологическо-экологического развития АПК решает задачи: технологической модернизации, обеспечивающей экологически ориентированный рост экономики; сохранения благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов для удовлетворения потребностей нынешнего и будущего поколений; -реализации права каждого человека на благоприятную окружающую среду, укрепления правопорядка в области охраны окружающей средыобеспечения импортозамещения и экологической безопасности**.** Информационно-

технические справочники по НТД по отраслям АПК разработаны в 2017 году подведомственными Минсельхозу России аграрными учреждениями: ФГБОУ Донским ГАУ, ФГБОУ ВО Саратовским ГАУ, ФГБОУ ВПО Кубанским ГАУ. ФГБОУ ВО Вологодским ГМХА. Справочники НДТ утверждены Приказами Ростандарта от 29.11.2017 г. №2667, от 29.11.2017 г. №2668, от 11.12.2017г. №2784, от 13.12.2017 г. №2819, от 13.02.2017 г. №2820.В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 20.06.2017 г.№ 1299-Р, протоколом заседания межведомственного Совета по переходу на принципы наилучших доступных технологий и внедрению современных технологий от 19.12.2017г. № 88-ОВ/12 Минпромторгу России при участии Бюро наилучших доступных технологий и заинтересованных федеральных органов исполнительной власти поручено в срок до II квартала 2018 года обеспечить актуализацию перечня основного технологического оборудования, эксплуатируемого в случае применения наилучших доступных технологий.

Третье направление-стратегии технологического развития, определяет научно-технологическую политику в АПК следующими документами:

- Указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2016 г. № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства»;

- «Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации» утверждена Указом Президента Российской Федерации 1 декабря 2016 г. № 642;

- «Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса России на период до 2030 года» утвержден Приказом Минсельхоза России 12 января 2017 г. № 3;

- «Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы» (ФНТП) утверждена постановлением Правительства Российской Федерации 25 августа 2017 г. № 996.

ФНТП определяет следующие перспективные направления научно-технологического развития АПК и механизмы их реализации: сложные технологии точного сельского хозяйства (на основе «больших данный», робототехники, беспилотных летательных аппаратов и т.д.; технологии урбанизированного сельского хозяйства; ресурсоэффективные экологичные технологии, включая органическое сельское хозяйство, восстановление плодородия деградированных почв; технологии полной локальной утилизации и рециклинга отходов сельскохозяйственного производства, рыбного хозяйства, пищевой промышленности; конвергентные технологии умной биоэнергетики (включая биотопливо из сельхозотходов); технологии системной интеграции управления логистикой АПК на основе супервычислений, «больших данных» и машинного обучения; технологии производства персонализированного и функционального питания нового поколения; технологии производства синтетических продуктов питания.

Современные информационные технологии не знают границ и способны принести значительный эффект в АПК. Используя большие массивы данных, автоматизировав сбор и анализ информации о развитии посевов,

возделываемых культур, состояние смежных отраслей, рынка продовольствия и прочего, можно моделировать производственную инфраструктуру и рыночную конъюнктуру, обновлять и актуализировать технологические процессы, формировать цифровую экономику. Благодаря этому в распоряжении ученого, специалиста и управленца может оказаться опытное поле размером с регион или целую страну.

При этом уместно обратить внимание на мировые тренды на рынке труда и подготовки кадров:

- ✓ весь мир вошел в новую фазу передела глобального рынка труда, когда, американского рабочего заменяет не эмигрант (китайский) рабочий, а робот;
- ✓ этот переход разворачивается и в ближайшие 20 лет очевидно на рынке труда будут происходить гигантские социальные напряжения по всему миру;
- ✓ профессии будущего – это интеллектуальный труд: управленец, инженер-разработчик, сервис-инженер, дизайнер, предприниматель, изобретатель, научный работник.

На интеллектуальной базе формируется новая стратегия развития и алгоритм организации процесса обучения, выполнения научных работ, исследований в виде набора базовых элементов, специализированных курсов, лекций, тренингов для повышения компетентности специалиста, а, следовательно, эффективности агробизнеса.

Библиографический список

1. Страну переведут на цифру http://www.mk.ru/daily/newspaper/2017/8/2// дата обращения 02.08.2017 г.

2. Владимир Путин провёл заседание на тему «Цифровая экономика». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://путин.ru-an.info/новости/ дата обращения 05.07.2017г.

3. Федоренко В.Ф. Цифровая экономика в сфере сельского хозяйства // В сборнике: Научно-практические основы ускорения импортозамещения продукции садоводства. Материалы научно-практической конференции. Администрация Тамбовской области; ФГБНУ "Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина"; ФГБОУ ВО Мичуринский государственный аграрный университет. 2017. С. 273-279.

4. Цифровая экономика России 2017: аналитика, цифры, факты [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.shopolog.ru/metodichka/analytics/cifrovaya-ekonomika-rossii-2017-analitika-cifry-fakty/ дата обращения 25.05.2017г.

5. Федоренко В.Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: науч. аналит. Обзор // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2014. 224 с.

6. Федоренко В.Ф., Гольтяпин В.Я., Колчина Л.М. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве: науч. аналит. обзор // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2017. 156 с.

УДК 631. 3. 018.2 (092)

ВКЛАД В.П.ГОРЯЧКИНА В РАЗВИТИЕ АГРОИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

***Зайцева Наталья Леонидовна**, кандидат исторических наук, доцент, заведующая Музеем имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, nataliza008@mail.ru*

***Аннотация**. Статья посвящена вкладу В.П. Горячкина в развитие агроинженерного образования.*

***Ключевые слова**: машиноиспытательная станция, земледельческая механика, агроинженерное образование.*

***Abstract.** The article is devoted to the contribution of V.P. Goryackin in the development of agroengineering education.*

***Keywords**: agroengineering science, agricultural mechanics, engineering education.*

За 39 лет педагогического стажа (1896-1935) В.П. Горячкин накопил огромный опыт работы со студенческой молодежью. Пытливый и аналитический ум позволял Василию Прохоровичу не только читать лекционные курсы по инженерным дисциплинам, но и искать новые формы и методы учебной деятельности. В.П. Горячкин прошел все ступени преподавательской деятельности: от и.о. адъюнкт-профессора Московского сельскохозяйственного института до ректора Петровской сельскохозяйственной академии. Огромную роль Василий Прохорович сыграл в развитии агроинженерного образования России, причем, как в царское, так и в советское время.

В.П. Горячкин получил блестящее образование, закончив математическое отделение физико-математического факультета Московского Императорского университета (ныне МГУ имени М.В.Ломоносова) и механический факультет Императорского Московского технического училища (ныне Московский технический университет имени Н.Э. Баумана). В 1894 году ему было предложено начать преподавание инженерных дисциплин в Московском сельскохозяйственном институте, созданном на базе Петровской академии.

Для того чтобы войти в курс нового для него дела и найти подходы к преподаванию инженерных дисциплин, В.П. Горячкин сразу был направлен в длительную, двухлетнюю командировку по стране и заграницу. Главный вывод, который сделал Василий Прохорович, вернувшись, домой был неутешительным: теории сельскохозяйственных машин в мире не существовало, машины и орудия выпускались без строгих расчетов, не использовались законы математики и механики, при испытаниях применялось

ничтожно малое количество измерительных приборов, конструкторы работали практически на ощупь.

В 28 лет, в 1896 году Василий Прохорович был назначен и.о. адъюнкт – профессора по кафедре общего земледелия, заведовал которой с 1894 году адъюнкт-профессор В.Р. Вильямс. В программу преподавания кафедры входили курсы почвоведения, луговодства, сельскохозяйственных машин и сельскохозяйственной мелиорации. Горячкин стал читать курсы «Учение о сельскохозяйственных машинах» для агрономического и инженерного отделений и «Учение о двигателях» для инженерного отделения.

Обучение на инженерном отделении длилось тогда 4 года. Учебный год продолжался с 15 сентября по конец мая, а практические занятия проводились в течение всего года. Студенты активно привлекались В.П. Горячкиным к научным исследованиям, участвовали в выставках сельскохозяйственной техники на Бутырском хуторе. На педагогическом поприще Василию Прохоровичу удалось в 1905 году добиться изменения статуса выпускников инженерного отделения, которым с 1894 года присваивалось звание «агроном-техник» по мелиорации и культуртехнике и они считались, по сути дела, людьми со средним образованием. На инженерном отделении, например, в 1897 году 5 студентов из 8 перешли на сельскохозяйственное отделение для получения диплома о высшем образовании.

Некая ущербность звания «техник» обычно ассоциировалась не с высшим, а со средним образованием, выпускники вуза несправедливо становились поставленными в один ряд с людьми, не имеющими за плечами не только среднего, но даже и низшего образования. Техник обычно просто ремонтировал и обслуживал оборудование, а полученные в МСХИ знания позволяли выпускникам инженерного отделения претендовать на более высокие и престижные должности. Число выпускников инженерного отделения было небольшим. За первые 10 лет институт подготовил всего 37 агроинженеров.

Благодаря настойчивости Василия Прохоровича и поддержке директора МСХИ И.А. Иверонова с 1905 года выпускники инженерного отделения стали получать звания «инженер-агроном» I и II разрядов [1]. Курс обучения студентов был увеличен до 5 лет, в учебный план были включены новые дисциплины, появились новые кафедры, повысилось внимание к практической подготовке, словом, произошли радикальные изменения. Отныне, окончившие МСХИ, приравнивались в правах с выпускниками лучших вузов страны, например, с Императорским Московским техническим училищем. Если в 1901 году на инженерном отделении учились всего лишь 8 человек, то спустя 14 лет, в 1915 году их число возросло до 250 студентов.

Усилиями Горячкина на инженерном отделении явочным порядком была создана секция сельскохозяйственных машин, организационным и учебным центром которой стала Машиноиспытательная станция, открытая 1 января 1914 года. Станция, являясь структурным подразделением учебного заведения, служила полигоном не только для обучения студентов, но и местом

самостоятельной работы будущих специалистов. Наконец, 2 сентября 1915 года на инженерном отделении была открыта секция земледельческой механики и этот день можно официально, считать началом учебной специализации по механизации сельского хозяйства. На инженерном отделении вводится преподавание таких предметов, как теоретическая и строительная механика, начертательная геометрия, гидравлика, строительное искусство, расширяется содержание физики и учения о земледельческих машинах, преподавательский состав пополняется специалистами с механико-математическим образованием. С 1913 года экзамены отменили, знания проверяли в течение всего года, а в конце последних трех месяцев проводили государственные экзамены. Каждый студент инженерного отделения, помимо курсовых задач и «малых» проектов, выполнял и «большой» дипломный проект. Обучение заканчивалось заключительными экзаменами и специальным проектом.

В 1922 году на базе Машиноиспытательной станции по инициативе В.П. Горячкина был создан научный кружок по земледельческой механике. На начало учебного года в 1922 году на машиностроительном отделении обучалось примерно 60 человек, и около 40 студентов, то есть почти 80 %, занимались в кружке. Они делали научные доклады, им читали дополнительные лекции приглашенные специалисты, студенты могли купить изданные лекции по читаемым дисциплинам, их возили на экскурсии по заводам. Например, в 1922 году студенты ознакомились с работой заводов «Бромлей», «Гужон», Люберецким, «АМО», всего студенты были на 10 предприятиях. В.П. Горячкин приглашал для чтения лекций выдающихся специалистов, например, академик В.Р. Вильямс прочитал 4 доклада на тему «Требования агрономии и почвообрабатывающие орудия»; инженер Ульрих познакомил с новостями сельскохозяйственного машиностроения из Германии; ученик В.П. Горячкина В.Ю. Ган рассказал о строительстве завода «Ростсельмаш» в Ростове-на-Дону.

Заботился научный руководитель и об учебниках, научных изданиях. Студенты всегда были людьми небогатыми, чтобы не сказать, бедными. В.П. Горячкин собрал библиотеку, примерно из 500 книг, включая все номера журнала «Вестник металлопромышленности». Учащиеся охотно пользовались открывшимися возможностями, брали литературу себе домой.

Постепенно у Василия Прохоровича созрела идея об организации экскурсионных ознакомительных поездках по заводам уже по стране. Вопрос, как всегда, упирался в недостаток средств. Бюджет научного кружка был чисто символическим – примерно 200 рублей, и формировался из членских взносов студентов – 45 рублей; материальной помощи профсоюзной организации; дотаций руководства Тимирязевской сельскохозяйственной академии и достиг в 1925/ 1926 учебном году 206 рублей [2, 3]. Навстречу участникам кружка пошло руководство Тимирязевской академии, выделив 250 рублей на дальние поездки. Посетили студенты и Ленинград, и Брест и юг СССР. Экскурсии стали к тому времени уже частью учебного плана. Всего за 6 лет было проведено около 60 экскурсий, а в работе научного кружка приняли участие примерно

1500 студентов, с докладами же выступило не менее 100 человек. Именно из активистов-студентов выдвигались кадры для научной работы, кружок давал рекомендации лицам, желающим идти в производство, просматривались отчеты по производственной практике.

Подготовка специальных инженерных кадров для сельского хозяйства отвечала назревшим потребностям народного хозяйства, начиналась строительство новых заводов сельскохозяйственных машин. Советское правительство не могло больше позволить себе расточительно тратить 200 миллионов рублей золотом на приобретение 86 тысяч тракторов, как это произошло в период с 1922 года по 1931 год. В конце 1920-ых годов партия выдвинула лозунг «Кадры, владеющие техникой, решают все».

Внимательно изучив учебные программы 48 американских колледжей, готовивших кадры для сельскохозяйственного машиностроения, В.П. Горячкин пришел к выводу, что «совершенно необходимо, чтобы исследовательские институты и факультеты земледельческой механики строились и развивались при высших сельскохозяйственных школах с тем, чтобы обе организации были кровно связаны между собой и могли пользоваться для своих целей одними и те же специалистами» [3]. 1 сентября 1930 года при деятельном участии Василия Прохоровича был открыт Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, где Горячкин возглавил кафедру сельскохозяйственных машин.

При создании новых вузов, готовивших агроинженеров, В.П. Горячкин уделял исключительно много внимания формированию учебных планов и разработке программ, определяющих содержание нового профиля образования. Среди преподавателей, учёных и чиновников шли нешуточные споры о соотношении инженерных и сельскохозяйственных дисциплин в процессе обучения агроинженеров. Например, в 1915 году в МСХИ из 39 предметов учебного плана инженерного отделения 22 предмета были общими с сельскохозяйственным отделением [4]. Василий Прохорович отстаивал необходимость сохранения ряда агрономических дисциплин в учебных планах, по его мнению, агроинженер был должен знать специфику сельского хозяйства, иначе, как же он будет проектировать и строить машины для работы на земле? В.П. Горячкин даже настаивал, чтобы выпускникам присваивали звание «инженер-агроном», а не «инженер-механик». Он был убежден, что инженеры-агрономы останутся работать в сельском хозяйстве, а инженеры-механики уйдут в другие отрасли народного хозяйства. Но, учебные планы нового вуза – МИМЭСХа значительно сократили число преподаваемых сельско-хозяйственных дисциплин, и студенты шутили, говоря, что название института расшифровывается, как «мимо сельского хозяйства» [5].

Студентов активно привлекали к пуско-наладочным работам на новых заводах сельскохозяйственного машиностроения, первый выпуск студентов-механиков МИМЭСХа был досрочно выпущен без защиты дипломного проекта и отправлен на строительство Челябинского тракторного завода и открытие Иркутского сельскохозяйственного университета, где выпускники должны

были стать преподавателями.

Всего в 1930 году было организовано 6 самостоятельных институтов и три факультета механизации при сельскохозяйственных институтах с общим приемом на первый курс 1930-1931 учебного года 2300 человек.

Каким же преподавателем был Василий Прохорович? Интересны воспоминания его студента Н.А. Сороко: «Незабываемые лекции Горячкина» были насыщены новыми для нас вопросами теории сельскохозяйственных машин, отличались простым языком, в каждую фразу он включал новую мысль» [6]. Близкий соратник Василия Прохоровича профессор Г.И. Бремер вспоминал, что свой курс лекций Горячкин читал настолько оригинально, что многие студенты слушали этот курс повторно несколько раз. Сам Георгий Иванович прослушал лекции трижды [7]. Б.М.Шмелев, слушавший лекции Горячкина вспоминал: «Лекции Василия Прохоровича привлекали студентов не формой их изложения, а своим внутренним содержанием, значительностью и оригинальностью выводов и заключений. Василий Прохорович на лекциях делился со слушателями новыми результатами своих наблюдений, исследований и испытаний сельскохозяйственных машин. Лекции Василий Прохорович читал негромко. Содержание их было логичным, кратким, понятным и очень убедительным. Слушать их было нетрудно, главное же, что было в лекциях – легко запоминалось [8].

В.П. Горячкин заложил основы развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения; впервые разработал научные основы проектирования, расчета и конструирования сельскохозяйственных машин и орудий; разработал методы теоретических и экспериментальных исследований, то есть методологию испытаний; создал ряд уникальных приборов и аппаратов. Однако, прежде всего, Василий Прохорович был преподавателем, его всегда окружала студенческая среда, он создал целую школу своих учеников и последователей и внес огромный вклад в создание инженерного сельскохозяйственного образования России.

Библиографический список

1. Известия МСХА.М.,1900. Кн.2.С.50.

2. Милова Н.В. Отчет о работе кружка по земледельческой механике // Материалы Музея имени В.П. Горячкина. Папка № 56. С.12-15.

3. Горячкин В.П. Пути развития земледельческой механики // Сельскохозяйственные машины. 1930. № 1-2. С.3-4.

4. Назаров Г.И. История становления и развития инженерного профиля селькохозяйственных вузов // Материалы Музея имени В.П. Горячкина. Папка № 54. С.24.

5. Бремер Г.И. Воспоминания о В.П. Горячкине // Материалы Музея имени В.П. Горячкина. Папка № 52. С.15-16.

6. Сороко Н.А. Воспоминания о В.П. Горячкине // Материалы Музея имени В.П. Горячкина. Папка № 44. С.69.

7. Бремер Г.И. Ученый и друг // Земледельческая механика. Сборник

трудов под редакцией В.А. Желиговского. Т.XIII. М.: Машиностроение. 1971.С.144.

8. Б.М.Шмелев. Воспоминания о В.П. Горячкине // Материалы Музея имени В.П. Горячкина. Папка № 57. С. 65-67.

УДК 930.2

ВАСИЛИЙ ПРОХОРОВИЧ ГОРЯЧКИН И МОСКОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

***Чиненова Вера Николаевна**, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник механико-математического факультета, МГУ им. М.В. Ломоносова, v.chinenova@yandex.ru*

***Аннотация:** рассмотрены связи В.П. Горячкина с учеными Московского университета*

***Ключевые слова:** Московский университет, ученики Н.Е. Жуковского, В.П. Горячкин.*

***Abstract.** In the article, the relations of V.P. Goryachkina with scientists from Moscow University.*

***Keywords:** Moscow University, students N.E. Zhukovsky, V.P. Goryachkin*

В 2018 году исполнилось 150 лет со дня рождения В.П. Горячкина (1868-1935).

Василий Прохорович прошел полный курс обучения сначала на физико-математическом факультете Московского университета (1886-1890), а потом на механическом отделении Московского высшего технического училища (МВТУ), где в 1894 году получил звание инженера-механика.

Начались годы его самостоятельной, студенческой жизни. В те годы физико-математический факультет славился своей профессурой; в числе его преподавателей был ряд выдающихся ученых, много внесших в науку, и замечательных преподавателей, формировавших научные взгляды, научное мировоззрение своих слушателей. О том настроении, с которым семнадцати-восемнадцати-летние юноши вступали в стены старейшего русского университета, дает представление письмо, написанное С.А. Чаплыгиным много позднее, профессору А.К. Тимирязеву [1]. Вот что он писал: «…мне вспоминается давно прошедший август 1886 года: мои товарищи и я, молодые студенты университета, с чувством глубокого почтения к нашей alma mater только что вошли в ее стены. Над физико-математическим факультетом в те времена сияли имена Цингера, Бредихина, Тимирязева, Богданова, Морковникова, Жуковского, Столетова.

На факультете в это время преподавали В.Я. Цингер, знаменитый астроном, академик Ф.А. Бредихин и, тогда еще совсем молодой профессор-механик, впоследствии всемирно известный «отец русской авиации» Н.Е. Жуковский.

Вкусы Горячкина склонялись в сторону эксперимента и его ближайшим научным руководителем стал Н.Е. Жуковский.

В те годы Н.Е. Жуковский еще только начинал свою блестящую научную и педагогическую деятельность в Московском университете. Он вступил в состав профессоров университета в 1886 году, как раз в год поступления В.П. Горячкина в студенты университета. В эти годы Н.Е. был уже крупным, известным своими трудами ученым; его магистерская и докторская диссертации и ряд других исследований дали ему широкую известность среди ученых. С другой стороны, длительный стаж работы в высшем техническом училище дал ему большой опыт педагогической и организационной работы. В Московский университет Н.Е. Жуковский пришел вполне сложившимся ученым, с твердым, установившимся взглядом на науку, на ее цели и методы исследования. В эти первые годы работы в университете Н.Е. вкладывал в свое преподавание особенно много своих научных интересов. В университете профессором Федором Евпловичем Орловым[1] был организован механический кабинет, и в нем среди различных кинематических моделей и различных демонстрацинных приборов заняли почетное место и собиравшиеся Н.Е. Жуковским воздушные змеи и летающие бабочки, приводимые в движение закрученной резиной. Вокруг молодого, талантливого ученого, необычайно активно работавшего в научной области, начали группироваться его первые ученики, среди них был и В.П. Горячкин. Несомненно, что преподавание Н.Е. Жуковского, его методы исследования, его научные вкусы, задачи, которые он себе ставил, оказали самое сильное влияние на талантливого студента В.П. Горячкина. Это влияние, корни которого, несомненно, восходят еще к первым студенческим годам, В.П. Горячкин испытывал чрезвычайно сильно в дальнейшей своей работе. Оно определило круг тех задач, с решения которых он начал свою научную деятельность; оно же дальше сказалось и в более поздние годы – годы занятий вопросами механики.

Следует отметить, что со второй половины прошлого века преподавание математики в университете уже не отставало от уровня развития научных знаний и передовых педагогических течений. На рубеже XIX-XX вв. в России формировалось огромное количество разнообразных научных направлений, имен и фактов крупного научного значения. В это время математика и механика в Московской научной жизни и в Московском университете не

[1] Орлов, Федор Евплович - математик (1843 - 1892). Окончил курс в Московском университете по физико-математическому факультету. Главные его работы: "Доказательство теоремы Эйлера" ("Математический Сборник", том II, 1866), "О взаимности дифференциальных уравнений" (магистерская диссертация, там же, том III, 1868), "Разыскание особых решений дифференциальных уравнений" (там же, том IV, 1869). В 1872 г. назначен был профессором в Императорском техническом училище и читал свои лекции в университете. В 1875 г. при его участии основано политехническое общество при училище. В университете он устроил кабинет практической механики.

только не противополагались, но имели много точек соприкосновения и взаимного проникновения. Эта плодотворная для науки тенденция в будущем ярко проявилась в творчестве и деятельности В.П. Горячкина.

Темой дипломного проекта Горячкина в МВТУ был, как и следовало ожидать, - паровоз. Но, закончив Училище, В.П. Горячкин сразу приступил к новому для него делу – изучению сельскохозяйственных машин. Министерство земледелия просило МВТУ рекомендовать одного из своих питомцев для преподавания «Учения о сельскохозяйственных машинах и двигателях» в Московском сельскохозяйственном институте. Н.Е. Жуковский рекомендовал В.П. Горячкина. Молодого ученого направили в две длительные научные командировки. Сначала он в течение шести месяцев знакомился с отечественными заводами с.-х. машиностроения. Затем Василий Прохорович полгода пробыл в Германии и Франции. Заграничная командировка показала ему, что и в передовых странах Запада еще не создана научная основа для проектирования и испытания с.-х. машин.

Василий Прохорович начал свою научную и учебную работу в 1896 г., сразу же по возвращении из командировок, и вел ее непрерывно до 1935 г. – до конца своей жизни.

Можно отметить четыре направления его многолетней деятельности:

1) организация базы для испытания машин, изготовления их рабочих органов,

механизмов и измерительных приборов;

2) систематическое выполнение разнообразных научных исследований;

3) подготовка молодых специалистов для последующего более широкого развертывания научных работ;

4) непосредственное участие в проектировании машин и орудий для их массового изготовления на заводах.

При его кафедре в Московском с.-х. институте была создана машиноиспытательная станция. Ее научные отчеты отличались необычной для того времени глубиной исследований и обоснованностью выводов.

В 1913 году В.П. Горячкин опубликовал атлас жатвенных машин; научная обработка собранного материала и превосходное качество графического изображения остаются до сих пор непревзойденными.

Часть исследований Горячкина была посвящена общим вопросам: расчету сил инерции, теории колебаний, механическому подобию, учению о скоростях и массах машин – орудий в сочетании с двигателями, теории разрушения материалов при их механической обработке, теории клина, способом обработки результатов опыта.

В других своих исследованиях Василий Прохорович рассматривал отдельные виды рабочих органов, предназначенных для подготовки почвы и посева, уборки урожая, последующей его обработки и т.д.

Обе эти большие группы вопросов, общих и специальных, В.П. Горячкин относил к одной науке – земледельческой механике, как бы противопоставляя ее по преимуществу описательному с.-х. машиностроению. «В будущем, –

говорил В.П. Горячкин, земледельческая механика по обилию и разнообразию своих задач будет самой интересной механикой среди многих других своих собратьев».

В годовщину своего 50-летия Василий Прохорович закончил работу над «Земледельческой механикой», ставшей основой методологии при разработке теории, расчета с.-х. машин и научных принципов высшего агроинженерного образования.

Формулируя ее особенности, он писал [2]: «…земледельческая механика служит посредницей между механикой мертвого и живого тела».

В этом смысле и особенность горячкинской механики, ее исходных начал и конечных решений. Разрушение почвенного пласта, измельчение и высушивание растений, расселение микроорганизмов и другое он рассматривал не как стружку, снимаемую с обрабатываемой среды (детали) и направляемую в отвал, а как живые совокупности, сохраняя которые достигается полезность продукта для потребления и преумножаются «качества живого» для последующего воспроизводства. Наряду с этим Василий Прохорович в «живой природе» видел творца. Так, он сформулировал ряд принципов перехода от перемещения живых объектов к перемещению механических движителей. На основе двигательных функций конечностей человека и животных им разработаны схемы механических шагающих и колесных систем, преодолевающих препятствия в различных условиях. «Потребность в таких движителях поставлена теперь в связи с возможностью применения манипуляторов, педипуляторов и стопоходов при механизации процессов в животноводстве, при работе с пестицидами, при переработке продукции и отходов. Следует отметить, что указанный подход В.П. Горячкина в поиске движителей вызвал интерес в связи с освоением объектов космоса» [3].

В.П. Горячкин заботился о преподавании математики и практической механики в Московском сельскохозяйственном институте для этого он пригласил преподавателей из Московского университета, например, Н.И. Мерцалова, С.С. Бюшгенса[2]. В. П. Горячкин оказал на С.С. Бюшгенса большое влияние, привив ему интерес к приложениям математики к технике. На инженерном отделении Сельскохозяйственной академии 21 сентября 1913 года Бюшгенсом была основана кафедра «Высшей математики», которую он возглавлял до 1962 года. Период 1929-1939 гг. в творчестве Бюшгенса посвящён применению метода комплексного переменного к теории плоских кривых, теории плоского движения и теории механизмов. Начало этому положено статьёй «Аналитический метод исследования плоского движения» в

[2] Бюшгенс Сергей Сергеевич (24.09.1882 – 29.03.1963). Окончил физико-математический факультет Московского университета. Профессор (1919). Профессор кафедры высшей геометрии (1933–1943), профессор кафедры высшей геометрии и топологии (1943–1953) механико-математического факультета. Профессор кафедры чистой математики физико-математического факультета (1918–1930). Заслуженный деятель науки РСФСР (1946). В 1960—1961 годах возглавлял кафедру высшей математики и в «МИМЭСХ».

книге «Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин» (под ред. В. П. Горячкина) [4], где автор детально разрабатывает метод.

В этом же томе опубликована статья Сергей Сергеевича «Линейчатые развертывающиеся и косые линейчатые поверхности». Он объясняет цель ее написания: «В виду важного значения линейчатых поверхностей для проектирования как отвалов, так и других частей ряда с.-х. машин настоящая статья имеет своей задачей ознакомить инженеров с.х. с видами линейчатых поверхностей и главнейшими их общими свойствами» [4]. При этом, автор рекомендует студентам свое учебное пособие «Конспект по элементарной теории векторов», напечатанной в изд-ве «Новый агроном». Когда в 1930 году инженерный факультет академии разделился на два самостоятельных учебных заведения – Московский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (МИМЭСХ) и Московский гидромелиоративный институт – С.С. Бюшгенс стал профессором последнего.

Горячкин уделял развитию теории механизмов громадное внимание. Он первым ставит вопрос о необходимости разработки методов кинематического и динамического исследования пространственных механизмов сельскохозяйственных машин. По его инициативе профессор Н.И. Мерцалов создает и читает курс «Теория пространственных механизмов». Под влиянием лекций, прочитанных Н.И. Мерцаловым, и по рекомендации В.П. Горячкина стал заниматься теорией пространственных механизмов и И.И. Артоболевский. Сначала он изучал механизмы, которые применялись в сельскохозяйственных машинах, а позднее в других отраслях машиностроения.

Завершающей печатной работой В.П. Горячкина, предпринятой им незадолго до смерти, была энциклопедия по теории и конструкциям с.-х. машин – «Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин» – тт. I-IV [4]. Составив план этого многотомного издания, В.П. Горячкин сумел привлечь к участию в нем в качестве авторов специалистов многих заводов, институтов и опытных станций страны. Потом статью каждого из них он тщательно редактировал, несмотря на резкое ухудшение здоровья.

В.П. Горячкин оставил после себя не только научные труды, но и воспитал целую научную школу учеников и последователей. Среди них – автор проекта и строитель «Ростсельмаша», член-корреспондент АН СССР В.Ю. Ганн, академики И.И. Артоболевский, В.А. Желиговский, академики ВАСХНИЛ Н.Д. Лучинский, И.Ф. Василенко, множество докторов, кандидатов наук, инженеров. Созданная В.П. Горячкиным научная школа повлияла и на развитие сельскохозяйственного машиностроения за рубежами нашей страны.

После смерти Горячкина вышло Собрание сочинений в 7 томах [5]. Почти каждая теоретическая работа, появляющаяся за границей, содержит упоминание имени В.П. Грячкина, как непререкаемого авторитета в области земледельческой механики.

Библиографический список

1. Голубев В.В. Сергей Алексеевич Чаплыгин // М.: изд-во «Бюро новой техники». 1947. 124 с.
2. Горячкин В.П. Земледельческая механика // Собрание сочинений в семи томах. Т.II. М.: СЕЛЬХОЗГИЗ. 1937.
3. Артоболевский И.И. Развитие идей Горячкина В.П. в современной теории машин. Земледельческая механика // М.: Машиностроение. Т.13. 1971
4. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. тт. I-IV. Под ред. В.П. Горячкина.
5. Горячкин В.П. Собрание сочинений в семи томах. М. Сельхозгиз, 1937-1949.

УДК 631.51:633.854.78:631.432(571.150)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

***Беляев Владимир Иванович**, доктор технических наук, зав. кафедрой сельскохозяйственной техники и технологии ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, prof-Belyaev@yandex.ru*

***Алдошин Николай Васильевич**, доктор технических наук, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, cxm.msau@yandex.ru*

***Аннотация**. Приведены результаты 3-х летнего полевого опыта по сравнению 3-х вариантов технологий возделывания культур(«No-Till», прямой посев в горизонтальный сферический диск и традиционная) в севообороте яровая пшеница-горох-яровая-пшеница-рапс. Дана оценка водного режима почвы и урожайности культур по сравниваемым технологиям возделывания.*

***Ключевые слова:** технология, севооборот, яровая пшеница, рапс, горох, водный режим почвы, урожай.*

***Abstract**. There are the results of a 3-year field experiment of comparison of 3 cultivation technologies variants (No-Till, direct seeding in a horizontal spherical disk and traditional) in the rotation of spring wheat-pea-spring-wheat-rape. The estimation of water regime of soil and yield of crops on the compared technologies of cultivation is given.*

***Keywords**: technology, crop rotation, spring wheat, rape, peas, water regime of the soil, yield.*

Эффективность использования земельных ресурсов в значительной мере зависит от применяемых технологий возделывания сельскохозяйственных

культур. Многолетний период применения технологий интенсивного воздействия техники на почву обусловил ее существенную деградацию, и, как следствие, снижение плодородия. Особенно интенсивно, данный процесс развивается в степных территориях [1, 2].

Поэтому, одним из основных направлений развития и совершенствования агротехнологий в настоящее время является энергоресурсосбережение. В результате при разработке новых технологий возникает необходимость учета всего комплекса зональных технологических, экономических и экологических факторов [3, 4].

Многолетние полевые опыты позволят адаптировать технологии к изменению погодных условий, обосновать их рациональные зональные параметры и в значительной мере повысить эффективность использование имеющихся резервов в растениеводстве [5-7].

Цель исследования: повышение эффективности технологий возделывания культур в условиях умеренно засушливой колочной степи Алтайского края.

Объекты и методы.Объектом исследования являлся технологический процесс возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте.

В рамках международного проекта «Кулунда» с 2013 по 2016 гг. проводился опыт по сравнительной оценке различных вариантов технологий возделывания сельскохозяйственных культур в виде блочных планов. Исследования проводились на поле ФГУП ПЗ «Комсомольский» Павловского района Алтайского края [8, 9].

Сравнивались следующие агротехнологии производства зерна: традиционная (осенняя обработка почвы агрегатом К-744+АПК-7,2, предпосевная обработка почвы и посев агрегатом К-744+АПК-7,2+2СЗП-3,6А); прямой посев (без осенней обработки почвы, посев агрегатом ЭППК-2,5, рисунок 1); No-Till (без осенней обработки почвы, посев опытной сеялкой DMC-Condor, рисунок 2). Все варианты агротехнологий реализованы в севообороте пшеница-горох-пшеница-рапс.

Рис.1. **Прямой посев комплексом ЭППК-2,5 (рабочий орган – горизонтальный сферический диск)**

Опыт реализован на поле ФГУП ПЗ «Комсомольское» Павловского района Алтайского края в 2013-2015 гг. Условия вегетации, варианты закладки полевого опыта и распределение опытных делянок на поле приведены в работе [10].

Хозяйство расположено в условиях умеренно-засушливой колочной степи, тип почвы – чернозем обыкновенный среднесуглинистого состава. Проведенный анализ показывает, что среднее количество осадков вегетации было на 30,7мм выше многолетних, причем в июне их выпало на 46,5мм ниже, а в мае, июле и августе – выше на 24,6мм, 30,6мм и 22,0мм соответственно.

Рис. 2. **Посев по технологии «No-Till» опытной сеялкой DMC-Condor (рабочий орган – копирующее долото)**

В течение вегетации (3 декада апреля и 3 декада августа) на опытных делянках определяли общие запасы влаги в метровом слое почвы по вариантам опытов прибором НН-2. В конце августа проводилась комбайновая уборка урожая по делянкам. Осредненные данные водного режима почвы по сравниваемым вариантам агротехнологий возделывания культур в севообороте пшеница-горох-пшеница-рапс приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты замеров запасов влаги в метровом слое почвы и ее расхода за вегетацию по вариантам опытов

Год	Осадки вегетации, мм	Замеры влаги,	Технология		
			Традиционная. посев СЗП-3,6А	«No-Till» посев DMC-Condor	Прямой посев ЭППК-2,5
2013	266	III декада апреля	214	214	214
		III декада августа	127	142	149,1
		Расход	87	72	64,9
2014	242	III декада апреля	244,9	218,8	203,4
		III декада августа	252	260,9	260,9
		Расход	-7,1	-42,1	-57,5
2015	195	III декада апреля	297,1	294,4	298,6
		III декада августа	184	179,7	187,4
		Расход	113,1	114,7	111,2

В среднем	234,2	III декада апреля	252,0	242,4	238,7
		III декада августа	187,7	194,2	199,1
		Расход	64,3	48,2	39,6

Как показывает анализ, расход влаги из метрового слоя почвы за вегетацию по вариантам опытов за годы исследований изменялся в широких пределах: от 111,2-114,7мм (2015г.) до -7,1 – -57,5мм (2014 г.). Т.е. в 2014 г. осенние влагозапасы были даже выше весенних. Причем максимальное количество осадков за вегетацию выпало в 2013г. (266мм), а минимальное в 2015г. (195мм). В итоге, в среднем за 3 года расход влаги из метрового слоя почвы за вегетацию был максимален по традиционной технологии обработки почвы и посева (64,3мм), а минимальный – по технологии прямого посева ЭППК-2,5 (39,6мм).

Таким образом, фактор года оказал значительно более существенное влияние на расход влаги из метрового слоя почвы за вегетацию, чем применяемая технология (различия в расходе влаги по годам 148,6мм, а по технологиям 24,7мм).

По среднему расходу влаги на единицу урожая возделываемых культур преимущество имел вариант прямого посева ЭППК-2,5, а наибольшее значение получено по традиционной технологии. Различия существенны.

Результаты комбайновой уборки урожая за исследуемый период приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты комбайновой уборки урожая культур по вариантам опытов

Год	Культура в севообороте	Технология		
		СЗП-3,6А	Condor	ЭППК-2,5
2013	Пш по Г	21,0	17,1	31,3
	Г	19,4	21,2	15,7
	Пш по Р	17,9	14,3	19,4
	Р	8,2	11,4	14,3
2014	Пш по Г	23,6	26,9	30,5
	Г	7,5	11,7	7,9
	Пш по Р	17,2	21,9	20,8
	Р	-	-	-
2015	Пш по Г	19,1	11,6	9,8
	Г	8,8	4,7	4,3
	Пш по Р	18,8	9,1	11,9
	Р	-	-	-
В среднем за 2013-2015гг.	Пш по Г	21,2	18,5	23,9
	Г	11,9	12,5	9,3
	Пш по Р	18,0	15,1	17,4
	Р*	-	-	-

где Пш – яровая пшеница, Г – горох, Р – рапс. В 2014-15 гг. рапс убрать не смогли ввиду большого количества осадков конца вегетации, поэтому средние значения не определены.

По урожайности гороха в среднем за 3 года преимущество имела технология «No-Till» (12,5 ц/га), а минимальное значение – по технологии прямого посева ЭППК-2,5 (9,3 ц/га). При посеве яровой пшеницы по предшествующему гороху максимальная урожайность получена по технологии ЭППК-2,5 (23,9 ц/га), а минимальная – по технологии «No-Till» (18,5 ц/га). На посевах пшеницы по предшествующему рапсу преимущество традиционной технологии (18,0 ц/га против 15,1 ц/га и 17,4 ц/га по технологиям «No-Till» и ЭППК-2,5 соответственно).

Заключение. Применение различных технологий в севообороте обуславливает изменение водного режима почв и урожайности. Однако, более значимым фактором являются погодные условия. Влияние технологий на урожайность культур не однозначно: на посевах гороха преимущество имела технология «No-Till», на посевах яровой пшеницы по гороху – технология прямого посева ЭППК-2,5, а на посевах яровой пшеницы по рапсу – традиционная технология.

В среднем, по расходу влаги (из метрового слоя почвы за вегетацию плюс осадки) на единицу урожая лучшие результаты получены по технологии ЭППК-2,5, а худшие – по традиционной технологии.

Библиографический список

1. Беляев В.И., Вольнов В.В. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае // г. Барнаул, изд-во АГАУ. 2010. 205 с.

2. Беляев В.И., Вольнов В.В. Основные элементы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в Алтайском крае (статья) // Вестник Алтайской науки. 2012. № 1. С.6-10.

3. Алдошин Н.В. Индустриальная технология производства кормов // М., Агропромиздат. 1986. 175 с.

4. Алдошин Н.В. Исследование технологических процессов в растениеводстве при помощи стохастических матриц // Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 3. С. 45-47.

5. Алдошин Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 3. С. 5-7.

6. Беляев В.И. Рациональные параметры технологии «No-Till» и прямого посева при возделывании сельскохозяйственных культур в Алтайском крае // Вестник Алтайской науки. 2015. № 1 (23). С. 7-12.

7. Belyaev V.I., Sokolova L.V., Kuznecov V.N., Matsyura, A.V. Effect of sowing aggregates on sowing quality of spring soft wheat (the case of moderate dry-forest steppe, Altay region) // Ukrainian Journal of Ecology. 2017. № 7 (3). С.258-263.

8. Соколова Л.В., Беляев В.И. Водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы в зависимости от предшественников в умеренно-засушливой колочной степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного

аграрного университета. 2017. № 11 (157). С. 56-63.

9. Алдошин Н.В. Анализ технологических процессов в растениеводстве // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 1. С. 34-36.

10. Беляев В.И., Майнель Т., Кожанов С.А., Тиссен Р., Беляев В.В., Кожанов Н.А. Международный проект «Кулунда»: обоснование инновационных комплексов машин и технологий возделывания сельскохозяйственных культур для степной зоны Алтайского края // Аграрная наука – сельскому хозяйству: мат. IX Международной научн.-практ. конф. – Барнаул. 2014. Кн. 3. С. 3-8.

УДК 631.171.2

ПЛАНИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

***Алдошин Николай Васильевич**, доктор технических наук, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, cxm.msau@yandex.ru*

***Аннотация.** Представлена методика планирования посевов сельскохозяйственных культур в зависимости от погодных условий. Использована теория матричных игр для определения доли в посевных площадях разных сортов культур, с учетом их урожайности в различных погодных условиях.*

***Ключевые слова:** сорт, сельскохозяйственная культура, погодные условия, теория игр, игрок, стратегия.*

***Abstract.** The technique of planning of crops of agricultural crops depending on weather conditions is presented. The theory of matrix games is used to determine the share in the acreage of different varieties of crops, taking into account their productivity in different weather conditions.*

***Keywords:** variety of culture, agricultural culture, weather conditions, game theory, player, strategy.*

Сельскохозяйственное производство во многом имеет зависимость от разнообразия погодных условий. При этом конкретные технологии возделывания сельскохозяйственных культур зачастую разрабатываются для конкретных природно-хозяйственных условий. Трудно предсказать достаточно точно погодные условия на предстоящий год. Поэтому перед сельхозтоваропроизводителями стоит задача выбора технологии возделывания культуры, наиболее приспособленной к конкретным погодным условиям [1, 2].

При наличии двух сортов возделывания культуры, приспособленных для

условий засушливого или переувлажненного годов, необходимо определить план посева культуры, обеспечивающий наибольший доход. В зоне рискованного земледелия (а таковой является большая часть России) планирование посева должно осуществляться с учетом наименее благоприятного состояния погоды [3, 4].

Таким образом, одной из сторон выступает сельскохозяйственное предприятие, заинтересованное в том, чтобы получить наибольший доход (игрок *A*), а другой стороной – природа, способная навредить сельскохозяйственному предприятию в максимальной степени (от нее зависят погодные условия) и преследующая тем самым прямо противоположные цели (игрок *B*). Принятие погоды за противника равносильно планированию посева с учетом наиболее неблагоприятных условий. Если же погодные условия окажутся благоприятными, то выбранный план даст возможность увеличить доход. В реальности природа никакой цели перед собой не ставит, вполне равнодушно воспринимая успехи и неудачи сельхозпредприятия. Но для формализации задачи здесь нам удобно так считать [5, 6].

Имеем на лицо конфликт. Типичный конфликт характеризуется тремя основными составляющими: заинтересованными сторонами, возможными действиями этих сторон и их интересами. У нас все три фактора имеются в наличии. Изучение и анализ конфликтов могут быть проведены при помощи математического аппарата – теории игр.

В теории игр заинтересованные стороны называют игроками. Любое возможное для игрока действие называется его стратегией. В условиях конфликта каждый игрок выбирает свою стратегию, в результате чего складывается набор стратегий, называемый ситуацией. Заинтересованность игроков в ситуации проявляется в том, что каждому игроку в определенной ситуации дается выигрыш, соответствующий удовлетворению его интересов. В этих условиях протекания конфликта состоит в выборе каждым игроком своей стратегии и получении определенного выигрыша [6, 7].

В такой ситуации возникает вопрос, какое поведение игроков следует считать оптимальным? Одной из содержательных форм воплощения представления об оптимальности можно считать понятие равновесия, при котором складывается такая ситуация, в нарушении которой не заинтересован ни один из игроков. Именно ситуация равновесия может быть предметом устойчивых договоров между игроками. Кроме того, ситуации равновесия являются выгодными для каждого игрока: в равновесной ситуации игрок получает наибольший выигрыш (разумеется, в той мере, в какой это от него зависит).

Если в игре ситуации равновесия нет, то, оставаясь в условиях стратегий, имеющихся у игроков, мы сталкиваемся с неразрешимой задачей. Поэтому при возникновении таких случаев естественно ставить вопрос о таком расширении первоначально понятия стратегии, чтобы среди ситуаций, составленных из новых, обобщенных стратегий, находились в том или ином смысле равновесные. Если такие обобщенные стратегии существуют, то их часто

удается представить в виде определенных комбинаций исходных стратегий. А чтобы отличить прежние стратегии от новых, первые называют чистыми, а вторые – смешанными стратегиями [8, 9].

Интересным является представление смешанной стратегии как случайного выбора игроком его чистых стратегий, при котором случайные выборы различных игроков независимы в совокупности, а выигрыш каждого из них определяется как математическое ожидание случайного выигрыша. Так преобразованная игра называется смешанным расширением исходной игры [10].

Имеем антагонистический конфликт, в котором у игрока A две стратегии – A_1 – сорт картофеля предпочтительный для засушливого года и A_2 – сорт картофеля предпочтительный для переувлажненного года, а у игрока B – три: B_1 – засушливое лето, B_2 – лето с нормальным количеством осадков и B_3 – дождливое лето.

В качестве выигрыша игрока A возьмем прибыль от реализации полученной продукции в зависимости от состояний погоды, что может быть представлено в виде следующей матрицы размера 2 x n:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \end{bmatrix}$$

Для решения 2 x n-игры необходимо выполнение следующего условия:

$$v = \max_{P} \min_{1 \le k \le n} (a_{1k} p + a_{2k}(1-p)) \quad (1)$$

Значение v игры может оыть получено на основании зависимости

$$\min_{1 \le k \le n} ((a_{1k} p + a_{2k}(1-p)) \quad (2)$$

Отыскание значения игры и оптимального значения p^* для игрока A равносильно определению значения p, при котором функция

$$(k): w = a_{1k} p + a_{2k}(1-p) \quad (3)$$

Достигает своего максимального значения, которое равно v.

$$(k): w = a_{1k} p + a_{2k}(1-p), k = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Максимум функции (1) можно определить, построив ее график. Предположим, что игрок A выбрал смешанную стратегию P={p, 1-p}, а игрок B – k-ю чистую стратегию 1_k, k =1, 2, …, n. Тогда средний выигрыш игрока A в ситуации {P, 1_k} оказывается равным

$$(k): w = a_{1k} p + a_{2k}(1-p), k = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

На плоскости (p, w) это уравнение описывает прямую. При этом каждой чистой стратегии игрока B будет соответствовать своя прямая. В связи с этим для построения графика функции (1) на плоскости (p, w) последовательно наносятся все прямые.

Для каждого значения p в интервале $0 \le p \le 1$ сравниваем соответствующие им значения w на каждой из построенных прямых

определяется наименьшее. В результате чего получаем ломанную линию, которая является графиком функции (1) (рисунок 1). В рассматриваемом интервале данная ломанная огибает снизу все семейство построенных прямых и называется нижней огибающей. Верхняя точка нижней огибающей определяет значение игры – v и оптимальную стратегию игрока А – $P^* = \{p^*, 1\text{-}p^*\}$.

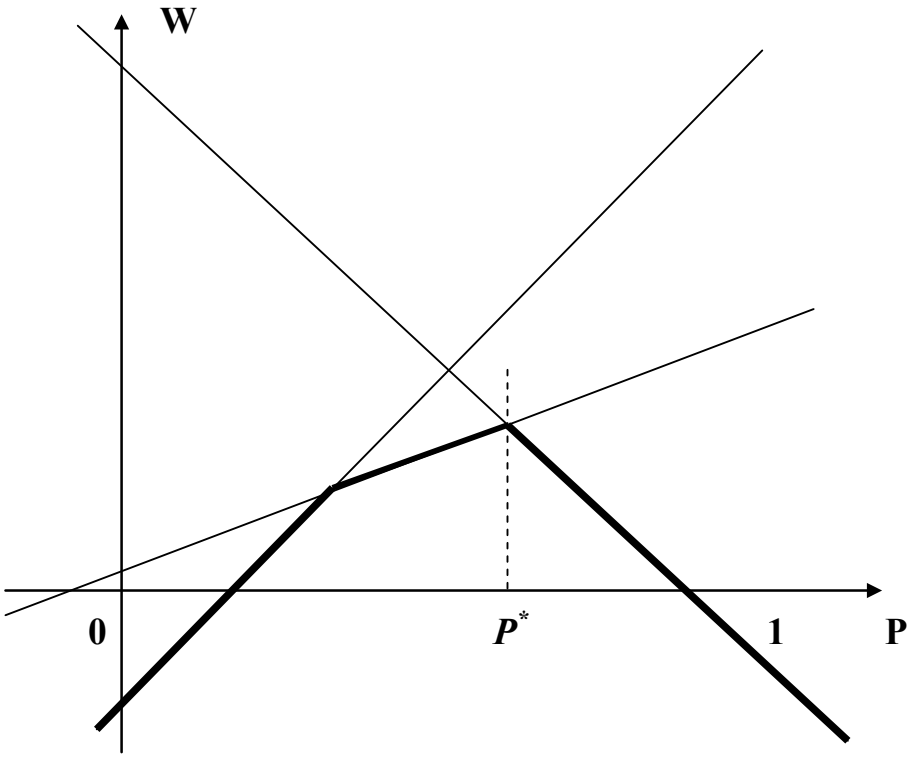


Рис. 1. **Построение нижней огибающей ломанной линии для решения матричной 2 x n-игры**

Используя данные рисунка 1, имеем оптимальную стратегию планирования посевов картофеля. Это является физической реализацией полученного результата, т.е. на запланированной под посадку картофеля в хозяйстве территории необходимо долю соответствующую величине p^* засадить первым сортом и долю $(1 - p^*)$ вторым сортом. При этом гарантируется получение определенной величины прибыли товаропроизводителю, а при благоприятных погодных условиях и увеличению ее.

Библиографический список

1. Старовойтов В.И. Осваивать технологии с учетом конкретных условий // Картофель и овощи. 1993. № 2. С. 10-11.

2. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А. Инновационные грядовые технологии и технические средства для возделывания картофеля и топинамбура // Земледелие. 2015. № 7. С. 40-42.

3. Старовойтов В.И., Донец Н.В., Павлова О.А., Суровцев Р.А., Черников В.И., Чернецов Н.Н. Способ выращивания картофеля // патент на изобретение RUS 2199845 15.10.2001.

4. Алдошин Н.В. Исследование технологических процессов в растениеводстве при помощи стохастических матриц // Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 3. С. 45-47.

5. Алдошин Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 3. С. 5-7.

6. Шикин Е.В., Шикина Г.Е. Исследование операций: учеб. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект. 2006. 280 с.

7. Алдошин Н.В. Анализ технологических процессов в растениеводстве // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 1. С. 34-36.

8. Алдошин Н.В., Дидманидзе Р.Н. Инженерно-техническое обеспечение качества механизированных работ // М.: Издательство РГАУ-МСХА. 2015. 188 с.

9. Коршунов А.В. Управление урожаем и качеством картофеля. – М., 2001. 369 с.

10. Алдошин Н.В., Дидманидзе Р.Н. Выбор стратегий качественного выполнения механизированных работ // Международный технико-экономический журнал. 2013. № 5. С. 67-70.

УДК 631.312.312.024

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА СОСТАВНЫХ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ

***Лискин Игорь Викторович**, научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, mironov-denis87@mail.ru*

***Миронов Денис Александрович**, научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, mironov-denis87@mail.ru*

***Панов Андрей Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, cxm.msau@yandex.ru*

***Аннотация:** Обоснована конструкция лемеха с накладным долотом, позволяющая увеличить ресурс за счет использования долот с параметрами, оптимальными для различных почв. Изложены результаты проведенных сравнительных испытаний серийного лемеха П702 с наплавкой лезвия с созданным экспериментальным образцом лемеха с накладным долотом. Полученные результаты свидетельствуют о значительном повышении прочности и износостойкости. Средний ресурс новых лемехов в 2…4 раза превысил ресурс серийных лемехов на суглинистых почвах.*

***Ключевые слова:** лемех плуга, износ, ресурс, долговечность.*

***Abstract:** New design of the ploughshare increase efficiency and the resource. Developed ploughshares with overhead bit, allows increase the reliability and*

durability by using geometric parameters optimized for different soil conditions. The results of comparative tests with the serial P702 ploughshares with an experimental model show advantages in wear resistance and resource with the new ploughshare. Average yield of new plowshares 2...4 times higher than the serial shares on loamy soils.

Key words: *Ploughshares, resource, durability.*

В настоящее время плуги отечественного производства в основном комплектуют лемехами двух типов: цельными долотообразными и составными с остовом (основой лемеха) и накладным долотом. При использовании лемехов на вспашке почв, обладающих большой изнашивающей способностью, применяют различные виды упрочнения режущей части, как правило, с помощью нанесения твердосплавных покрытий [1].

Цельные долотообразные лемеха типа П702 в зависимости от почвенных условий имеют меньшее на 2…5% тяговое сопротивление за счет гладкой, без выступов лицевой поверхности, по сравнению с лемехами с накладным долотом [2].

Тем не менее, в настоящее время все большее распространение получают составные лемеха, благодаря их более высокой долговечности. Ресурс лемеха с накладным долотом по данным полевых испытаний в 2-4 раза превосходит цельные долотообразные лемеха [3]. Причины этого заключаются в следующем. Накладное долото составного лемеха, как и носок цельного лемеха, испытывает максимальные нагрузки при пахоте. При этом в случае предельного износа носовой части цельный лемех выбраковывают полностью, тогда как на составном в большинстве случаев достаточно поменять лишь одно долото, которое по стоимости гораздо дешевле всего лемеха. Помимо этого, долото закрывает носовую часть и, тем самым увеличивается прочность данной зоны. Полевые испытания показали, что лемеха с накладным долотом в 3…5 раз имеют меньше поломок в зоне носка по сравнению с цельными лемехами [2]. Это связано с увеличением толщины носовой части лемеха за счет долота.

В «Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ» совместно с «Российским государственным аграрным университетом - МСХА им. К.А. Тимирязева» разработаны [3] и прошли полевые испытания лемеха с накладным долотом, не уступающие по износостойкости, долговечности, качеству обработки почвы, устойчивости хода плуга и энергетическим затратам на единицу обработанной площади пахоты плужным лемехам ряда ведущих зарубежных фирм [4].

Предлагаемый лемех (рисунок 1) имеет трапециевидную форму с накладным оборотным долотом. Крепление лемеха на башмаке плужного корпуса соответствует серийному. Основные геометрические параметры нового лемеха соответствуют параметрам серийных лемехов: длина 580 мм, ширина 125 мм, вылет долота 40 мм.

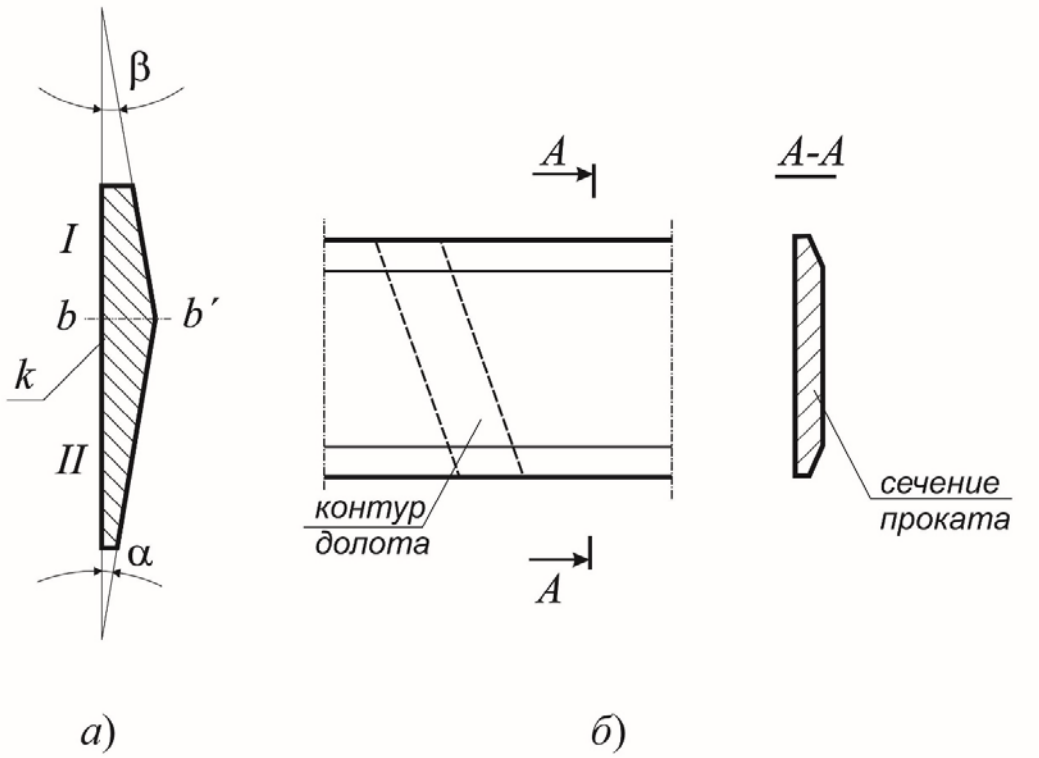


Рис. 1. **Сечение остова лемеха (*а*) и профиль полосы проката для изготовления долота (*б*)**

При проектировании нового лемеха была поставлена технологическая задача сделать такой остов, чтобы в дальнейшем его можно было изготавливать из лемешной прокатной полосы непериодического профиля. Для выполнения поставленной задачи, профиль остова лемеха спроектировали таким образом, что в поперечном сечении он представлял собой фигуру, состоящую из двух трапеций *I* и *II*, где *I* относится к зоне крепления лемеха к башмаку плужного корпуса, *II* к режущей части. При этом лицевая поверхность *k* лемеха имеет вид плоскости, а тыльная состоит из двух отрезков, расположенных под разными углами α и β к поверхности *k*.

Такая конфигурация поперечного сечения остова лемеха позволяет использовать для изготовления лемешной полосы прокат с непериодическим профилем. Особенностью подобного профиля является наличие ребра жесткости, образованного в точке *b* на стыке углов α и β, проходящего по всей длине остова лемеха от полевого до бороздного обреза. Изменяя в исследовательских работах значения этих углов и величину ребра жесткости, проходящую через точки *b*-*b*′ можно добиться оптимальных геометрических параметров сечения лемешной полосы, при которых угол β влияет на угол установки лемеха к дну борозды (угол резания), а угол α на заострение его режущей части.

В конструкции долота, также предусмотрено при будущем серийном производстве использование прокатной полосы непериодического профиля. Схема крепления долота на разработанном составном лемехе представлена на рисунок 2.

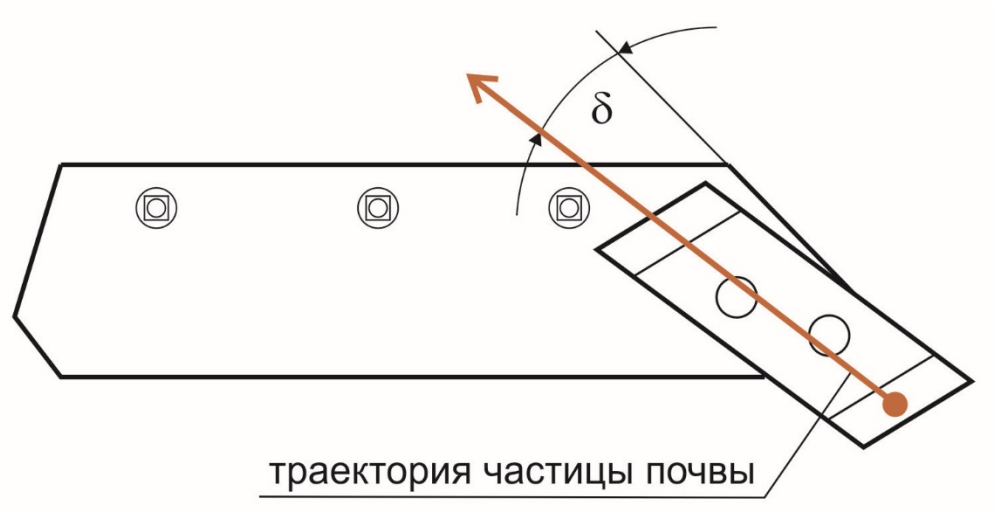


Рис. 2. **Схема лемеха и движения частицы почвы по долоту**

Как известно любое долото, будь оно приставным, накладным, приваренным, увеличивает нагрузку на лемех, так как на полевом обрезе, являющимся в геометрическом пространстве вершиной трехгранного клина, появляется дополнительная деталь, по которой перемещаются почвенные частицы [5]. Наблюдения за работой отечественных лемехов к плугам серии ПЛН как цельных, так и составных позволили выявить одну стабильную тенденцию: при износе лемеха на его лицевой поверхности всегда появляются ярко выраженные следы направления движения почвенных частиц. Указанные направления отклоняются от полевого обреза на угол около 9…14° по направлению против часовой стрелки.

При проектировании нового лемеха учитывали вышеприведенный фактор и долото на лемехе установили в соответствии с направлением движения почвенных частиц (параллельно им), то есть смещением долота относительно полевого обреза на угол 12°. По замыслу это должно было привести к снижению нагрузки в носовой части, так как почвенные частицы станут перемещаться вдоль долота, а не под углом к нему. С целью максимального использования долота оно сделано оборотным и в случае очень интенсивного износа его можно развернуть на 180° и, тем самым, увеличить ресурс лемеха.

Опытные лемеха с накладным оборотным долотом, испытывались в 2015-17 гг. в СПК «Крапивинский» Щекинского района Тульской области. Основные характеристики опытных лемехов: лемеха имели плоскую лицевую поверхность, ребро жесткости на тыльной стороне остова и накладное оборотное долото в носовой части; остов лемеха, как и долото изготовлены из стали 30ХГСА, закаленной до твердости 45-48 HRC; толщина лемеха в месте ребра жесткости составляло 12 мм, на линии спинки 9 мм, на линии кромки лезвия 2,5…3 мм.

Почвы, на которых проводились испытания, имели легко и среднесуглинистый механический состав, твердость почвы в период испытаний составляла от 2,4 до 3,8 МПа.

Опытные лемеха испытывались в агрегате с восьмикорпусным плугом ПЛН-8-35 и трактором К-700. Глубина пахоты составляла 20-25 см, что характерно для данной почвенно-климатической зоны. Скорость движения агрегата 8,5…10,5 км/ч.

По окончании испытаний наработка на лемех (опытный) составила 60 га. Все опытные лемеха пригодны к дальнейшей эксплуатации. Испытания опытных лемехов с накладным долотом были продолжены до полного износа и использования их технического ресурса. При максимальном износе долот, они были развернуты или заменены на новые.

Предельный износ долот, установленных первоначально вместе с новыми лемехами составил в среднем 45…50 га. После разворота долота с изношенным лезвием на 180° они прошли еще по 30…37 га, то есть около 60% от первоначального ресурса при установке новых долот.

Снижение ресурса долот после их разворота на 180° объясняется тем, что режущая часть оборотного долота, находящегося вне зоны непосредственного внедрения в почвенную массу, испытывает, хотя и намного меньшее, но все равно давление от воздействия абразивных частиц, скользящих по лицевой поверхности всей зоны долота. Происходит его износ по толщине и, соответственно, снижается износостойкость этой части лезвия.

Таким образом применение оборотного долота позволяет увеличить его ресурс до 70…80 га, что гарантирует работоспособность лемеха в целом без замены запасных частей не менее одного цикла годового сезона пахоты в полевых условиях данной зоны испытаний.

Средняя наработка опытных лемехов составила 85…90 га/лемех, в том числе долот 69…74 га/лемех.

Средняя наработка серийных лемехов П702 с наплавкой лезвия составила 20…25 га. При этом большинство из них, около 80%, выбракованы по предельному износу, а 20% по причине поломок и деформаций, исключающих дальнейшую эксплуатацию.

Выводы

Опытные лемеха с накладным долотом, имеют существенные преимущества по ресурсу перед серийными наплавленными П702; средняя наработка опытных лемехов в 2,5…3,3 раза превысила наработку серийных лемехов.

Опытные лемеха изготовлены без применения наплавки лезвия, что позволит значительно снизить их себестоимость.

Промышленное изготовление лемехов из проката с непериодическим профилем как для остова, так и для долота значительно упростит технологический процесс производства.

Библиографический список

1. Лискин И.В., Алдошин Н.В., Горбачев И.В., Панов А.И. Совершенствование конструкции плужных лемехов с накладным долотом //

Вестник ФГОУ ВО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2018. Вып. № 1 (81). С. 15-19.

2. Лискин И.В., Панов А.И., Горбачев И.В // Результаты испытаний лемехов с накладным долотом // Сельский механизатор. 2017. № 5. С.8-9.

3. Составной лемех. Патент на изобретение РФ № 2635168 / Лискин И.В., Миронов Д.А., Панов А.И.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ». – Заявка № 2016114573. Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений РФ 09.11.2017, опубл. 09.11.2017, Бюл. № 31.

4. LEMKEN GmbH & Co. KG. URL: https://lemken.com/en/soil-cultivation/ploughing/ (дата обращения 6.11.2017).

5. Панов А.И., Лискин И.В., Миронов Д.А. Повышение износостойкости лемехов с накладным долотом. Актуальные проблемы и инновационные технологии в отраслях АПК // Международная научно-практическая конференция. 18-20 октября 2016 года. – Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ. 2016. Ч. 2. С. 76-79.

УДК 631.354

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Пляка Валерий Иванович, *кандидат технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, cxm.msau@yandex.ru*

Аннотация*. Аксиально-роторная молотильно-сепарирующая система, в отличие от «классической», производительнее, компактнее, меньше травмирует зерно, имеет более простой привод, при раздельной уборке ее производительность практически не зависит от качества валка, хотя, она более энергоемка.*

Ключевые слова*: зерноуборочный комбайн, ротор, кожух, производительность, дробление зерна.*

Abstract. *Axial-rotor threshing-separating system, in contrast to the" classic", more productive, compact, less injures grain, has a simpler drive, with separate cleaning its performance is practically independent of the quality of the roll, although it is more energy-intensive.*

Keywords*: combine harvester, rotor, casing, productivity, grain crushing.*

Ускорение научно-технического прогресса в сельскохозяйственном производстве невозможно без укрепления его материально-технической базы,

создания и постановки на производство принципиально новой техники, соответствующий мировым стандартам и уровню развития агробизнеса.

Урожай зерновых культур в нашей стране за последние годы стремительно растет. Так в 2015 году он составил 104 млн. тонн, в 2016 году - 117 млн. тонн, а в 2017 году – 134 млн.тонн. Рекорды валового сбора сменяют друг друга. Следовательно, необходимо позаботиться о наличии современных отечественных зерноуборочных комбайнах. Главной надеждой в этом вопросе остается завод «Ростсельмаш». Основные направления его развития предусматривают в широких масштабах осуществления технической перестройки производства, позволяющей более полно удовлетворять потребностям сельского хозяйства в необходимой высокоэффективной технике с учетом его зональных особенностей, создание и выпуск модельного ряда зерноуборочных комбайнов, разработка инновационных технологий уборки с надежной техникой, удовлетворяющий требованиям эргономики и экологии. От качественной работы и производительности комбайна зависит своевременность и снижение сроков уборки, а значит и уменьшение потерь зерна [1, 2].

Аксиально-роторная молотильно-сепарирующая система, в отличии от «классической», производительнее, компактнее, меньше травмирует зерно, имеет более простой привод, при раздельной уборке ее производительность практически не зависит от качества валка, хотя, она более энергоемка.

Различные фирмы, в том числе и зарубежные, занимаются исследованием и производством зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системой. Предлагаются различные схемы установки аксиально-роторных МСУ на комбайнах. Известны комбинации роторных и барабанных молотильных устройств на одной машине. Используется различный угол охвата ротора кожухом. Однако и наши ученые, такие как Кленин Н.И., Мысливцев В.Н., Солдатенков В.В., Шрейдер Ю.М., Бердышев В.Е., Золотов А.А. и другие внесли свой вклад в развитие комбайностроения. Ими было предложено, обосновано и испытано аксиально-роторное МСУ с вращающимся кожухом [3, 4, 5]. Это позволило улучшить технологические показатели зерноуборочного комбайна. Исследованиями наших ученых было доказано, что :

Дробление зерна в аксиально-роторной МСС, в основном, определяется работой молотильной части. Величина дробления зерна в аксиально-роторном МСУ в 2-3 раза меньше. Чем в классическом. Дробление зерна с ростом подачи снижается.

При вращении кожуха ротора, выделение зерна в МСУ осуществляется более эффективно.

Изменение частоты вращения кожуха ротора не оказывает ощутимого влияния на уровень технологических показателей аксиально-роторного МСУ. Оптимальная частота вращения находится в пределах от 20 до 40 мин$^{-1}$.

Аксиально-роторное МСУ с вращающимся кожухом сохраняет высокие показатели работы при подаче 12 кг/с и выше.

Аксиально-роторное МСУ сохраняет стабильные показатели работы при

изменении скорости подачи массы к молотилке почти в 3 раза.

Аксиально-роторное МСУ показывает, в целом, одинаково высокие результаты на обмолоте валков с различной ориентацией стеблей.

Применение аксиально-роторных МСУ позволит снизить габариты и массу комбайна.

Применение подвижного кожуха дает возможность работать в условиях повышенной влажности [2].

Аксиально-роторное МСУ с успехом могут применяться на селекционных комбайнах.

Библиографический список

1. Кленин, Н.И., Левшин А.Г., Киселев С.Н. Сельскохозяйственные машины: книга // Москва: «КолосС». 2008. 816 с.

2. Патент РФ №165246 U1, МПК A01F 7/06. Аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство / В.И. Пляка, Б.А. Бицоев, А.А. Золотов, А.И. Панов (РФ). – Патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (RU). №2016114675/13, заявлено 15.04.2016; опубл. 10.10.2016. Бюл. № 28. 7 с.

3. Мысливцев В.Н. Исследования аксиально-роторного МСУ. Дис.на соиск. к.т.н. М.1985.

4. Солдатенков В.В. Исследования аксиально-роторного соломоотделителя. Дис. на соиск. к.т.н. М.1986.

5. Щрейдер Ю.М. Исследования приемной камеры аксиально-роторного МСУ. Дис. на соиск. к.т.н. М.2000.

УДК 631.51

ЗАВИСИМОСТЬ ФРАКТАЛЬНЫХ ПАРАМЕРОВ ОБРАБАТЫВАЕМОГО ГРУНТА ОТ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ НА РАБОЧЕМ ОРГАНЕ ОБЪЕМНОГО РЫХЛИТЕЛЯ

Абдужаббаров Хожиакбар Мохаммадаминович, *инженер, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, akbi@mail.ru*

Жогин Иван Михайлович, *Заведующий полевой опытной станцией, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, zhogin.ivan@yandex.ru*

Камалов Муйдинжон Мумintоевич, *инженер, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, m_kamalov@mail.ru*

Макаров Александр Алексеевич, *ассистент кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты окружающей среды, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, makaleksandr17@yandex.ru*

Аннотация. *В работе исследуется зависимость фрактальных параметров срезов грунта после их обработки моделью рабочего органа*

объёмного рыхлителя от тягового усилия. Построены зависимости фрактальных параметров участков обработанного грунта от прикладываемого к нему тягового усилия.

Ключевые слова: *рыхление грунта, объемный рыхлитель, фрактальный анализ, диссипативная структура, самоподобие.*

Abstract. *The paper studies the relationship between fractal parameters of soil shears treated by a ripper work member and a motive force. The fractal parameters of treated soil areas related to the motive force applied were shown.*

Keywords*: Ripping, ripper, fractal analysis, dissipative structure, self-similarity.*

Введение. Идея фрактального строения грунтов различного типа развивается достаточно давно. Если рассматривать грунт в целом, то можно видеть, что он состоит из мельчайших агрегатов, которые объединены в агрегаты большего размера, которые объединяются в еще большие агрегаты. О фрактальной структуре полостей и трещин в неоднородных телах написано достаточное большое количество работ [1, 2]. Фрактальные модели активно используются, в частности, при моделировании фильтрации различных жидкостей через грунт [3]. При механической обработке грунта происходит изменение его структуры. Можно предположить, что при этом изменятся его фрактальные, структурные характеристики.

Определение фрактальных характеристик грунта. Эксперименты проводились в грунтовом лотке Лаборатории мелиоративных машин кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева с рабочим органом – объемным рыхлителем (рисунок 1). В качестве грунта использовалась однородная супесь.

Рис. 1. **Экспериментальный грунтовый лоток с установленным рабочим органом – параболическим рыхлителем**

Ход эксперимента. Обработка грунта производилась масштабной копией рабочего органа объемного рыхлителя на скорости 0,20 метра в секунду. Тяговое усилие на протяжении всего участка подготовленного грунта менялось в достаточно в широком диапазоне (310-472 Н). Далее с равномерными промежутками в 0,5 метра делались срезы грунта и производилось их фотографирование. В местах срезов точно замерялось тянущее усилие на рабочем органе. После этого производилась описанная выше обработка снимка и измерение фрактальной размерности текстуры при помощи программы Gwyddion [4, 5]. Окно инструмента Fractal Dimension с результатами измерений для одного из снимков среза грунтов, представлено на рисунке 2.

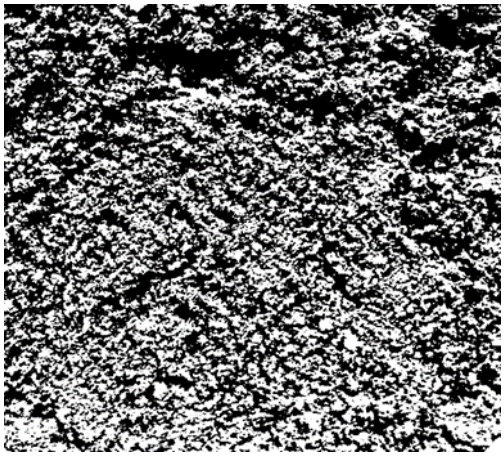


Рис. 2. **Пример обработанного изображения среза грунта**

Срез грунта разбивался на прямоугольные участки, для каждого из них рассчитывалась фрактальная размерность. Результаты определения фракльной размерности для одного из срезов представлены на рисунке 3.

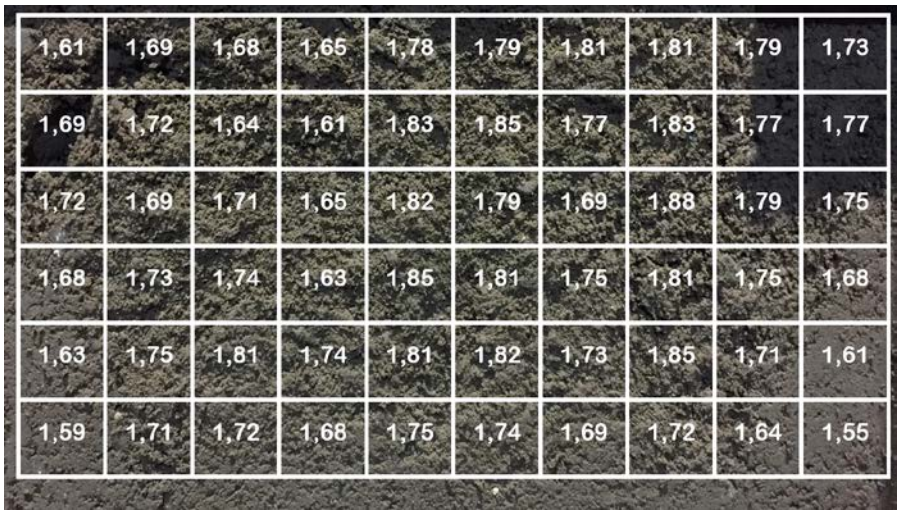


Рис. 3. **Распределение фрактальной размерности среза грунта, обработанного объемным рыхлителем**

Полученный массив значений фрактальной размерности обрабатывался, находилось среднее значение и определялась дисперсия значений фрактальной

размерности.

Результаты и их обсуждение.

Карта фрактальных размерностей хорошо повторяет контуры рабочего органа. Для большей наглядности представлено схематичное расположение рабочего органа, рисунок 4. Можно сделать вывод, что наибольшее разрыхление грунта происходит в районе режущей поверхности.

На рисунке 5 представлено распределение горизонтальных тяговых усилий по ходу модели рабочего органа. Кроме того, на нем представлены усредненная фрактальная размерность среза грунта на определенных участках и ее дисперсия.

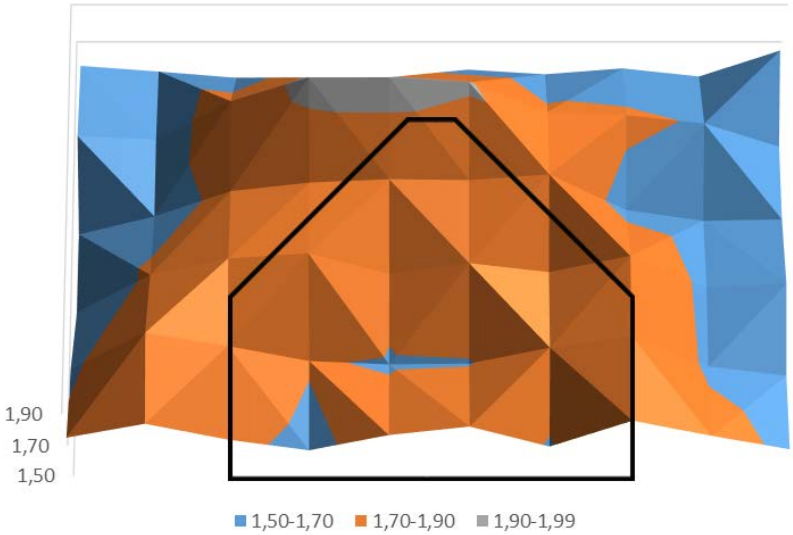


Рис. 4. **Карта распределения фрактальных размерностей по срезу грунта после его обработки рабочим органом трапециеидального рыхлителя**

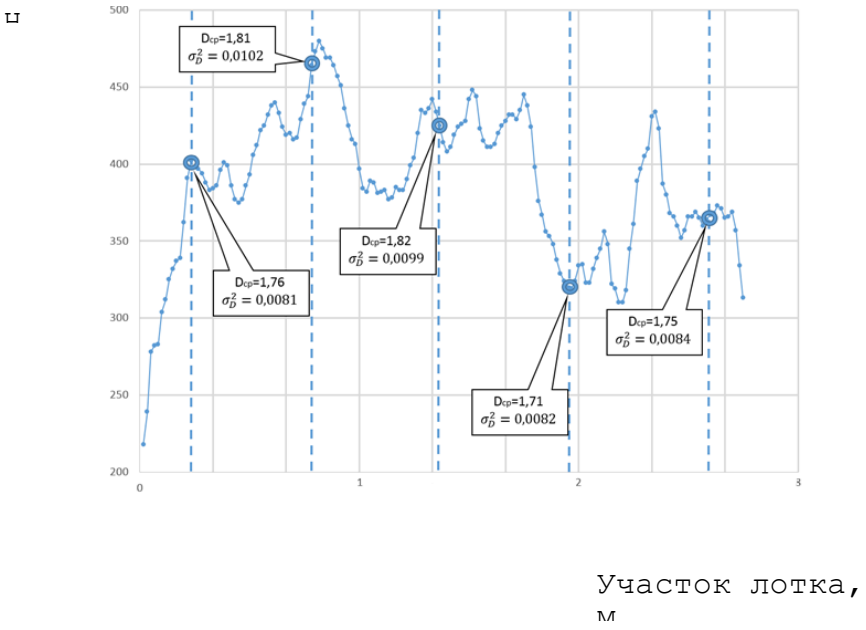


Рис. 5. **Распределение горизонтальных тяговых усилий по длине лотка**

Наблюдается достаточно устойчивая взаимосвязь между тяговым усилием и средней фрактальной размерностью. Чем выше тяговое усилие, тем выше размерность, и, соответственно, степень разрыхления грунта. Коэффициент корреляции составляет 0,89, что говорит о довольно сильной взаимосвязи.

Зависимость усредненной фрактальной размерности среза грунта от тягового усилия представлена на рисунке 6.

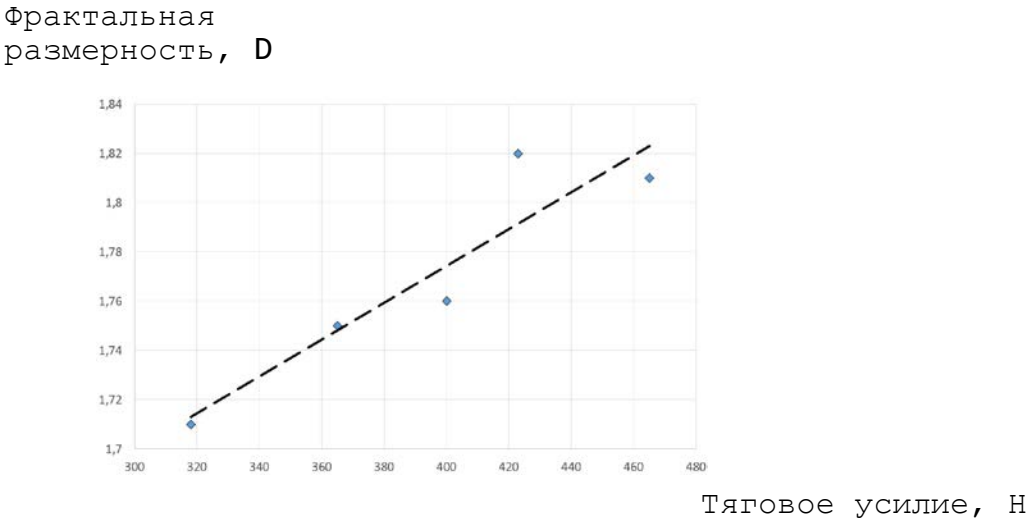


Рис. 6. **Зависимость средней фрактальной размерности греза обработанного грунта от тягового усилия на рабочем органе**

Заключение

Нами было показано, что срезы грунта обладают фрактальными свойствами, и, соответственно для их анализа применимы фрактальные методы. Была доказана применимость фрактальных методов при анализе качества рыхления грунта.

Изучена зависимость фрактальных показателей среза грунта от тягового усилия на рабочем органе – модели трапециевидного и параболического рыхлителей.

Дальнейшего изучения требует вопрос о применении данного метода при моделировании обработки реальных грунтов с негомогенным составом и растительными включениями.

Библиографический список

1. Федотов Г.Н., Третьяков Ю.Д., Иванов В.К., Куклин А.И., Пахомов Е.И., Исламов А.Х., Початкова Т.Н. Фрактальные коллоидные структуры в почвах различной зональности // ДАН. 2005. Т. 405. № 3. С. 351-354.

2. Федотов Г.Н., Третьяков Ю.Д., Иванов В.К., Куклин А.И., Пахомов Е.И., Исламов А.Х., Початкова Т.Н. Влияние влажности на фрактальные свойства почвенных коллоидов // ДАН. 2006. Т. 409. № 2. С. 199-201.

3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия Природы // Москва-Ижевск,

ИКИ. 2002. 300 с.

4. Нахушев А.М. Дробное исчисление и его применение // М.: ФИЗМАТЛИТ. 2003. 272 с.

5. Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. Самоорганизация минеральных систем. Синергетические принципы геологических исследований // Москва. ГЕОС. 2001. 203 с.

УДК 631.311

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ СТОЕК ОБЪЕМНОГО РАЗУПЛОТНИТЕЛЬНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА

***Палкин Николай Александрович**, доцент кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, palkin.42@mail.ru*

***Аннотация.** Разработана математическая модель определения параметров колебаний стоек объемного рыхлительного рабочего органа, которая позволит расчетным путем уточнить режимы работы при разуплотнении тяжелых почвогрунтов с пониженной энергоемкостью процесса.*

***Ключевые слова:** рыхлитель, стойка, лемех, разуплотнение, перемещение пласта, диапазон колебаний.*

***Abstract.** A mathematical model for determining the parameters of the mutual vibrations of the racks of a voluminous ripping working body has been developed and introduced, which will make it possible to specify the parameters of work for decompaction of heavy soils*

***Keywords:** ripper, struts, share, decompaction, movement of the formation, range of vibrations*

Из-за недостатка плодородных земель в большинстве регионов Российской Федерации в сельхозопроизводство вовлекаются земли, имеющие тяжелое по механическому составу строение и глыбистую структуру. Кроме того использование тяжелых колесных тракторов и почвообрабатывающих машин, увеличение числа операций, выполняемых на полях, приводит к значительному уплотнению пахотного и подпахотного слоев, образованию «плужной подошвы». Она препятствует поступлению воды в нижние горизонты и подъему ее в пахотный слой. Контакт влаги между пахотным и подпахотным слоями затрудняется из-за различных капиллярных свойств в этих горизонтах и на границах их соприкосновения. Поэтому ранней весной

переувлажненная почва медленнее созревает для обработки, что сдерживает начало и ход весенних полевых работ. С наступлением жаркой погоды при отсутствии осадков верхний слой почвы быстро пересыхает, а влага из подстилающих слоев не поступает в корнеобитаемую зону. Традиционные приемы обработки почвы (вспашка на глубину гумусо-вого горизонта, культивация и др.) не устраняют негативных последствий ан-тропогенных нагрузок на почву. Поэтому эффективным приемом снижения пе-реуплотнений и повышения структурности почв является глубокое периоди-ческое разуплотнение (рыхление) их глубокорыхлителями разных конструк-рукций [1]. Разуплотнение корнеобитаемого слоя почвы тесным образом влияет на изменение ее структуры. С агрономической точки зрения особый интерес представляет мелковатая и зернистая структура с размером частиц 0,25 …10 мм. Одновременно эта структура должна быть пористой, механически упругой прочной и водоупорной. Особое значение наряду с водоупорностью приобретает пористость структурных агрегатов, обеспечивающая оптимальное содержание в разуплотняемом слое почвенного воздуха [2]. В разуплотненной почве может дополнительно накапливаться 20…25 мм влаги, что способствует лучшему влагообеспечению растений в течение вегета-ционного периода [3].

Используемые для разуплотнения почв мелиоративные орудия имеют большие тяговые сопротивления и не обеспечивают равномерность крошения почвы по разрыхляемому профилю.

Параметры имеющихся конструкций разуплотнителей с качающимися элементами рабочего оборудования не достаточно обоснованы, разуплотнители имеют сложную и энергоемкую систему привода [4].

Поэтому в данной работе решалась задача исследования процесса разуплотнения почв качающимся рабочими органами с основами расчета параметров активного рабочего органа**.**

Сила сопротивления разуплотнению почвогрунтов лемехом и боковыми стойками объемного мелиоративного рыхлителя зависит от усилий резания почвогрунта и давления разрыхляемого пласта, контактирующего с рабочими поверхностями лемеха и боковых стоек на поверхности элементов рабочего органа. Если при поступательном движении разуплотнителя лемех и боковые стойки секций будут совершать продольные колебания с определенной частотой и амплитудой, разуплотняемый пласт периодически будет отрываться от рабочих поверхностей лемеха и стоек и находиться в «свободном полете».

При противофазном движении стоек разуплотнителя снижение энергоемкости процесса происходит за счет того, что когда одна стойка отделяет пласт от массива, вторая стойка при обратном движении дополнительно и одновременно разуплотняет уже отделенный массив, при этом лемехи имеют рабочие плоскости различной конфигурации (S-образной - при первоначальном внедрении и плоской – при дополнительном разрыхлении), а установка угла разрушения почвогрунта лемехами устанавливается автоматически в зависимости от усилий сопротивления внедрения режущей кромки в почвенный массив.

Чтобы при выполнении процесса разуплотнения на разрыхляющие элементы почвообрабатывающего орудия действовали только определенные и разнонаправленные усилия (резания или разрыхления), необходимо обеспечить соответствие скорости поступательного движения разуплотнителя с периодами работы каждой стойки, в течение которых разуплотняемый пласт находится в отрыве от рабочих поверхностей одной стойки, а рабочие поверхности второй стойки в это время обеспечивают отделение пласта от массива с одновременным разуплотнением [5].

Поставленная задача решается при соответствующем подборе параметров разнонаправленных колебаний каждой разуплотнительной секции двухстоечного рабочего органа.

Для получения расчетных зависимостей при определении оптимальных колебаний лемехов, внешней и внутренней боковых секций рабочего органа, используем в качестве начальной зависимости уравнение движения отделенного от массива разуплотняемого пласта почвогрунта в «свободном полете» (после отрыва от рабочих поверхностей колеблющихся лемеха и боковых стоек), которые перемещаются поступательно вместе с глубокоразуплотнителем (рисунок 1).

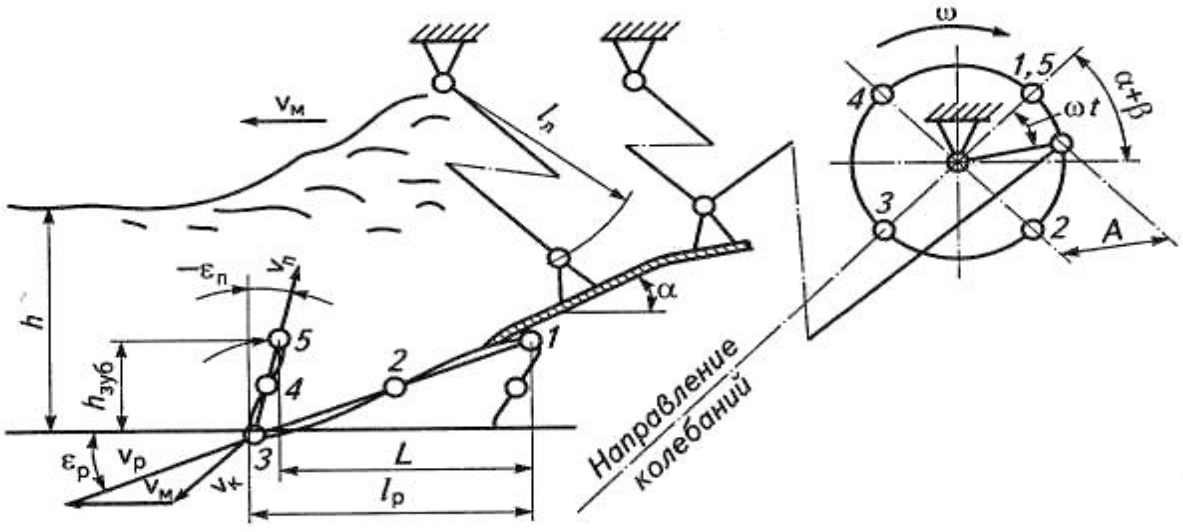


Рис. 1. **Схема перемещения качающейся стойки с лемехом при поступательном движении рыхлителя**

Приняв ряд допущений, основным из которых является равенство скоростей пласта и рабочих поверхностей в момент отрыва их друг от друга, уравнения движения пласта выглядят следующим образом:

$$x = v_o\, t\, cos(\alpha + \beta) - v_м t, \qquad (1)$$

$$y = v_0 t\, sin(\alpha + \beta) - \frac{gt^2}{2}, \qquad (2)$$

где v_0 – скорость колебательного движения рабочих поверхностей, соответствующая моменту отрыва пласта от рабочих поверхностей (положение кривошипа в этот момент определяется углом $\omega t_з$);

t – время «свободного полета» разуплотняемого пласта;

$v_м$ - скорость поступательного движения машины (рабочих поверхностей разуплотнителя).

Величина $v_0 = \omega\, r\, sin\, \omega t_з = \frac{\sqrt{\omega^4 r^2 sin^2 \beta - g^2 cos^2 \alpha}}{\omega\, sin\beta}$, (3)

Здесь угол $\omega t_з$ можно рассчитать по известной формуле

$cos\, \omega t_з = \frac{g \cos\alpha}{\omega^2 r\, sin\, \beta}$, (4)

Значение угла $\omega t_з$ находится в пределах $0 < \omega t_з < 0{,}5\pi$.

Уравнение движения колеблющихся рабочих поверхностей лемеха и стоек имеет вид

$$y = x\, tg\, \alpha + \frac{r[\cos(\omega t - \omega t_з) - \cos\omega t_з]sin\beta}{cos\alpha} + v_{маш} t\, tg\alpha, \quad (5)$$

Подставляя в последнее выражение значения x, y, v_0 из уравнений (1), (2) и (3) и решив его относительно величины $\omega t_з$, получим

$$tg\, \omega t_з = \frac{\frac{(\omega t)^2}{2} + cos\omega t - 1}{\omega t - \sin\, \omega t}, \quad (6)$$

Значение угла поворота кривошипа ωt соответствует времени «свободного полета» - с момента отрыва его от рабочих поверхностей до момента падения на рабочие поверхности. Назовем величину ωt фазой полета. Таким образом, выражения (5) и (4) связаны параметрами колебаний рабочих поверхностей и фазой полета пласта.

Целесообразно, чтобы падение разуплотняемого пласта на рабочие поверхности происходило в период прохождения кривошипом расстояния от точки *6* до точки *8*. Следовательно, фазу полета можно охарактеризовать выражением $\omega t = \pi + \omega t_з$

Подставив значение ωt и величину $\omega t_з$ из формулы (4) в уравнение (6), после преобразований получим ускорение кривошипа

$$\omega^2 r = 2\, \frac{g \cos\alpha}{\sin\beta}, \quad (7)$$

Эта формула и является математической моделью, согласно которой по нашему мнению можно рассчитывать параметры колебаний рабочего органа объемного разуплотнителя.

Допустимый диапазон изменения величины ωt можно принять

$$1{,}3\,\pi < \omega t < 1{,}7\,\pi.$$

Тогда формулу (7) перепишем так

$$1{,}7\, \frac{g \cos\alpha}{\sin\beta} < \omega^2 r < 2{,}6\, \frac{g \cos\alpha}{\sin\beta}, \quad (8)$$

В соответствии с ранее полученными нами значениями геометрических параметров по конструированию рыхлительного органа рациональной конструкции: угол рыхления $\alpha = 36^0$, угол $\beta = 15^0$ и r = 50 мм [5], то оптимальное значение колебаний боковых стоек и лемехов объемного разуплотнителя определяется интервалом $42 < n < 53$ колебаний в минуту.

При других значениях углов и радиуса кривошипа диапазон допустимых колебаний следует находить по выражению (8).

Режим колебаний лемеха и боковых стоек, соответствующий выражению (8), обеспечивает:

- наименьшее тяговое сопротивление, которое значительно ниже, чем у глубокорыхлителя с неподвижными лемехом и боковыми стойками относительно рамы навески;

- эффективное перемещение при каждом колебании разуплотняемого пласта по рабочим поверхностям обеих стоек разуплотнителя, что исключает налипание и сгруживание пласта на лемехах и криволинейных боковых стойках каждой секции.

Изложенные выше соображения о значительном снижении тягового сопротивления при работе глубокоразуплотнителя с колеблющимися боковыми стойками и лемехами подтверждаются и зарубежными данными.

Выводы

1. Учитывая недостаточность материала по вопросу назначения параметров качающихся рабочих органов при разрыхлении переуплотненных грунтов, обоснования общей энергоемкости процесса, решение задачи приобретает особую актуальность.

2. Проблема разрыхления переуплотненных почвогрунтов с качающимся в плоскости движения машины объемным разуплотнителем технически осуществима.

3. Параметры работы мелиоративного объемного разуплотнителя при эксплуатации его в различных почвенно-климатических условиях требуют уточнения путем проведения лабораторных экспериментов с масштабными моделя-ми рабочего органа, оборудованных различными приводами .

Библиографический список

1. Кленин Н.И., Скакун В.В. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины // – М.: Колос, 1994. 604 с.

2. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв // Монография. Киев, «Феникс». 2008. 200 с.

3. Мажугин Е.И. Машины для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов // Учебное пособие.- Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. 130 с.

4. Палкин Н.А., Макаров А.А. Совершенствование конструкции объемного мелиоративного разуплотнителя почв // М.: Научно-практический журнал «Природообустройство». 2010. № 3. С 13-18.

5. Мырзашев С.М., Шотанов С.И., Бектлеуов А.Ш. Исследование рабочего процесса рыхлителя с траекторным колебанием рабочего органа // Наука и образование Южного Казахстана. 2004. № 2 (37). С 27-30.

УДК 631.243

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА III И IV ЭТАПАХ СЕЛЕКЦИИ И ПЕРВИЧНОГО СЕМЕНОВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТЕЙНЕРНОЙ ТАРЫ

***Степанов Кирилл Александрович**, инженер лаборатории транспортной логистики и погрузочно-разгрузочных работ, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 89999878895@mail.ru*

***Крюков Михаил Львович**, ведущий специалист лаборатории транспортной логистики и погрузочно-разгрузочных работ, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, krumil52@mail.ru*

***Иванов Максим Викторович**, инженер лаборатории транспортной логистики и погрузочно-разгрузочных работ, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, maks.ivanov.1992@mail.ru*

***Аннотация**. В статье кратко описывается последовательность работы математической модели стадии уборки, транспортировки и сушки селекционного зерна на III и IV этапах их размножения с применением контейнерной тары. За функцию цели взята суммарная минимизация прямых эксплуатационных затрат на трёх операциях технологической цепи селекционно-семеноводческого дела на весь объём работ, выполняемыми техническими средствами.*

***Ключевые слова:** селекция, первичное семеноводство, механизация, контейнеры, оптимизация.*

***Abstract**. The article briefly describes the sequence of the mathematical model on the stages of harvesting, transportation and drying at the III and IV stages of their production using container tare. Total minimization of direct operational costs on three stages of technological chain of selection and seed-growing deal on all volume of the works performed by technical means is taken for function of the purpose.*

***Keywords**: selection, primary seed production, mechanization, containers, optimization.*

1. Расчёт объёма работ и эксплуатационных затрат комбайна

Функция цели C^i определяется, как минимизация прямых эксплуатационных затрат $И_э^i$ і-го технического средства уборочно-транспортного комплекса, на весь объём работ B_i, определяющийся сменным оборотом материала $Q_{см}^i$, осуществлённый техническими средствами в необходимом количестве X_s за отведённый агротехнический срок T на этапах комбайнирования (*к*), транспортировки (*т)* и сушки (*с)*:

$$C^i = \sum_{к,т,с} Q_{см}^i * X_S * T * И_э^i \rightarrow min \qquad (1.1)$$

Объёмы взаимосвязанных работ должны быть выполнены синхронизировано [2, с.43].

То есть, для общей рассматриваемой системы “комбайн – транспортное средство – сушилка”, синхронизация объёмов работ *будет выглядеть следующим образом*:

$$Q_{см}^{к} * X_{к} * T \leq Q_{см}^{т} * X_{т} * T \leq Q_{см}^{с} * X_{с} * T \quad (1.2)$$

Применительно к работе комбайна, функция цели *будет выглядеть следующим образом*:

$$С^{к} = Q_{см}^{к} * X_{к} * T * И_{з}^{к} \rightarrow min \quad (1.3)$$

Первичное преобразование даст нам *следующую зависимость*:

$$С^{к} = \left(t_{см}^{дк} * W_{экс}^{ч}\right) * \left(\frac{V_k}{Q_{см}^{к} * T}\right) * T * (И_{от}^{к} + И_{гсм}^{к} + И_{рто}^{к} + И_{амо}^{к} + И_{проч}^{к}) \rightarrow min \quad (1.4)$$

где $t_{см}^{дк}$ - действительное время смены, определяющийся начальным временем смены, за вычетом времени на подготовительно-заключительные работы $t_{из} \approx 115\,мин$, отдых и личные нужды $t_{отл} \approx 25 \dots 38\,мин$, время на обслуживания комбайна в период смены $t_{то} \approx 10{,}2 \dots 30\,мин$;

$W_{экс}^{ч}$ – эксплуатационная часовая производительность комбайна, определяющаяся главным образом пропускной способностью молотилки $q_{п}$ и понижающими коэффициентами: коэффициентом вариации подачи хлебной массы $\gamma_{м} = 0{,}15$, использования времени смены τ, учитывающем состояние убираемого хлебостоя $k_{х}$, отношения массы соломы к массе зерна $\varepsilon = 0{,}8$;

V_k – валовый объёмный выход испытываемой культуры. Зная её, а также $Q_{см}^{к}$ и T, можно определить $X_{к}$.

$И_{от}^{к}$ – затраты на оплату труда персонала, обслуживающие комбайны, определяющиеся из $Q_{см}^{к}$, числа обслуживающего персонала $Ч_{оп}$, их заработной платы $О_{оп}$, и районного коэффициента на зарплату $К_{з}$;

$И_{гсм}^{к}$ – затраты на горюче-смазочные материалы, определяющиеся из часового расхода топлива комбайна $G_{т}$, $t_{см}^{дк}$, цены на топливо $С_{т}$, коэффициента загрузки двигателя $K_{д}$, $Q_{см}^{к}$;

$И_{рто}^{к}$ – затраты на ремонт и тех. обслуживание, определяющиеся ценой комбайнов $Ц_{к}$, коэффициента отчисления на ремонт $k_{рто}$, $Q_{см}^{к}$, годовой загрузки комбайна $T_{з}$;

$И_{амо}^{к}$ – затраты на амортизацию комбайнов в сменном выражении, определяющиеся из $Ц_{к}$, нормы отчислений на амортизацию $Н_{а}$, повышающего коэффициента амортизации $k_{амо} \leq 2$ (5-я амортизационная крупа), $Q_{см}^{к}$, $T_{з}$;

$И_{проч}^{к}$ – прочие затраты на основные и вспомогательные материалы, определяющиеся из количества материала r_{i}, их цены $С_{мi}$, $Q_{см}^{к}$.

После преобразований *получим следующее выражение функции цели*:

$$C^{к} = \left((t_{см} - t_{нз} - t_{отп} - t_{то}) * \frac{q_{п} * (1 - \gamma_{м}) * \tau * k_{х}}{(1 + \varepsilon)} \right) * \left(\frac{V_{k}}{Q_{см}^{к} * T} \right) * T$$
$$* \left(\left(\frac{1}{Q_{см}^{к}} * Ч_{оп} * О_{оп} * К_{з} \right) + \left(\frac{G_{т} * 10^{-3} * С_{т} * К_{д}}{W_{экс}^{ч}} \right) + \left(\frac{Ц_{к} * k_{рто}}{W_{экс}^{ч} * T_{з}} \right) \right.$$
$$\left. + \left(\frac{Ц_{к} * Н_{а} * k_{амо}}{W_{экс}^{ч} * T_{з}} \right) + \left(\sum_{i=1}^{i=n} r_{i} * C_{мi} \right) \right) \rightarrow min \quad (1.5)$$

2. Расчёт объёма работ и эксплуатационных затрат транспортных средств для обслуживания $X_{к}$-комбайнов

Применительно к работе транспортных средств функция цели будет выглядеть *следующим образом*:

$$C^{т} = Q_{см}^{т} * X_{т} * T * И_{з}^{т} \rightarrow min \quad (2.1)$$

Первичное преобразование даст нам *следующую зависимость*:

$$C^{т} = \left(G_{ф} * \frac{t_{см}^{дт}}{t_{цт}} \right) * \left(\frac{Q_{см}^{к}}{Q_{см}^{т}} \right) * T * (И_{от}^{т} + И_{гсм}^{т} + И_{рто}^{т} + И_{амо}^{т} + И_{проч}^{т}) \rightarrow min \quad (2.2)$$

$Q_{см}^{т}$ определяется: $G_{ф}$ – фактической цикловой грузоподъёмностью транспортного средства, определяющейся из суммарно вмещающегося объёма контейнеров $V_{сум.к}$, их коэффициента использования вместимости η, плотности засыпанного материала γ_{k}; количеством циклов в смену, характеризующаяся отношением $t_{см}^{дт}$ ко времени цикла $t_{цт}$, складывающийся из времени на пребывание ТС в поле в ожидании намолота зерна $t_{ож}$, суммарного времени, затрачиваемое на подъезды к комбайнам $t_{нк}$, суммарной продолжительности выгрузки зерна из бункеров $t_{выг}$, времени движения транспортного средства от комбайна к току с грузом и без груза $t_{ас}$ и $t_{аб}$, времени, затрачиваемого ТС на взвешивание, оформление документов $t_{орг}$, времени, затрачиваемого ТС на разгрузку $t_{разг}$. $X_{т}$ определяется отношением $Q_{см}^{к}$ к $Q_{см}^{т}$, а $И_{з}^{т}$ вычисляется точно также, как и для комбайна [1-3].

После преобразований *получим следующее выражение функции цели*:

$$C^{т} = (V_{сум.к} * \eta * \gamma_{k} * 10^{-3} * \left(\frac{t_{см} - t_{нз} - t_{отп} - t_{то}}{t_{ож} + t_{нк} + t_{выг} + t_{ас} + t_{аб} + t_{орг} + t_{разг}} \right) * \left(\frac{Q_{см}^{к}}{Q_{см}^{т}} \right) * T *$$
$$\left(\left(\frac{1}{Q_{см}^{т}} * Ч_{оп} * О_{оп} * К_{з} \right) + \left(\frac{G_{т} * 10^{-3} * t_{см}^{дт} * С_{т} * К_{д}}{\frac{Q_{см}^{т}}{t_{см}^{дт}}} \right) + \left(\frac{Ц_{к} * k_{рто}}{\frac{Q_{см}^{т}}{t_{см}^{дт}} * T_{з}} \right) + \left(\frac{Ц_{к} * Н_{а} * k_{амо}}{\frac{Q_{см}^{т}}{t_{см}^{дт}} * T_{з}} \right) + \right.$$
$$\left. \left(\sum_{i=1}^{i=n} r_{i} * C_{мi} \right) \right) \rightarrow min \quad (2.2)$$

3. Расчёт объёма работ и эксплуатационных затрат сушильных установок для обслуживания $X_{т}$-транспортных средств

Применительно к работе сушильных установок функция цели будет выглядеть *следующим образом*:

$$C^c = Q^c_{см} * X_c * T * И^c_з \rightarrow min \quad (3.1)$$

Первичное преобразование даст нам *следующую зависимость*:

$$C^c = \left(W^c_{экс} * t^{дс}_{см}\right) * \left(\frac{Q^m_{см}}{Q^c_{см}}\right) * T * (И^c_{от} + И^c_{гсм} + И^c_{рто} + И^c_{амо} + И^c_{прч}) \rightarrow min \quad (3.2)$$

$Q^c_{см}$ определяется $W^c_{экс}$ – эксплуатационной цикловой производительностью сушильного агрегата, также как и для транспортных средств, характеризирующейся, главным образом, её цикловой “грузоподъёмностью” и количеством возможных циклов в смену. Разницу составляет только сама специфика сушки: в $t^{дс}_{см}$ теряется только время, затрачиваемое на отдых и вспомогательные работы $t_{вр}$ и подготовительно-заключительное время обслуживания сушильной установки $t_{обс}$. Время $t_{цс}$ включает в себя продолжительность установки контейнеров $t_{уст}$, время, затрачиваемое на сушку $t_{суш}$, на выключение агрегата, снятие контейнеров и перемещение к месту хранения $t_{выкл} \approx 10 - 12\,мин$. На $W^c_{экс}$ также влияют понижающие коэффициенты: коэффициент, учитывающий изменение производительности сушилки от вида культуры $K_к = 1$, учитывающий назначение зерна $K_c = 1$, учитывающий процент снижения влажности $K_в = 1$, учитывающий техническую надёжность сушильного агрегата $K_т = 0{,}95$, а также от γ_k. Зная $Q^c_{см}$ и $Q^m_{см}$, можно определить X_c.

$И^c_з$ рассчитывается почти точно также как и для комбайнов или ТС. Исключение составляет только расчёт $И^c_{гсм}$, поскольку источником энергии потребителей является электроэнергия. В таком случае, $И^c_{гсм}$ будет состоять из суммарной установленной мощности потребителя электроэнергии $\sum_i P$, стоимости 1 кВт электроэнергии $С_э$, $t^{дс}_{см}$, коэффициентов соответственно, учитывающих потери в сельских электросетях $K_п$ =1 и использования установленной мощности $K_т = 0{,}75$, $Q^c_{см}$ [3, с. 51].

После преобразований *получим следующее выражение функции цели*:

$$C^c = (K_к * K_c * K_в * \left(G_{вз} * \frac{(t_{см} - t_{вр} - t_{обс})}{(t_{уст} + t_{суш} + t_{выкл})}\right) * \gamma_k * K_т * (t_{см} - t_{вр} - t_{обс})) * \left(\frac{Q^m_{см}}{Q^c_{см}}\right) *$$
$$T * \left(\left(\frac{1}{Q^c_{см}} * Ч_{оп} * О_{оп} * К_з\right) + \left(\frac{(K_п * \sum_i P * K_т) * С_э * t^{дс}_{см}}{Q^c_{см}}\right) + \left(\frac{Ц_c * k_{рто}}{W_Ф / t_{цс} * T_з}\right) + \left(\frac{Ц_c * Н_а * k_{амо}}{W_Ф / t_{цс} * T_з}\right) +$$
$$\left(\sum_{i=1}^{i=n} r_i * C_{мi}\right)) \rightarrow min \quad (3.3)$$

В конечном итоге, суммируя результаты полученных функций использования контейнерной тары на трёх стадиях технологической цепи, мы получаем конечный результат, который можно будет сравнивать с базовой технологией уборки зерна в процентном соотношении.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная // Методы экономической оценки. – Новокубанск: ФГНУ РосНИИТиМ, 2009. 203 с.

2. Чулков А.С. Повышение эффективности уборочно-транспортного комплекса на основе мобильных средств со сменными кузовами при уборке

зерновых культур: дис. канд. Техн. Наук: 05.02.01 / Чулков А.С. – Москва, 2013. 152 с. с ил.

3. Евтюшенков Н.Е., Жалнин Э.В., Крюков М.Л., Калинкин Г.А., Наумов Ю.Н., Иванов М.В., Рожин В.Ф., Власова С.В., Царькова Т.В. Разработать механико-технологическое обоснование системы транспортного обслуживания и транспортных средств для селекции и первичного семеноводства зерновых культур: Отчет о научно-исследовательской работе. – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. 2016. 91 с. с ил.

УДК 631. 365.22

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПУНКТАХ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

***Смелик Виктор Александрович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО СПбГАУ, smelik_va@mail.ru*

***Новиков Михаил Алексеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО СПбГАУ, mihanov25@rambler.ru*

***Ерошенко Леонид Иванович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО СПбГАУ, eroshenko.1939@mail.ru*

***Перекопский Александр Николаевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела технологий и механизации работ в растениеводстве, ИАЭП, aperekopskii@mail.ru*

***Аннотация**. Приведены результаты сравнительного анализа технологических вариантов послеуборочной обработки зерна в условиях повышенного увлажнения.*

***Ключевые слова:** послеуборочная обработка зерна, сушка семян, технология.*

***Abstract**. The results of comparative analysis of technological variants of post-harvest processing of grain under conditions of high moisture are presented.*

***Keywords**: post-harvest processing of grain, drying of seeds, technology.*

Зерновой ворох поступает на послеуборочную обработку крайне неравномерно. Так, если хозяйство имеет валовый сбор зерна равный 1000 тонн, то при среднем поступлении зерна за агротехнический срок уборки (25

дней) – 40 т, с учетом суточной неравномерности в отдельные дни его может поступать до 100 тонн, если учесть неравномерность поступления в течение дня, то в отдельные часы может поступать вороха в 5 раз больше среднего [1, 2].

При формировании технологий для производства семенного зерна необходимо, чтобы она была поточно-пульсирующей. Это означает, что при сохранении поточности обработки между обычными машинами, осуществляющими основные технологические операции должны быть установлены накопительные емкости, позволяющие выполнять независимо от других любую из этих технологических операций. Кроме того надо учитывать, что влажность вороха также будет меняться в течение сезона и даже в течение дня.

Технологическая линия, рассчитанная на среднее поступление, не имеющая резервные емкости для приема зерна, вызывает простои комбайнов в поле; рассчитанная на максимальное поступление будет большую часть времени простаивать.

Для снижения нагрузки на линию очистки можно применять двухэтапную технологию послеуборочной обработки зерновых (рисунок 1). Предварительная очистка и сушка зерна проводятся в уборочный период, являющийся наиболее напряженным. Затем зерно закладывается на хранение. Очистка зерна с выделением семенной фракции проводится в послеуборочный период. Это позволяет снизить потребность в обслуживающем персонале. Используются машины меньшей производительности, увеличивается их сезонная загрузка, снижаются капиталовложения [1, 3, 4].

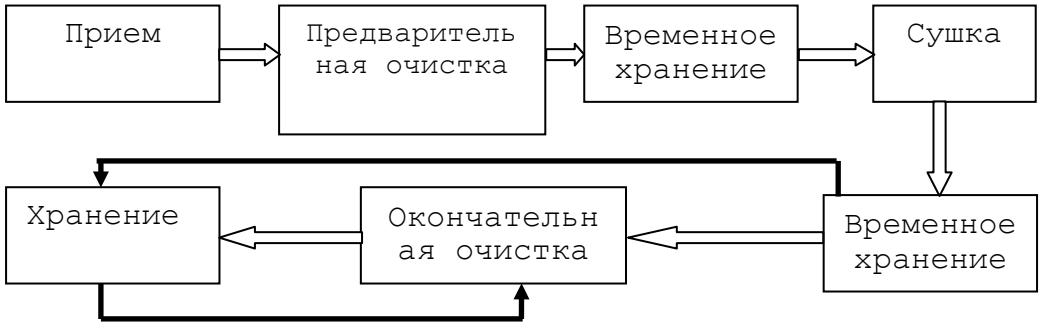


Рис. 1. **Структура технологических процессов двухэтапной технологии послеуборочной обработки семян зерновых**

Поэтому нормами технологического проектирования предусмотрено вести расчет технологической линии по среднему физическому поступлению и обеспечивая 10% резерв производительности сушилки. Кроме того, для обеспечения компенсации часовой неравномерности поступления зерна и обеспечения работы линии ночью, когда зерно не поступает, в ней должны быть предусмотрены резервные емкости, емкостью равной 8 %, то есть при поступлении за сезон 1000 т вороха их емкость должна быть равной 80 т. Для лучшего сохранения качества зерна перед сушкой целесообразно применять

принудительное (активное) вентилирование, при котором атмосферный или слабоподогретый воздух продувается через слой зерна при помощи вентилятора, что предотвращает самосогревание зерна, следовательно, и снижение его качества. При этом уменьшается влажность зерна.

При влажности зерна до 20% , его можно хранить в бункере практически неограниченное время, при более высокой влажности срок хранения сокращается. Зерно, имеющее высокую влажность, необходимо не реже одного раза в сутки перелопачивать, т.е. спускать к элеватору и при его помощи снова подавать в бункер.

В качестве резервных емкостей на предприятиях послеуборочной обработки зерна используют вентилируемые бункера БВ-40, а в последнее время также приемные бункера с аэрожелобами, в которых при закрытых выпускных заслонках под воздействием воздушного потока, создаваемым вентилятором, происходит вентилирование зерна, а при открытых заслонках под воздействием этого же потока происходит выгрузка зерна.

Использование в качестве резервных емкостей вентилируемых установок позволяет хранить зерно без опасности его самосогревания, снизить до 2 – 3 % в сутки его влажность и выровнять влажность отдельных зерен в ворохе, все это благоприятно влияет на сохранение и повышение посевных качеств семян.

Однако, для обеспечения бесперебойного приема зерна одних резервных емкостей не достаточно. По технологии между приемным бункером и установками для временного хранения зерна должен стоять ворохоочиститель. Учитывая, что при сезонном поступлении 100 т зерна, его суточное поступление может быть равно 100 т, а часовое до 20 т, и производительность ворохоочистителя на ряде культур составляет только 70% от паспортной и она еще резко снижается при повышении влажности вороха, паспортная производительность ворохоочистителя в этом случае должна быть не менее 40-50 т/час. При постановке такого ворохоочистителя и приемного бункера емкостью не менее кузовов двух машин, доставляющих ворох, может быть обеспечен бесперебойный прием зернового вороха на обработку.

При постановке на пункте приемного бункера с аэрожелобами емкостью 25-50 т производительность ворохоочистителя может быть ниже, т. е. процесс чистки не будет зависеть от приема и может быть растянут на более длительное время. В этом случае, при приведенном выше примере, производительность ворохоочистителя может составлять 20 т/час. В этом случае емкость приемных емкостей приемного бункера и вентилируемых бункеров БВ-40 суммируется.

Вентилируемые бункера, установленные в отделении приема после машин предварительной очистки, позволяют не только принять максимальное количество поступающего зерна, но и делают сушилку независимой от поступления зерна. Если при потоке сушилка должна включаться сразу после поступления зерна, то при наличии бункеров – только после накопления определенной партии зерна, обеспечивающей стабильность ее работы.

Таблица 1

Техническая характеристика комплексов послеуборочной обработки зерна для условий Ленинградской области

Показатели	Сезонная производительность, тыс. тонн		
	1 - 2	2,5 – 4	6 - 8
Производительность по сушке, пл.т/ч по основной очистке семян, т/ч	8 2,5	20 8	40 20
Обслуживающий персонал, чел.	2	2	2
Трудозатраты*), чел.ч/т	0,8	0,25	0,1
Установленная мощность, кВт	86,5	183	290

На 100% исключен ручной труд, сбор зерна осуществляется в бункера.
Вместо пяти-шести рабочих и двух операторов работает два*) оператора на всем пункте.
*) – по условиям ОТ и ПБ

Для обеспечения такой же взаимной независимости работы сушилки и машин окончательной очистки после сушилки должны быть установлены накопительные емкости, емкостью не менее сменной производительности сушилки [5-7,]. Накопительные емкости после сушилки также целесообразно иметь вентилируемые, так как кроме функции накопления зерна до очистки они также могут выполнять охлаждение зерна и его досушки.

В условиях Ленинградской области основными предприятиями послеуборочной обработки зерна должны быть универсальные пункты (таблица 1) [1, 3, 8], обеспечивающие обработку как семян зерновых, так и фуражного зерна.

В таблице 2 представлены варианты технологического проектирования, рекомендованные для пункта послеуборочной обработки семян зерновых культур ООО «Кикерино» как наиболее характерные для условий сельскохозяйственных организаций Ленинградской области.

Нами разработаны проектно-технологические решения и сформулированы предложения по реконструкции комплексов для ЗАО «ПЗ «АгроБалт», ЗАО «ПЗ «Красногвардейский», Меньковская опытная станция, СПК «Кобраловский» Ленинградской области и т.д. (более 20 объектов) в Северо-Западном регионе. Основными принципами при строительстве данных предприятий являются: применение поточно-пульсирующей технологии сушки и сортировки семенного зерна без повторных пропусков и перевалочных операций; обеспечение поточности за счет применения компенсационных емкостей; расположение всего технологического оборудования выше нулевой отметки; применение бункеров активного вентилирования перед сушкой и бункеров для охлаждения и отлежки семян перед сортировкой; использование в качестве приемного бункера вместительного аэрожелоба.

Таблица 2

Перечень технологического оборудования пункта послеуборочной обработки семян зерновых культур, показатели функционирования пункта

Технологическая операция	Технологические варианты		
	Применяемый в хозяйстве	Усовершенствованный, применяемый в хозяйстве	Предлагаемый на базе карусельной сушилки
Применяемое оборудование			
Прием вороха	На пол пункта	Приемный бункер 8 м^3	Приемный бункер 8 м^3
Предварительная очистка	-	ОВС-25 (МАК-25)	МАК-25
Временное хранение до сушки	-	Бункер вентилируемый 25 м^3	Бункер вентилируемый 40 м^3
Сушка	Карусельная сушилка СКМ-1	Карусельная сушилка СКМ-1	Карусельная сушилка СКМ-20
Охлаждение и временное хранение в бункере	-	Бункер вентилируемый 25 м^3	Бункер вентилируемый 40 м^3
Очистка воздушно-решетная	К531	К531А	К547
Триерная очистка	-	Тот же К531А	К236
Упаковка, складирование на хранение	Вручную	Вручную + вилочный погрузчик	Автомобиль
Показатели функционирования расчетные			
Производительность: по сушке, т/ч по очистке, т/ч	4,5 2,5	6,5 2,5	11,0 8,0
Обслуживающий персонал, чел.	5	3	2
Установленная мощность, кВт	87,4	96,4	102,3
Сметная стоимость технологического оборудования, тыс.руб.	1900,0	2410,0	2750,0

В качестве основных показателей эффективности комплексов можно отметить: стопроцентная механизация технологического процесса (ручной труд полностью исключён); сбор зерна осуществляется в бункера; существенное сокращение затрат труда (вместо пяти-шести рабочих и двух операторов на всем пункте работает только два оператора).

Библиографический список

1. Перекопский А.Н., Могильницкий В.М. Развитие механизации послеуборочной обработки зерна в Северо-Западном регионе России // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. № 3. С. 7-9.

2. Перекопский А.Н. Карусельная сушилка высоковлажных семян // Сельский механизатор. 2015. № 5. С. 6-7.

3. Новиков М.А., Перекопский А.Н., Рожков Г.А. Технико-технологические особенности пунктов послеуборочной обработки зерна в

хозяйствах Ленинградской области // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сб. науч. тр. Ч. 1. СПб.: СПбГАУ. 2017. С. 484-487.

4. Смелик В.А., Ерошенко Л.И., Сайда С.К. Проектирование и строительство пунктов по послеуборочной обработке и хранению продукции растениеводства для типовых хозяйств Северо-Запада // Крупный и малый бизнес в АПК: роль, механизмы взаимодействия, перспективы. СПб.: СПГАУ. 2009. С.124.

5. Perekopskiy A.N., Smelik V.A. Variables of the wheat seeds drying process in a carousel type dryer // British Journal of Innovation in Science and Technology, 2016. Т.1. № 2. P. 11-20.

6. Патент РФ 2118772 Карусельная сушилка для зерна // Смелик В.А., Дианов Л.В.

7. Перекопский А.Н., Кузовников М.М., Чугунов С.В. Процесс сушки высоковлажных семян в толстом слое // Известия СПГАУ. СПб.: СПГАУ. 2010. № 18. С. 242-246.

8. Смелик В.А., Перекопский А.Н. Формирование технологии и технологических комплексов послеуборочной обработки высоковлажного зерна. // СПб.: Экспофорум. 2017. С. 210-211.

УДК 631.3 -52.003.13

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОБИЛЬНЫХ МАШИН ХИМИЗАЦИИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АГРОЭКОСИСТЕМУ

***Смелик Виктор Александрович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО СПбГАУ, smelik_va@mail.ru*

***Теплинская Ольга Николаевна**, инженер кафедры технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО СПбГАУ, agro@spbgau.ru*

***Аннотация**. Приведены результаты исследований работы некоторых машин химизации. Рассмотрены и выбраны оценки эффективности их работы. Предложены мероприятия по снижению отрицательного влияния машин химизации на агроэкосистему.*

***Ключевые слова:** мобильные машины химизации, минеральные удобрения, пестициды, экология.*

***Abstract.** The results of studies of the work of some machines of chemicals. Considered and selected assessment of the effectiveness of their work. Proposed measures to reduce the negative impact of machinery of chemicals in the agroecosystem.*

***Keywords**: mobile machines, chemicals, fertilizers, pesticides, and ecology.*

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предполагают широкое использование средств химизации, оказывающих негативное воздействие на агроэкосистему [1]. Поэтому, важная роль в стратегии современного земледелия отводится обеспечению безопасного и экологичного функционирования технологических процессов применения средств химизации. Реальная сельскохозяйственная производственная среда, в которой при получении продукции растениеводства функционируют технологические процессы применения средств химизации, характеризуются наличием опасных и вредных химических факторов. Их источником являются удобрения и пестициды.

Существенной особенностью функционирования технологических процессов, выполняемых машинами химизации, является и то, что они протекают в условиях изменяющихся случайных воздействий и имеют случайные выходные параметры [2, 3]. Такими параметрами можно рассматривать случайные процессы в виде расхода удобрений или пестицидов и глубины заделки материала в почву.

На качество функционирования технологических процессов применения удобрений и пестицидов наряду с условиями их протекания влияет также правильность выполнения определенных действий исполнителями работ операторами.

Использование автоматизированных систем управления технологическими процессами применения средств химизации позволит упорядочить и ограничить виды действий операторов. Это существенно снизит риски появления ошибок и уменьшит влияние опасных и вредных химических факторов за счет строгого соблюдения предписанных регламентов внесения удобрений и пестицидов с помощью автоматизированных систем представляющих собой информационно-измерительные и управляющие устройства выполненные с использованием достижений в области геоинформационных технологий и глобальных навигационных спутниковых систем, а также инноваций в мобильной электронике, сенсорной технике и других элементов автоматики.

Процесс управления качеством функционирования технологического процесса в таких системах включает следующие этапы: получение информации о фактическом состоянии объекта, принятие на основании полученной в результате измерения информации решения о необходимости управления его состоянием, осуществление поднастроечного воздействия на объект в соответствии с принятым решением. В системе управления качеством информационные этапы объединены операцией. Поэтому при создании автоматизированных систем управления качеством функционирования технологических процессов, применения средств химизации возникает первоочередная задача обоснования принципа и выбора параметров контроля, обеспечивающих выполнение альтернативных требований статистической достоверности и оперативности получения оценок качества. Решение данной задачи рассмотрим на примере создания системы автоматизированного

управления качеством заделки средств химизации в почву.

Для технологических процессов, оснащенных машинами и приспособлениями, имеющими рабочие органы для заделки средств химизации в почву информативным и поддающимся измерению параметром, является глубина внесения материала и ее равномерность. Однако существующие агротребования не предусматривают оперативного получения вероятностных оценок качества функционирования. По этому параметру предусмотрен лишь ретроспективный контроль, при котором после выполнения технологического процесса производится 10…15 измерений глубины внесения материала, по которым затем, вычисляется среднее значение, и оно сравнивается с настроечным. Такой метод позволяет оценить лишь точность настройки, причем малое количество измерений обуславливает значительную погрешность. Не учитывается вероятностный характер контролируемого процесса, диапазон колебаний его текущих значений, т.е. равномерность, что не позволяет оценить качество выполнения процесса и принимать оперативные решения по поддержанию его на заданном уровне. Это приводит к существенным огрехам.

Для оперативного контроля качества заделки в почву средств химизации по показателям безопасности и экологичности наилучшим образом удовлетворяет принцип допускового контроля. При этом наиболее эффективным и достоверным критерием оценки является средняя относительная длительность ε_Δ превышения (выбросов) текущих ординат контролируемого параметра-глубины заделки материала в почву за поле допуска, отсчитываемого от настроечного значения, причем $\varepsilon_\Delta = 1 - P_\Delta$. Здесь P_Δ есть средняя относительная длительность нахождения ординат контролируемого параметра в поле допуска. На современном этапе развития конструкций сельскохозяйственных машин в том числе машин и приспособлений для заделки средств химизации в почву рекомендуется принимать $P_\Delta = 0{,}7…0{,}8$ [4, 5].

В этом случае можно считать, что контролируемый параметр технологического процесса удовлетворяет агротребованиям и глубина заделки материала в почву будет находиться в заданных пределах. Тогда предельные значения показателей безопасности и экологичности будут соответственно $\varepsilon_\Delta = 0{,}3…0{,}2$.

В работах [5, 6] приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, позволяющие определить связь между агротехническим допуском на настройку $\Delta_н$ контролируемого параметра, вероятностной характеристикой его неравномерности в виде оценки среднего квадратического отклонения σ и критерием качества технологического процесса – оценкой средней относительной длительности P_Δ нахождения текущих значений контролируемого параметра в поле допуска Δ. Так при заданной величине $P_\Delta = 0{,}7$ и наиболее распространенных значениях среднего квадратического отклонения контролируемого параметра $\sigma = 2…3$ *см* допуск Δ будет составлять 2,4…3,4 *см* при $\Delta_н = 1$ *см* и 3,4…3,7 *см* при $\Delta_н = 2$ *см*.

Для практических расчетов оценок качества функционирования технологического процесса удобно выражения $P_\Delta = 1 - \varepsilon_\Delta$, где $\varepsilon_\Delta = \varepsilon^+_\Delta + \varepsilon^-_\Delta$, а ε^+_Δ и ε^-_Δ - относительные длительности выбросов выше верхней и ниже нижней границ поля допуска, определяемые соотношениями $\varepsilon^+_\Delta = n^+/N$ и $\varepsilon^-_\Delta = n^-/N$. В этих выражениях n^+и n^- – число выбросов контролируемого параметра выше и ниже поля допуска; N- число измерений процесса за интервал L_k контроля.

Интервал контроля выбирается, исходя из характера изменения среднего квадратического отклонения σ контролируемого параметра в зависимости от объема выборки N и интервала измерений Δl. по условию оперативности получения информации интервал контроля должен быть минимальным, но достаточным для статистической достоверности оценок.

По результатам экспериментальных исследований [5] было получено, что $L_k \geq 20$ м; $\Delta l = 0{,}1$ м; N= 200.

Для обеспечения оперативности контроля предлагается алгоритм, предусматривающий получение текущих значений P_Δ и ε_Δ за интервалы L_k последовательно сдвигаемые на шаг дискретизации ординат контролируемого процесса Δl.

При таком контроле качества оценки P_Δ и ε_Δ определяются с шагом Δl непрерывно за исключением интервала L_{k1}, что позволяет влиять на качество функционирования технологического процесса, обеспечивая более точную поднастройку машин и приспособлений, выполняющих заделку средств химизации в почву.

Алгоритм контроля качества функционирования мобильной машины химизации предполагает непрерывное вычисление в процессе работы оценок P_β и оперативно проводить поднастройку с целью поддержания заданного качества работы с учетом пространственной неоднородности питательного режима почвы. Реализуется алгоритм контроля качества функционирования мобильных машин химизации с использованием бортовых компьютерных систем, интегрированных в пространственно-временные навигационные спутниковые комплексы, основанные на системах навигации США GPS либо Российской ГЛОНАСС. При этом мобильная машина химизации должна быть оборудована управляемым дозирующим устройством, обеспечивающим оперативную корректировку дозы внесения удобрений.

Использование устройств контроля и управления технологическими процессами мобильных машин химизации, реализующих предложенный алгоритм вычисления оценок эффективности, позволяет снизить отрицательное воздействие на окружающую среду от применения агрохимикатов при возделывании сельскохозяйственных культур [7].

Библиографический список

1. Дмитревский Б.А., Юрьева В.И., Смелик В.А., Теплинский И.З., Цыганова Н.А. Свойства, получение и применение минеральных удобрений. Учебное пособие // СПб: Проспект науки. 2013. 326 с.

2. Смелик В.А., Теплинский И.З. Анализ технологических процессов машин химизации как объектов контроля экологической безопасности их функционирования // Сборник научных трудов СПбГАУ «Технологии и средства механизации сельского хозяйства». СПб. 2009. С. 123-132.

3. Калинин А.Б., Смелик В.А., Теплинский И.З., Первухина О.Н. Выбор и обоснование параметров экологического состояния агроэкосистемы для мониторинга технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 315-319.

4. Смелик В.А. Информационное обеспечение процедур совершенствования эффективности функционирования средств механизации трудоемких процессов земледелия методами статистической динамики // Известия Международной академии аграрного образования. 2012. № 13. т.2. С. 87-92.

5. Смелик В.А. Совершенствование экспериментальных оценок технологических показателей работы сельскохозяйственных машин и агрегатов // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Сборник научных трудов. Часть 1. – СПбГАУ. 2014. С. 432-434.

6. Смелик, В.А., Цыганова Н.А., Теплинский И.З. Дифференцированное внесение минеральных удобрений в точном земледелии // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина» М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2015. № 3 (67). С. 7-9.

7. Смелик В.А., Теплинский И.З., Цыганова Н.А. Внесение минеральных удобрений в точном земледелии // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. №3. С. 38-40.

УДК 631.3

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕСОМ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

***Калинин Андрей Борисович**, доктор технических наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО СПбГАУ, agro@spbgau.ru*
***Теплинский Игорь Зиновьевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры технических систем в агробизнесе, ФГБОУ ВО СПбГАУ, agro@spbgau.ru*
***Шпиганович Виктор Иванович**, инженер, ФГБОУ ВО СПбГАУ, agro@spbgau.ru*

***Аннотация.** Для реализации приема дифференцированной обработки почвы предлагается использовать устройство автоматизированного контроля и управления функционированием машин для глубокого рыхления,*

которое может работать при оснащении трактора системой спутниковой навигации в режиме Off-Line на основе предварительного картографирования обрабатываемых участков, а также в режиме On-Line при использовании измерительного комплекса TopSoil Mapper или датчика твердости.

***Ключевые слова**: уплотнение почвы, дифференцированная обработка почвы, управление процессом разуплотнения.*

***Abstract.** For realization of reception of the differentiated tillage it is offered to use the device of the automated control and management of functioning of cars for deep loosening which can work at equipment of the tractor by system of satellite navigation in the Off-Line mode on the basis of preliminary mapping of the processed sites, and also in the on-Line mode at use of the measuring complex TopSoil Mapper or the sensor of hardness.*

***Keywords**: soil compaction, differentiated tillage, management of the process of decompression.*

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей задачей механической обработки почвы является создание благоприятных условий для роста и развития возделываемых культур, при которых происходит свободное распространение их корневой системы. Любые препятствия на пути развития корневой системы требуют от растений повышенных затрат энергии на их преодоление, а также сокращают зону корнеобитаемого слоя [1]. Это приводит к снижению эффективности использования растениями элементов питания и влаги, следствием чего является потеря урожая и ухудшение качества продукции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Одной из основных причин ухудшения условий развития корневой системы является переуплотнение почвы от воздействия на неё ходовых систем и рабочих органов тракторов и технологических машин. Зоны уплотнения могут формироваться на различной глубине [2] в зависимости от используемых в почвообрабатывающих машинах рабочих органов, типов и размеров колес ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА), а также величины нагрузки на них (рисунок 1). Устранение этих зон уплотнения в корнеобитаемом слое требует использования почвообрабатывающих машин для глубокой обработки почвы, что связано со значительными энергозатратами. Поэтому точное нахождение в режиме On-Line положения переуплотненных зон в корнеобитаемом слое и автоматизированная подстройка глубины обработки почвы почвообрабатывающими машинами имеет существенное значение для рационального расхода ими энергии во время выполнения данной операции. Это обеспечивается при использовании дифференцированной обработки почвы. Таким образом, дифференцированная обработка почвы

обеспечивает создание благоприятных условий для развития возделываемых растений и энергосбережение.

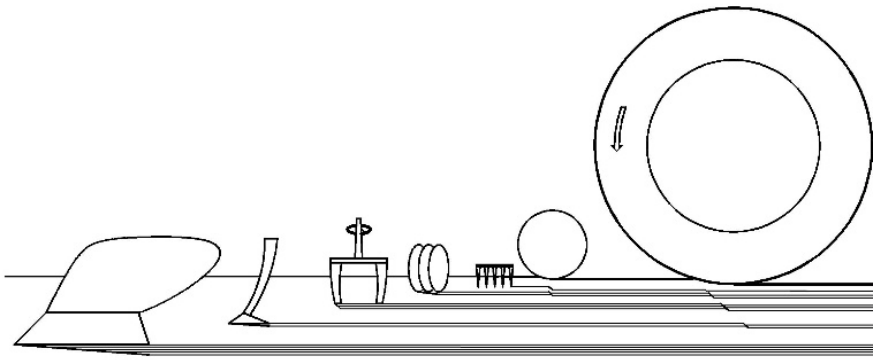


Рис. 1. **Схема распределения зон уплотнения внутри корнеобитаемого слоя почвы при воздействии различных рабочих органов почвообрабатывающих машин и ходовых систем МТА**

Для устранения зон избыточного уплотнения в корнеобитаемом слое используются, как правило, почвообрабатывающие машины, оснащенные рыхлительными рабочими органами, способными выполнять обработку на глубину 20…50 см.

Поэтому перед настоящими исследованиями была поставлена задача разработки методов и средств для оперативного поиска зон переуплотнения почвы в корнеобитаемом слое с целью создания автоматизированной системы контроля и управления функционированием машин для глубокой обработки почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение расположения глубины уплотненного слоя можно выполнять несколькими способами. В работе [3] поиск положения переуплотнения почвы выполнялся с помощью специального твердомера, установленного на рабочем органе. С помощью этого способа возможно определять положение уплотненного слоя при заглублении машины на краю поля, однако он не позволяет оперативно корректировать настройку орудия при изменении условий функционирования.

Используемые методы оценки электропроводности почвы [4, 5] могут применяться только для составления Off-Line электронных карт почвенного состояния.

На выставке Agritechnika 2015 был продемонстрирован измерительный комплекс Topsoil Mapper позволяющий оперативно определять бесконтактным методом зоны уплотнения на глубине до 1 м [6]. Применение данного комплекса является перспективным направлением совершенствования систем контроля и управления функционированием машин для глубокой обработки почвы, однако в настоящее время недоступны для широкого использования в производственных условиях.

В СПбГАУ для выбора и обоснования оперативного метода поиска зон уплотнения почвы в режиме On-Line при автоматизированном контроле и управлении функционированием машин для глубокой обработки почвы в

течение ряда лет проводились полевые экспериментальные исследования таких параметров почвенного состояния как плотность и твердость с учетом случайного в вероятностно-статистическом смысле характера их изменений. Регистрация случайного процесса изменения плотности почвы $\rho(l)$ проводилась на участках длиной 100 м с шагом квантования 0,5 м в восьми почвенных горизонтах, расположенных по глубине a от 0 до 48 см с толщиной каждого слоя 6 см. Построенная на основе результатов полевых экспериментальных исследований кривая изменения среднего, усредненная по ансамблю реализаций, значения процесса $\rho(l)$ по глубине a, показана на рисунке 2.

Анализ данных, представленных на рис.2, показал, что в корнеобитаемом слое присутствует два уплотненных участка на глубине 12-18 см и на глубине 30-36 см, где значения плотности 1,7 г/см^3 превышают критическое значение 1,6-1,7 г/см^3, при котором рост и развитие корневой системы растений сильно затруднен или невозможен [7]. Первый слой уплотнения сформирован машинами для поверхностной обработки почвы, а второй – лемешными плугами.

Приведенные данные показали, что положение зоны уплотнения характеризуется наличием явно выраженного экстремума на графике изменения плотности почвы по глубине. Поэтому, определив точку перегиба кривой изменения средних значений плотности почвы по глубине путем вычисления первой производной от этого процесса находим положение зоны уплотнения a_0.

Настраивая машину для глубокой обработки почвы на глубину $a_{настр}$, равную a_0+5 см, можно обеспечить гарантированное разрушение этой зоны. Так как существует два слоя с повышенной плотностью почвы (см. рис.2), то алгоритм поиска зон уплотнения для машин, предназначенных для глубокой обработки почвы, предусматривает вычисление производной на глубине свыше 20 см.

Для оперативного получения информации о плотности почвы предлагается использовать её аналог – твердость почвы. Экспериментальные исследования [8] показали, что характер изменения твердости почвы по глубине аналогичен характеру изменения плотности почвы. Эти процессы имеют высокую степень взаимной корреляции. Измерять твердость при поиске положения зоны уплотнения необходимо в процессе погружения в почву на глубину до 50 см датчика, установленного на рабочем органе машины для глубокой обработки почвы. Это обеспечивает получение оперативной информации о твердости почвы в слоях, пересекаемой лапой при заглублении.

Предложенный метод оперативного поиска зон уплотнения был реализован в устройстве автоматизированного контроля и управлении функционированием машин для глубокой обработки [9] схема которого представлена на рисунок 3.

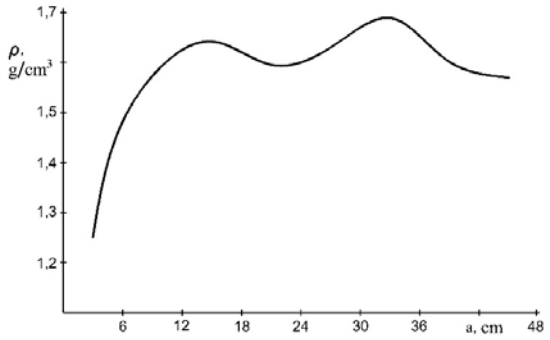


Рис. 2. **Изменение средних значений плотности почвы *ρ* по глубине *a***

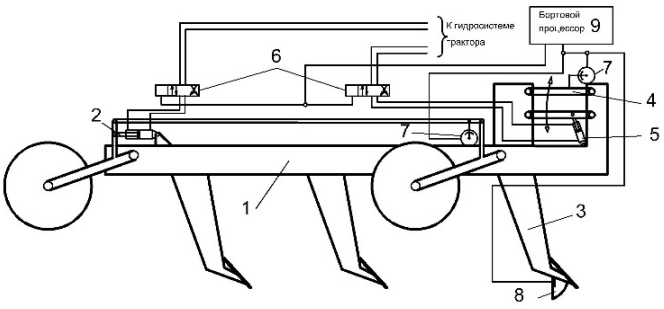


Рис. 3. **Схема устройства автоматизированного контроля и управления функционированием машин для глубокой обработки почвы**

Устройство автоматизированного контроля и управления функционированием машин для глубокой обработки почвы устанавливается на почвообрабатывающей машине 1, предназначенной для глубокого рыхления почвы (чизельный плуг). Глубина обработки устанавливается с помощью гидроцилиндра 2. Стойка центральной рыхлительной лапы 3 закреплена на независимой параллелограммной навеске 4, которая поднимается/опускается гидроцилиндром 5. Оба гидроцилиндра соединены с гидравлической системой трактора через электроуправляемые клапаны 6. Глубина обработки и позиция центральной лапы фиксируются датчиками положения 7. В нижней части центральной лапы установлен датчик твердости 8, который фиксирует сопротивление почвы при заглублении лапы. Информация от всех датчиков поступает в бортовой процессор 9, который производит необходимые вычисления и управляет положением всей машины и центральной лапы, подавая электрические сигналы на клапаны 6.

При заглублении машины более 20 см бортовой процессор производит вычисление первой производной процесса изменения твердости почвы по глубине и определяет положение уплотненного стоя в момент, когда она равна нулю, изменяя свой знак с положительного на отрицательный. При этом центральная лапа находится в среднем положении на одном уровне со всеми рабочими органами. На эту глубину и производится установка почво-обрабатывающей машины. Во время работы центральная лапа производит постоянный поиск положения уплотненного слоя за счет подъема и опускания независимой навески относительно средней позиции на величину ±7 см. При изменении текущего значения глубины зоны уплотнения процессор подает сигнал на оперативное изменение глубины обработки почвы. Таким образом производится постоянный мониторинг положения уплотненной зоны и оперативная подстройка почвообрабатывающей машины для её устранения с минимальными затратами энергии.

При оснащении устройства автоматизированного контроля и управления функционированием машин для глубокого рыхления протоколом обмена данными ISOBUS появляется возможность выполнения дифференцированной

обработки почвы с использованием различных источников информации о текущем положении зон переуплотнения. Программа функционирования бортового процессора способна вырабатывать сигнал на установку глубины обработки почвообрабатывающей машиной в соответствии с данными, полученными от Topsoil Mapper, от терминала управления трактором, оснащенного системой навигации, а также от сигналов, поступающих с датчиков твердости почвы и положения машины по глубине, а также центральной лапы.

При получении этой информации от измерительного комплекса Topsoil Mapper или из заранее подготовленный электронных карт почвенного состояния устройство автоматизированного контроля и управления функционированием машин для глубокой обработки почвы переводит центральную лапу в среднее положение.

При отсутствии информации от внешних источников (потеря сигнала от спутников, сбой работы оборудования и т.д.) устройство переходит на автономный режим работы, реализуя алгоритм поиска зон уплотнения через вычисление производной процесса изменения твердости почвы по глубине при сканировании датчиком твердости сопротивления почвы в слоях выше и ниже текущего положения машины.

Таким образом реализуется прием дифференцированной обработки почвы, когда почвообрабатывающая машина в способна оперативно настраиваться на такую глубину обработки, которая обеспечивает гарантированное разрушение переуплотненных почвенных слоев с минимальными затратами энергии. При этом управление агрегатом для дифференцированной обработки почвы может выполняться в режиме Off-Line с определением текущей позиции на карте поля с помощью навигационных систем, а также в режиме On-Line без жесткой привязки агрегата к карте поля. В последнем случае определение зон уплотнения может выполняться с помощью бесконтактного метода с использованием измерительного комплекса TopSoil Mapper, навешенного на фронтальную навеску трактора, или с использованием датчика твердости почвы, установленного на рыхлительной лапе с индивидуальной системой заглубления.

Выводы

Таким образом, для реализации приема дифференцированной обработки почвы предлагается использовать устройство автоматизированного контроля и управления функционированием машин для глубокого рыхления, которое может работать при оснащении трактора системой спутниковой навигации в режиме Off-Line на основе предварительного картографирования обрабатываемых участков, а также в режиме On-Line при использовании измерительного комплекса TopSoil Mapper или датчика твердости. Использование такого приема обработки почвы позволяет с большой точностью выполнять настройку почвообрабатывающих машин для разрушения зон уплотнения на глубине свыше 20 см с минимальными затратами энергии.

Бибилиографический список

1. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия // М.: КолосС. 1996. 367 с.
2. Калинин А.Б., Теплинский И.З., Кудрявцев П.П. Оценки параметров почвенного состояния при выполнении технологических процессов возделывания картофеля по интенсивной технологии // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 38. С. 288-293.
3. Johnson C. Dinamic control of pan reputing tines. / ASAE paper. 1985. pp. 1547.
4. Lück E., Gebbers R., Ruehlmann J., Spangerberg U. Electrical conductivity mapping for precision farming. // Near Surface Geophysics. 2009. № 7. pp. 15-25.
5. Viscarra Rossel R. A., McKenzle N.J., Grundy M.J. Using proximal soil sensor for digital soil mapping // In: Boettinger J.L., et al. (Ed.), Digital Soil Mapping, Progress in Soil Science. Springer. 2010. № 2. pp. 79-92.
6. Гёггерле Т. На разную глубину // Новое сельское хозяйство. 2016. № 6. С. 86-88.
7. Медведев В.В. Твердость почв. Харьков: КГ1 «Городская типография. 2009. 152 с.
8. Калинин А.Б., Теплинский И.З., Кудрявцев П.П. Оперативный контроль плотности почвы при функционировании технологических машин и орудий // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. сб. научн. трудов. Ч.1. 2017. 2016. 2. С. 35-36.
9. Теплинский И.З., Калинин А.Б. Устройство для управления заглублением рыхлительных лап чизельного плуга // Патент на изобретение SU 1812921 А3. Опубл. 30.04.1993. бюл. 16.

УДК 631.354.026

СНИЖЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕШЕТ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ КОМБАЙНА

***Лылин Николай Алексеевич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, lylin2015@yandex.ru*

***Аннотация.** В статье обозначена проблема неравномерности распределения воздушного потока по длине решетного стана в системе очистки зерноуборочного комбайна. Кроме того используемые в конструкции системы очистки жалюзийные решета обладают большим аэродинамическим сопротивлением. Предложена конструкция жалюзийного решета очистки комбайна обладающая сниженным аэродинамическим сопротивлением, которая позволяет работать системе очистки комбайна при повышенной подаче зерносоломистого вороха.*

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, система очистки, жалюзийное решето, решетный стан, аэродинамическое сопротивление.*

Abstract. *The article outlines the problem of uneven distribution of the air flow along the length of the sieve mill cleaning system in a combine harvester. In addition, used in the construction of the cleaning system Louvre sieve have a large aerodynamic resistance. The design of a louvered sieve of cleaning of the combine with a reduced drag, which allows you to work the cleaning system of the combine at elevated feed rates serrasalmidae heap.*

Keywords: *combine harvester, cleaning system, louvered, lattice mill, aerodynamic resistance.*

Воздушно-решетная очистка зерноуборочного комбайна предназначена для разделения мелкого зернового вороха на две основные фракции: зерно и примеси. Ворох, попадающий на очистку, представляет собой многокомпонентную смесь и состоит из зерна, сбоины (перебитые соломистые частицы длиной 10…100 мм), половы (колосовые чашуйки, частицы листьев, внутренние и внешние цветковые пленки), семян сорняков и неорганического сора.

Конструктивно воздушно-решетные системы очитки достаточно хорошо отработаны на практике и удачно вписываются в существующие технологические схемы молотилок зерноуборочных комбайнов.

Одной из проблем воздушно решетной очистки является неэффективное использование воздушного потока (рисунок 1).

Распределение скоростей воздушного потока по площади решет неодинаково [1]. Воздушный поток имеет наибольшую скорость в пространстве между решетным станом и стрясной доской, что скорее является положительным эффектом. Это способствует интенсивному разрыхлению вороха и выделению зерна из него. Некоторые производители специально создают дополнительный воздушный канал от вентилятора для усиления этого эффекта.

Однако если значительная часть воздушного потока направляется между решетным станом и стрясной доской, через решета проходит воздушный поток меньшей силы. Ситуация ухудшается при повышенной подаче массы на очистку. Возникает задача снижения аэродинамического сопротивления решет системы очистки.

Профиль жалюзи решет, используемых на большинстве комбайнов имеет Г-образную форму. Такая форма створок жалюзи создает завихрения воздушного потока и оказывает дополнительное аэродинамическое сопротивление [2].

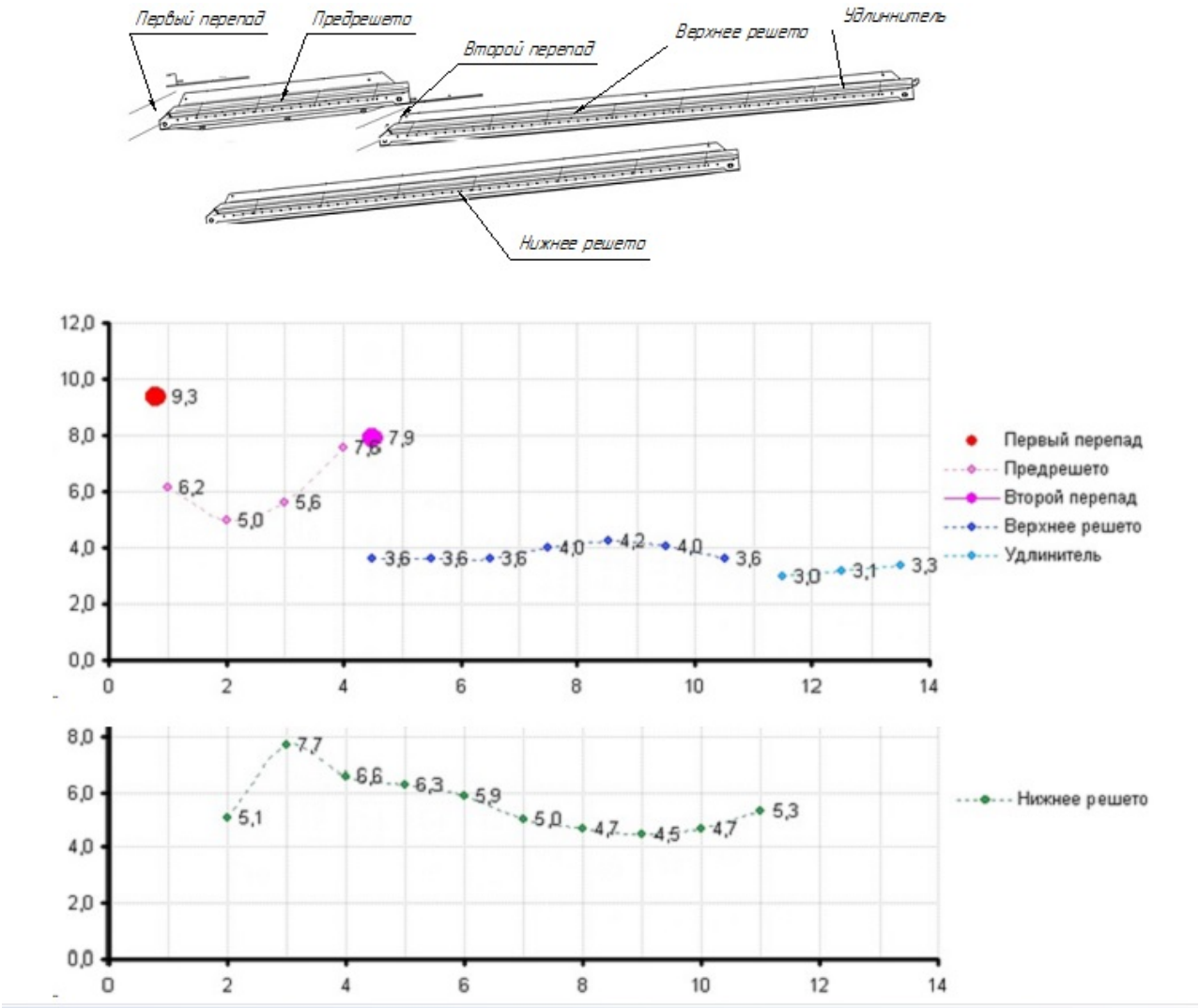


Рис. 1. **Распределение скоростей вдоль решет системы очистки**

Повышение производительности системы очистки и улучшение аэродинамических характеристик воздушного потока при повышенной подаче зерносоломистого вороха возможно изменением конструкции створок жалюзийного решета. Коллективом кафедры сельскохозяйственных машин предложена и запатентована конструкция створок жалюзи решет очистки S-образной формы [3].

Жалюзийное решето очистки (рисунок 2) содержит раму 1, на которой установлены створки жалюзи 2 S-образной формы на поворотных осях 3. На створке жалюзи 2 имеются поверхности верхняя рабочая 4, по которой зерно перемещается вниз, и верхняя нерабочая 5, эти поверхности расположены выше поворотной оси 3. Имеются также нижние рабочая 6 и нерабочая 7 поверхности, расположенные соответственно ниже поворотной оси 3. Все поверхности 4, 5, 6 и 7 S-образных створок 2 выполнены вогнутыми.

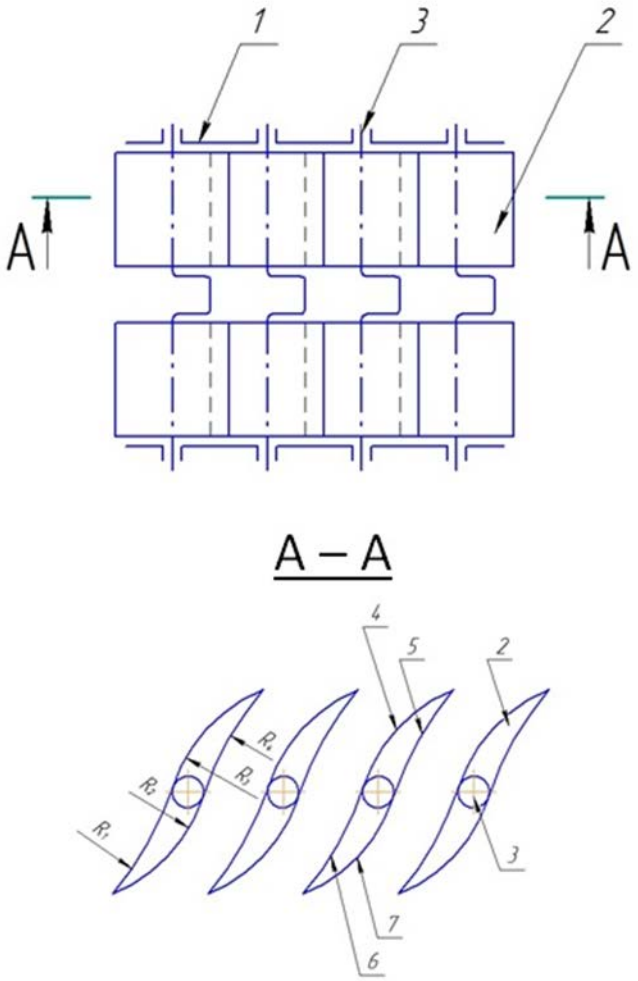


Рис. 2. **Жалюзийное решето очистки**

1 – рама; 2 – створки S-образной формы; 3 – поворотные оси;
4 – верхняя рабочая поверхность; 5 – верхняя нерабочая поверхность;
6 – нижняя рабочая поверхность; 7 – нижняя нерабочая поверхность.

Рис. 2. Схема предлагаемого жалюзийного решета очистки
со створками S-образной формы

Работает устройство следующим образом. При работе комбайна рама 1 жалюзийного решета совершает колебательное движение вместе с установленными на ней створками жалюзи 2. Выходящая из-под молотильно-сепарирующего устройства обмолоченная масса попадает на решета. При этом сквозь створки 2 жалюзийного решета проходит воздушный поток от вентилятора (не изображен), который воздействует на зерносоломистый ворох. Зерно, имеющее больший удельный вес, чем солома и полова, проваливается сквозь пространство между створками жалюзи 2 вниз на днище корпуса (не изображено). Остальная масса за счет потока воздуха и колебательного движения рамы 1 жалюзийного решета транспортируется наружу. При изменении условий работы возможно изменение положения створок жалюзи 2 при помощи поворотных осей 3 механизма регулировки (не изображен).

Формы нижних рабочей 6 и нерабочей 7 поверхностей створок 2

жалюзийного решета, выполненных в виде вогнутых поверхностей, которые способствуют равномерному распределению воздушного потока по всей длине решета и препятствуют образованию завихрений воздушного потока на входе. А вогнутая форма верхних рабочей 4 и нерабочей 5 поверхностей исключает появление завихрений воздуха на выходе из-под гребенки.

Жалюзийное решето очистки зерноуборочного комбайна заявляемой конструкции с S-образными створками обладает низким сопротивлением воздушному потоку, позволяет обеспечить параметры воздушного потока с лучшими аэродинамическими свойствами (скорость, равномерность, направленность), что позволяет системе очистки комбайна работать при повышенной подаче зерносоломистого вороха и меньших потерях зерна [4].

Библиографический список

1. Лылин Н.А. Модернизация системы очистки комбайна // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке», посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. 2018. 630 с.

2. Лылин Н.А. Проблема системы очистки комбайна при уборке белого люпина // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов: в 2 кн. / XIII Международная научно-практическая конференция (15-16 февраля 2018 г.). Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. Кн. 2. 564 с.

3. Алдошин Н.В., Лылин Н.А. Совершенствование конструкции системы очистки зерноуборочного комбайна // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 6. С. 58-61.

4. Патент РФ № 166427, МПК A01F12/44 Жалюзийное решето очистки / Алдошин Н.В., Золотов А.А., Лылин Н.А., Манохина А.А., Воронов А.М. – опубл. 27.11.2016. Бюл. № 33.

УДК 633.49

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАННЕЙ ПРОДУКЦИИ КАРТОФЕЛЯ

***Гаспарян Ирина Николаевна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры эксплуатации МТП и ВТР, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, irina150170@yandex.ru*

***Левшин Александр Григорьевич**, доктор технических наук, заведующий кафедрой эксплуатации МТП и ВТР, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alev200151@rambler.ru*

***Бутузов Антон Евгеньевич**, старший преподаватель кафедры эксплуатации МТП и ВТР, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, anton.evgenievich.86@yandex.ru*

***Аннотация.** В статье приводятся данные исследований по использованию технологических приемов для получения ранней продукции картофеля в условиях Московской области. Выявлено повышение урожайности при использовании декапитации на 6,6…16,3%; во влажные годы проращивание на свету повышает урожайность на 11…51%, а укрывание нетканым материалом на 8,7…45% в зависимости от сорта.*

***Ключевые слова:** картофель, сорта, декапитация, проращивание на свету, укрывной материал.*

***Abstract.** The article presents the research data on the use of technological methods to obtain early potato production in the Moscow region. Revealed higher yields when using decapitation 6.6...of 16.3%; in wet years germination in the light increases the yield by 11...51%, and concealment of non-woven material.8.7…45% depending on the variety.*

***Keywords:** potatoes, varieties, decapitation, germination, covering material.*

Московский регион является крупнейшим потребителем картофеля, так как необходимо обеспечить продукцией около 18 миллионов человек. В настоящее время в связи с санкциями производство раннего картофеля очень актуально. В Московской области раннюю продукцию картофеля начинают убирать в конце июля – начале августа. Уборка в более ранние сроки (на 2 недели раньше) позволяет снизить потребность в продукции для населения, а для производителя картофеля это выгодно в связи с более высокой отпускной ценой. Применение технологических приемов, таких как декапитация, проращивание, использование укрывного материала в период возвращающихся холодов позволяет получить более раннюю продукцию картофеля и убирать ее уже в середине июля, что позволить снизить острую потребность в ранней продукции [3].

Изучалось влияние технологических приемов: декапитации, проращивания посадочного материала и использование укрывного материала в начальный период вегетации на разных сортах в условиях Московской области. Технология возделывания стандартная. Биометрические показатели проводили каждые 7…10 дней. Исследования проводили в 2016…2017 гг. на участке лаборатории овощеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Почвы дерново-подзолистые тяжелосуглинистые, мощность пахотного слоя 20…22 см. Повторность опытов 3-кратная. Варианты в опыте были размещены рендомизированным методом. Использовали сорта: Удача, Жуковский ранний, Снегирь, Ред Скарлет, Метеор. Сроки посадки – при прогревании почвы до 6…8 °С. При уходе за посевами использовали современные пестициды в борьбе против фитофтороза и колорадского жука. Уборку производили в два срока: 15 июля и 30 июля.

Декапитация – удаление верхних побегов на 10…14 день после всходов, позволяет увеличить общую листовую поверхность, которая в дальнейшем влияет на урожайность [2, 3]. Из таблицы 1 мы видим, что все исследуемые варианты имели более высокую урожайность, чем контрольные. Максимальное повышение урожайности отмечено у сорта Удача (+16,3%), чуть ниже у сорта Снегирь (+8,4%) и минимальное увеличение у сорта Аврора (6,6%). Мы считаем, что картофельное растение с мощно развитой надземной массой синтезирует больше органического вещества и дает более высокий урожай клубней. Также увеличение урожайности связано с более продолжительной «работой» листовой пластинки и снижением затрат растения на ягодообразование. Не требуется дополнительного внесения удобрений, снижается и агрохимическая нагрузка на растени

Таблица 1

Влияние декапитации на урожайность картофеля, в среднем за 2016-2017 гг., т/га

Сорт	Вариант	Урожайность	± от контроля (%)
Удача	Без декапитации	31,2	
	С декапитацией	36,3	± 16,3
Снегирь	Без декапитации	29,7	
	С декапитацией	32,2	± 8,4
Аврора	Без декапитации	33,2	
	С декапитацией	35,4	± 6,6

В 2017 г. исследования были расширены и добавлены другие технологические приемы, такие как проращивание и укрывание нетканным материалом. В нашей зоне в отдельные годы возможны возвращающиеся заморозки, а ботва картофеля чувствительна низким температурам, при заморозках 1…1,5 °С растения чернеют и погибают. Для защиты ранних посадок от поздних весенних заморозков был включен вариант с укрывным материалом.

Проращивание – старейший прием подготовки посадочного материала. Прием ведет к ускорению деятельности ферментов в клубнях и созданию

повышенной концентрации растворимых питательных веществ в зоне расположения глазков, что в дальнейшем стимулирует прорастание почек и развитие ростков [3, 6].

Из таблицы 2 мы видим, что урожай клубней к середине июля сформировался: средняя масса клубней с 1 куста высокая и составляет даже в контрольных вариантах более 400 грамм. Также видно, что урожай картофеля сформировался к 15 июлю на 75,0…96,2% по всем вариантам и сортам при сравнении с урожаем, убранным 30 июля. Использование технологических приемов на всех сортах оказало положительное влияние, т.к. показатель средняя масса клубней с 1 куста выше по всем вариантам.

Таблица 2

Влияние технологических приемов на урожайность картофеля раннего

Сорт	Вариант	Уборка 15 июля		Уборка 30 июля		% уборки 15.07. к уборке 30.07.
		Средняя масса клубней с 1 куста, г	Урожайность, т/га	Средняя масса клубней с 1 куста, г	Урожайность, т/га	
Удача	Контроль	473	22,51	570	27,13	82,9
	Без прораш. + укр.мат-л	696	33,65	870	40,62	82,8
	Декапитация+ проращивание	871	40,67	1110	51,84	78,5
	Проращивание	653	31,08	950	45,22	68,7
	Прораш. + укр. мат-л	928	44,17	1280	60,92	72,5
Жуковский ранний	Контроль	677	32,22	694	33,03	97,5
	Без прораш. + укр.мат-л	891	40,98	910	43,32	94,5
	Декапитация+ проращивание	975	45,53	1040	48,57	93,7
	Проращивание	921	43,83	980	46,64	94,0
	Прораш. + укр. мат-л	975	45,53	1040	48,57	93,7
Снегирь	Контроль	645	30,70	670	31,90	96,2
	Без прораш. + укр.мат-л	767	36,5	849	40,41	90,3
	Декапитация+ проращивание	713	33,29	950	44,36	75,0
	Проращивание	720	34,27	756	35,96	95,3
	Прораш. + укр. мат-л	1006	47,88	1210	57,59	83,1
Ред Скарлет	Контроль	680	32,36	775	36,89	87,8
	Без прораш. + укр.мат-л	842	40,08	915	43,55	92,0
	Декапитация+ проращивание	931	43,48	1090	50,90	85,4
	Проращивание	789	37,56	900	42,94	87,7
	Прораш. + укр. мат-л	1148	54,64	1243	59,67	91,6
Метеор	Контроль	493	23,46	540	25,70	91,3
	Без прораш. + укр.мат-л	536	25,51	715	34,03	74,9
	Декапитация+ проращивание	461	21,94	610	29,04	75,6
	Проращивание	747	35,55	845	40,22	88,4
	Прораш. + укр. мат-л	690	32,84	911	43,36	75,7

При проращивании клубней на рассеянном свете развились верхушечные и боковые глазки (рисунок 1). Из них появились короткие толстые ростки темно-зеленого цвета. При ранней посадке пророщенным посадочным материалом растения создали мощную корневую систему, развитую ботву, раньше образовали клубни, быстрее достигли зрелости, что позволило приступить к уборке в более ранние сроки – 15 июля. При использовании проращивания урожайность выше на 11…51% при уборке 15 июля и на 12…66% при уборке 30 июля. Это объясняется тем, что растения, полученные из пророщенных клубней, используют полнее питательные вещества материнского клубня, это способствует развитию мощной корневой системы, что в дальнейшем влияет на развитие растения в целом. По данным Писарева Б.А. прибавка урожая может достигать 40…60%, а в северных районах страны в 2…3 раза выше [5, 6].

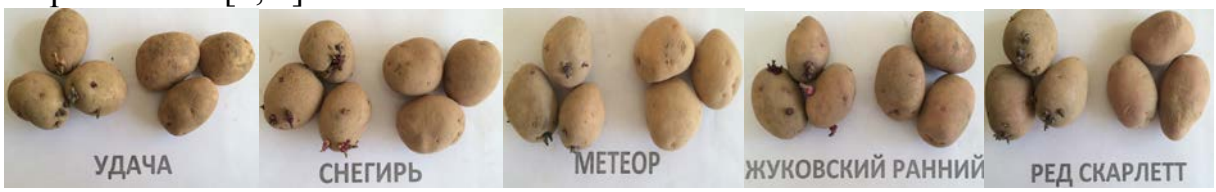


Рис. 1. **Посадочный материал различных ранних сортов с проращиванием на свету**

При использовании укрывного материала без проращивания также происходит увеличение урожайности на 8,7…45% в зависимости от сорта при уборке в первый срок, при более поздней уборке увеличение урожайности составляет 18…52% в зависимости от сорта. Укрывной материал снижает амплитуду колебаний среднесуточных температур в весеннее время, почва быстрее прогревается и клубни быстрее трогаются в рост даже без проращивания, так как в это время оптимальная температура и влажность почвы. Полноценный рост надземной массы осуществляется при образовании корней. Корни у картофеля образуются при температуре не ниже 7 °С, укрывной материал снижает перепады температур и положительная температура наблюдается даже при снижении температуры воздуха и почвы.

По данным некоторых исследователей для повышения продуктивности овощных культур используются полиэтиленовые пленки (черная, светопроницаемая, молочно-белая), нетканые материалы разной плотности и т.д. [4]. В нашем случае использовали нетканый укрывной материал 17 г/м^2.

Рис. 2. **Урожай картофеля с. Удача с 1 куста**

Максимальные урожаи получены при возделывании варианта с проращиванием и использованием укрывного материала на всех сортах: на с. Удача увеличение составило почти 96% при уборке в первый срок и при уборке во второй срок на 124%, на с. Жуковский ранний – 41 и 63, на с. Снегирь – 55 и 80, на с. Ред Скарлет – 68 и 60 и на с. Метеор – 68 и 73% соответственно, т.к. в большей степени удовлетворяются наследственные требования к условиям внешней температуры. При возделывании варианта с проращиванием и использованием укрывного материала (рисунок 2) создались благоприятные умеренные условия в этом году, а именно невысокая температура, высокая влажность почвы в период начального роста, также оптимальная температура в период клубнеобразования (17…22 °С), что в дальнейшем отразилось на урожайности.

Таким образом, для удовлетворения повышенного спроса и обеспечения населения высококачественной отечественной ранней продукцией картофеля Московского региона возможно использование технологических приемов, таких как декапитация, световое проращивание, использование укрывного материала и получение урожая уже в середине июля без существенных дополнительных затрат. Декапитация увеличивает урожайность на 6,6…16,3%; во влажные годы технологический прием проращивание увеличивает урожайность на 11…51%, а укрывание нетканым материалом на 8,7…45% в зависимости от сорта.

Библиографический список:

1. Дыйканова М.Е. Декапитация в технологии возделывания раннего картофеля // Картофелеводство: Материалы научно-практической конференции «Современные технологии производства хранения и переработки картофеля», 1-3 августа 2017 г. ФГБНУ ВНИИКХ; под ред. С.В. Жеворы. М. 2017. 161-164.

2. Гаспарян И.Н. Формирование продуктивных посадок картофеля с использованием декапитации. Монография // М.: Издательство РГАУ-МСХА. 2015. 170 с.

3. Гаспарян И.Н., Гаспарян Ш.В. Картофель: технологии возделывания и хранения: Учебное пособие // СПб.: Издательство «Лань». 2017. 256 с.

4. Кудряшов Ю.С., Дыйканова М.Е. Мульчируйте почву пленками при выращивании томата в необогреваемых пленочных теплицах // Картофель и овощи. 2007. № 4. С. 21-22.

5. Соловьев А.М., Гаспарян И.Н., Фирсов И.П. Биоклиматический потенциал и его регулирование при возделывании сельскохозяйственных культур по высокой технологии: Учебное пособие // М.: Издательство РГАУ-МСХА. 2015. 139 с.

6. Писарев Б.А. Производство раннего картофеля // М.: Россельхозиздат. 1986. 287 с.

УДК 631.17:633.491

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДЕКАПИТАЦИИ КАРТОФЕЛЯ

***Бицоев Борис Анатольевич**, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, bicoev_boris@mail.ru*

***Аннотация.** В статье приводятся данные исследований по совершенствованию элементов устройства для декапитации картофеля. Правильная регулировка режущего ножа имеет важное значение в качественном срезе верхушек растения картофеля. Рассмотрено теоретическое обоснование угла заточки режущего диска, для качественного среза он должен составлять 18°.*

***Ключевые слова:** устройство для декапитации, срезающий диск, режущая кромка, угол заточки.*

***Abstract.** The article presents the data of studies on the improvement of the elements of the device for decapitation of potatoes. Proper adjustment of the cutting knife is important in the quality of the potato crop tops. The theoretical justification of the sharpening angle of the cutting disc for high-quality cutting should be 18°.*

***Keywords:** ecapitation device, cutting disc, cutting edge, sharpening angle.*

В технологии возделывания картофеля используется технологический прием – декапитация, который позволяет увеличить урожайность за счет дополнительного ветвления стеблей и увеличения общей листовой поверхности. В наших исследованиях декапитацию растений картофеля осуществляли устройством для декапитации картофеля (УДК) – патент №156015 от 03.07.2015 г. [1, 2].

Для выполнения качественного среза необходимо иметь острую режущую кромку и подобрать угол среза режущего диска. Рассмотрим некоторые элементы теории резания лезвием ножа. Наблюдается характерное явление в механике резания, а именно: если заставить лезвие ножа перемещаться перпендикулярно к его длине (рисунок 1 а), то сила, необходимая для резания, будет максимальной. Но если лезвие не только углублять в перерезаемый материал, а и заставлять его при этом проскальзывать вдоль своей длины (рисунок1 б), то оказывается, чем больше будет продольное перемещение относительно нормального (т.е. перпендикулярного лезвию), тем меньшей окажется сила, с помощью которой можно перерезать один и тот же материал. Для изучения процесса резания лезвием применяли простые весы с параллельным перемещением чашек, на одной чашке весов укреплялся прямолинейный нож, обращенный лезвием вверх. Над ним по неподвижной

линейке скользил зажим с закрепленным в нем стеблем (рисунок 2). Давление лезвия на стебель изменялось накладыванием гирек на другую чашку весов. При этом, с изменением давления лезвия на стебель, измерялось продольное перемещение стебля вдоль лезвия. Таким образом, была получена зависимость между давлением лезвия на стебель и перемещением последнего вдоль лезвия вплоть до полного перерезания. Оказалось, что чем меньше сила, с помощью которой желают перерезать какой-либо материал, тем больше требуется продольного перемещения ножа.

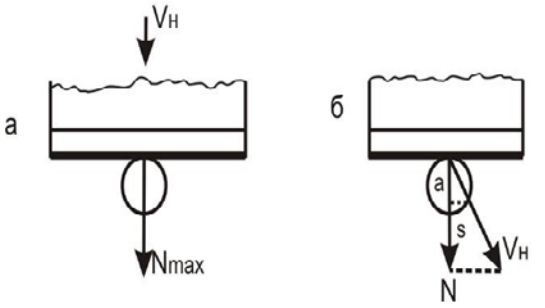


Рис. 1. **Резание стебля ножом**

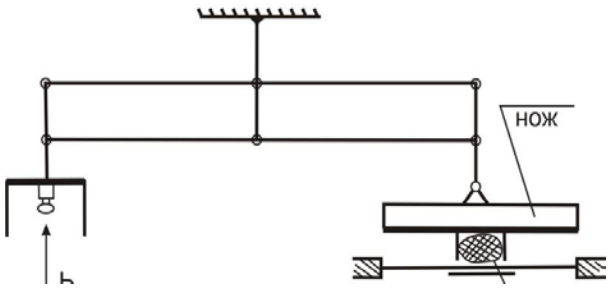


Рис. 2. **Лабораторная установка**

Рассмотрим теперь условия скольжения материала вдоль лезвия при резании. Если скорость лезвия при резании перпендикулярна его длине, то ни о каком скольжении движения лезвия по разрезаемому материалу говорить нельзя. Если двигать лезвие под некоторым углом к нормали так, что, углубившись в материал на некоторую величину α (рис. 1 б), лезвие вместе с тем пройдет по касательному направлению некоторый путь S, то это перемещение S не обязательно создает продольное скольжение лезвия.

Предположим, что лезвие ножа перемещается по направлению вектора скорости V_H (рисунок 3). Пусть угол α будет меньше угла трения φ лезвия ножа по разрезаемому материалу [3, 4]:

$$\alpha<\varphi$$

Лезвие ножа давит на перерезаемый материал по нормали, оказывая нормальное давление N. Рассматривая действие этой силы, разложим ее по направлению движения ножа вдоль лезвия ножа N_v и N_l. Рассматривая порознь действия этих сил, замечаем, что, если точка лезвия *a* встретила на споем пути какой-либо материал (точка m, то сила Nv стремится эту частицу *m* материала переместить вместе с ножом, а сила N_T стремится эту частицу материала переместить вдоль лезвия ножа.

Может ли частица *m* материала скользить вдоль лезвия ножа или нет, это зависит от того, способна ли сила трения уравновесить силу N_T. Чтобы частица *m* материала скользила под действием силы N_T по лезвию, сила N_T должна преодолеть силу трения F. Наибольшая возможная сила трения F_{max} при данном нормальном давлении N и угле трения φ будет

$$F_{max}=N\cdot tg\varphi.$$

В свою очередь $N_т=N\cdot tg\alpha$, но так как α< φ, то $N_т$ меньше предельного наибольшего возможного значения силы трения F_{max}. При этих условиях сила трения F, действующая на частицу *m* материала в сторону, противоположную силе N_T, в точности равна силе $N_т=N\cdot tg\alpha$, а не максимально возможной силе трения $F_{max}=N\cdot tg\varphi$, так как всякая сила реакции равна той силе, которой она возбуждена, т.е. F = -N·tgα. Итак, если α<φ, то никакого скольжения лезвия по материалу не будет.

Теперь рассмотрим условие, когда $\alpha=\varphi$, в этомслучае $N_T=F_{max}$. Силы $N_т$ и F_{max} уравновешиваются взаимно. Частица материала *m* будет перемещаться по направлению движения лезвия ножа. Резание будет происходить без скольжения.

И, наконец, случай, когда $\alpha>\varphi$.

Рассмотрим схему действия сил на перерезаемый материал (рис. 4). Разложим силу N на составляющие N_V и N_T. Может ли в этом случае сила N_T заставить частицу материала *m* скользить по лезвию ножа? Это будет зависеть от того, окажется ли сила N_T больше силы трения, которая будет развиваться при скольжении частицы материала по лезвию. Посмотрим, сколь велика сила трения, которая стремится препятствовать силе N_T и перемещать частицу материала по лезвию ножа:

$$F_{max}=N\cdot tg\varphi \text{ и } Nm=N\cdot tg\alpha.$$

Но так как $\alpha>\varphi$, *то* $N \cdot tg\alpha > N \cdot tg\varphi$, т.е. $Nm > F_{max}$.

При этих условиях сила F, направленная противоположно, достигает своего наибольшего значения: $F_{max}=N \cdot tg\varphi$.

Значит, частица материала *m* окажется под воздействием двух сил: N и F_{max}. Так как они действуют одновременно и совместно, то можно сложить их геометрически. Получим их равнодействующую R, направленную под углом φ к нормали n-n. Следовательно, частица будет перемещаться под действием (и по направлению) силы R, пока не перережется.

Причем, лезвие ножа будет двигаться по направлению скорости $V_н$, а частица *m* материала – по направлению силы R. Из схемы (рисунок 4) следует, что в процессе резания, которое сопровождается смятием материла под давлением лезвия, происходит скольжение материала по лезвию. Такому резанию со скольжением могут подвергаться только податливые материалы. Итак, для резания со скольжением имеется два условия:

Таким образом, направление скорости лезвия должно составлять с нормалью к нему угол больший, чем угол трения материала по лезвию, а также разрезаемый материал должен быть податлив (упруг, пластичен), каким являются растения картофеля в первые недели (так как декапитацию необходимо проводить через 10…15 дней после всходов) [2].

Значит, если при данном нормальном давлении приложить такую касательную силу, чтобы их равнодействующая была равна временному сопротивлению (т.е. пределу прочности на смятие) разрезаемого материала, то резание будет происходить, тогда (рисунок 5)

$$R \geq K,$$

где К – временное сопротивление разрезаемого материала.

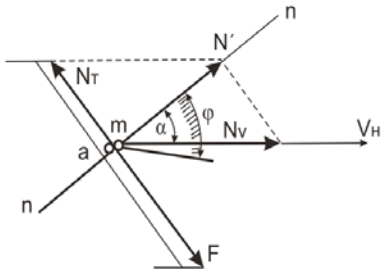


Рис. 3. **Определение условия скольжения α<φ**

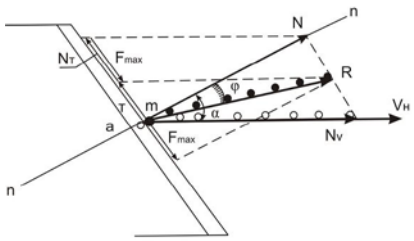


Рис. 4. **Определение условия скольжения α>φ**

Уменьшая силу N, нужно увеличить силу T и наоборот. Если лезвие перемещать по направлению, отклоненному от нормали на угол α, лежащий в пределах от 0 до φ, то резание будет без скольжения. Но если этот угол α будет больше угла φ, то резание будет происходить со скольжением. Меру скольжения, так называемый коэффициент скольжения, можно получить следующим образом.

Чтобы нож резал со скольжением, нужно иметь α>φ (рисунок 6).

Коэффициентом скольжения можно назвать величину

$$\square = \frac{a'm'}{am'}$$

где $a'm'$– путь, проходимый перерезаемым материалом по лезвию со скольжением;

am' – единица деформации материала.

Рассмотрим Δam'a' (рис. 6) по теореме синусов:

$$\frac{am'}{\sin(\alpha-\varphi)} = \frac{am'}{\sin(90^0-\alpha)} = \frac{am'}{\cos\alpha'}$$

Из формулы следует, что ε тем больше, чем больше угол α. И если α = φ, то ε = 0.

В производстве нас интересует расход энергии. Посмотрим, чему равна работа, затрачиваемая на перерезание 1 см^2 материала. Это количество работы назовем удельной работой резания. Представим себе прямолинейный отрезок лезвия (рисунок 7), по длине равный 1 см. Допустим, что лезвие разрезает материал со скольжением, тогда необходимо, чтобы α >φ. Значит, лезвие будет двигаться не перпендикулярно своей длине, а под углом α к своей нормали, причем большим угла φ. Следовательно, 1 см длины лезвия перережет полосу шириной h = l·cos α с силой резания $P = \frac{N}{\cos\varphi}$

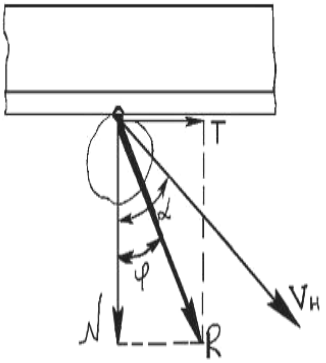


Рис. 5. **Определение условия резания**

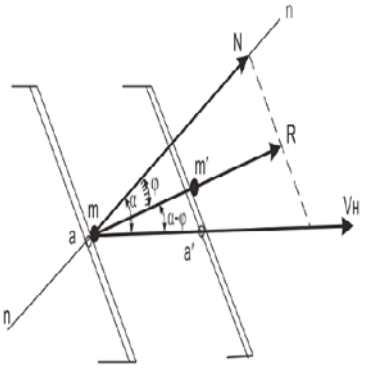


Рис. 6. **Определение условия скольжения**

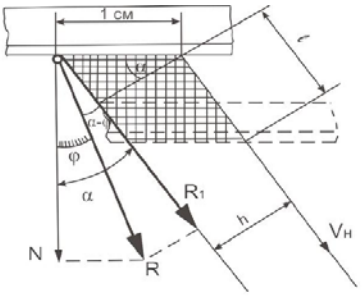


Рис. 7. **Определение работы резания**

Для вычисления работы силы R нужно определить проекцию этой силы на направление пути точки ее приложения:

$$R1 = R\cos(\alpha-\varphi) = \frac{N\cos(\alpha-\varphi)}{\cos\varphi},\ H$$

Найдем путь, который должен совершить отрезок лезвия внутри материала, чтобы прорезать 1 см2. Из рисунка 7 следует, что площадь разреза выражается площадью параллелограмма с высотой *h* и основанием *I.* Так как $h \cdot I$ = 1 см2, а$\cdot h = l\cdot\cos\alpha$ то

$$I = \frac{1}{n} = \frac{1}{\cos\alpha},\ см$$

Работа резания:

$$E=R*l=\frac{N\cos(\alpha-\varphi)}{\cos\varphi*\cos\alpha}, \text{ Дж}$$

Таким образом, с увеличением угла α постановки лезвия энергия резания увеличивается. В наших исследованиях угол α должен быть 18°.

Библиографический список

1. Гаспарян И.Н., Бицоев Б.А. Устройство для декапитации картофеля. Патент на полезную модель RUS 156015 03.07.2015.

2. Гаспарян И.Н., Бицоев Б.А., Березовский Е.В., Пастухов М.А., Полякова М.Н. Формирование высокоурожайных посадок картофеля в Нечерноземной зоне // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 4. С. 76-80.

3. Босой Е.С. Режущие аппараты уборочных машин // М.: Машиностроение. 1967. 167 с.

4. Кленин Н.И., Киселев С.Н., Левшин А.Г. Сельскохозяйственные машины // М.: КолосС. 2008. 816 с.

УДК 631.345

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА УБОРКИ БЕЛОГО ЛЮПИНА МЕТОДОМ ОЧЕСА НА КОРНЮ

***Мосяков Максим Александрович**, младший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ Maks.Mosyakov@yandex.ru*

***Аннотация.** В статье рассматривается уборка белого люпина методом очеса растений на корню. Процесс уборки представлен как взаимодействие биологической и технической подсистем с построением функциональной схемы выполнения технологического процесса очесывающим устройством. Определено, что выбор оптимальных конструктивных и технологических параметров системы при установленной связи между входными и выходными параметрами, позволит обеспечить полноту сбора урожая с единицы площади.*

***Ключевые слова:** белый люпин, уборка, очес растений на корню, функциональная схема.*

***Abstract.** The article deals with the harvesting of white lupines by the method of combing plants on the vine. The cleaning process is represented as the interaction of the biological and technical subsystems with the construction of a functional scheme for performing the technological process with a combing device. It is determined that the choice of optimal design and technological parameters of the*

system with the established connection between the input and output parameters will allow to ensure the completeness of harvesting from a unit area.

***Keywords**: white lupine, cleaning, oches plants on the vine, functional scheme.*

В настоящее время на территории нашей страны все шире распространяются посевы белого люпина [1]. Возделывают данную культуру используя ту же систему машин, что и для зерновых. Данная культура отличается высокой потенциальной продуктивностью, с урожайностью зеленой массы до 1073 ц/га и при влажности семян более 20% уборка этой массы сопровождается забиванием молотильного устройства комбайна, что чревато потерями части урожая [2]. Для решения данной проблемы необходимо рассмотреть возможность применения на уборке белого люпина технологии очеса растений на корню, позволяющей уменьшить повреждения и повысить полноту сбора семян в меньшей степени, зависящую от погодных условий. Колосовые и метелочные культуры очесываются исключительно хорошо, без существенных потерь. Бобовые и им подобные культуры могут очесываться с вероятными потерями более 1,5%, что не отвечает существующим агротребованиям [3].

С целью снижения потерь при работе очесывающей жатке на уборке белого люпина, рассмотрим основные источники потерь ими являются очесывающий ротор с установленными на нем гребенки и обтекатель. Взаимодействие обтекателя с растением не рассматривается, так как этот процесс подробно проанализирован в диссертационной работе Фусточенко А.Ю. [4].

Рассмотрим процесс уборки представив его, как взаимодействие биологической и технической систем [5]. Условия взаимодействия систем оказывают влияние на качество выполнения технологического процесса работа очесывающей жатки (рисунок 1).

Векторная функция природных условий, оказывающих влияние на функционирования биологической системы в период уборки урожая:

$$F_{\text{п}}(t) = \{F(t); F(t); F(t);\}, \quad (1)$$

где *F(t)* – влажность воздуха; *F (t)* – рельеф поля; *F (t)* – направление и скорость движения воздуха (ветровая нагрузка).

На очесывающую жатку, как на техническую систему, оказывает влияние векторная функция $\mathbf{X}_{\text{б}}$ (неуправляемые показатели) условий ее работоспособности, которая формируются из факторов биологической системы вектора входных воздействий $\mathbf{X}$. Ее можно представить следующим образом: урожайность культуры U; ее состояние W (густота стеблестоя, влажность растений); высота стеблестоя $l_{\text{р}}$; нормальное допустимое напряжение стебля, усилие на отрыв боба от растения, и вырыв растения из почвы $P_{\text{р}}$.

$$\mathbf{X}(t) = \{U(t); W(t); l_{\text{р}}(t); P_{\text{р}}(t)\}. \quad (2)$$

К факторам технической системы $\mathbf{Y}_{\text{т}}$, обеспечивающей ее

работоспособность относятся основные параметры: внутренние нерегулируемые $\mathrm{M_н}$ и регулируемые $\mathrm{M_р}$.

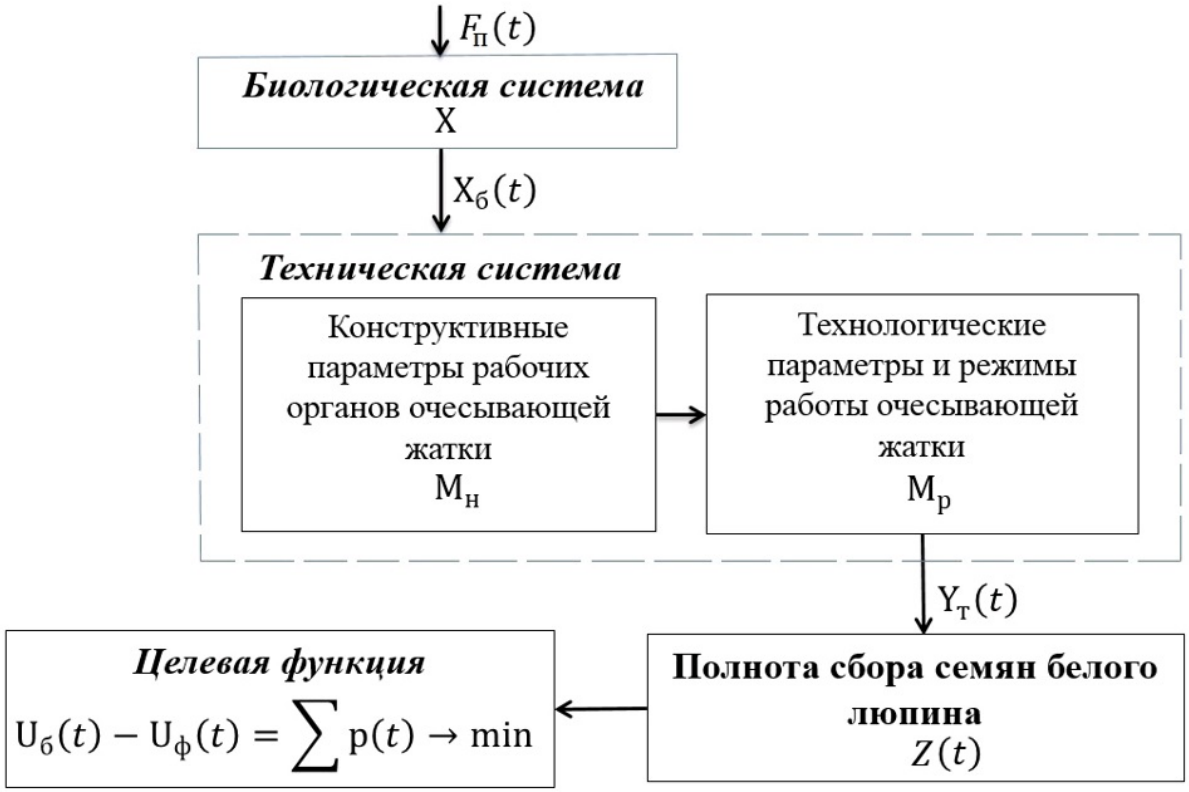


Рис. 1. **Функциональная схема очесывающего устройства**

В данной системе внутренними нерегулируемыми $\mathrm{M_н}$ параметрами функционирования очесывающей жатки являться: радиус очесывающего ротора R; количество рядов очесывающих гребенок z; параметры очесывающих зубьев гребенок $N_з$: длина $l_з$, ширина b и расстояние $t_п$ между ними; угол $\xi_н$ установки очесывающих гребенок относительно центра очесывающего ротора.

$$\mathrm{M_н}\,(t) = \{R_0(t); z(t); N_з(t); \xi_н(t)\}. \quad (3)$$

Внутренними регулируемыми $\mathrm{M_р}$ технологическими параметрами системы $\mathrm{Y_т}$ функционирования очесывающей жатки будут являются: кинематический показатель λ; высота положения жатки от почвы до гребенки в нижнем положении $h_ж$; высота расположения контакта обтекателя с растением h_0; высота установки очесывающего ротора относительно поверхности поля H; подача на очесывающее устройство q.

$$\mathrm{M_р}(t) = \{\lambda(t); H(t); h_ж(t); q(t);\ h_0(t)\}. \quad (4)$$

На выходе очесывающего устройства формируются условия полного сбора урожая, представленное в виде векторной целевой функции Z, отражающей внутренние связи биологической и технической систем ее функционирования: потери свободными семенами $\mathrm{p_с}$; потери срезанными бобами $\mathrm{p_б}$; потери не очёсанными бобами $\mathrm{p_н}$.

$$Z(t) = \{\mathrm{p_с}(t); \mathrm{p_б}(t); \mathrm{p_н}(t)\}. \quad (5)$$

Основной задачей, на решение которой направлена данная система,

является полнота сбора урожая с единицы площади, которая выражается целевой функцией:

$$U_б(t) - U_ф(t) = \sum p(t) \to \min , \quad (6)$$

где $U_б(t)$ – биологическая урожайность, $U_ф(t)$ – фактическая урожайность (бункерная), $\sum p(t)$ – суммарные потери.

Этого возможно добиться в данной технической системе за счет выбора оптимальных конструктивных и технологических параметров системы при установленной связи между входными и выходными параметрами [6, 7].

Библиографический список

1. Алдошин Н.В., Мосяков М.А. Выбор кинетического параметра работы очесывающей жатки «ОЗОН» // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: матер. Всероссийской науч.- практ. конф. с международным участием 2 марта 2017. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА. 2017. Т. 3. С.13-19.

2. Мосяков М.А. Способы уборки белого люпина // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке: матер. междунар. научно-практ. конф. – 24 января 2018. п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. 2018. С. 152-156.

3. Мосяков М.А. Уборка белого люпина очесывающими устройствами: матер. Междунар. науч. конф. 6-7 июня 2017. Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2017. С.305-306.

4. Фусточенко А.Ю. Повышение эффективности функционирования жатки очесывающего типа совершенствованием параметров и режимов работы обтекателя: дис. на соискание ученой степени к. т. наук. - Ростов-на-Дону. 2015. С.157.

5. Мосяков М.А. Классификация очесывающих жаток и перспективы их применения на уборке зернобобовых культур // Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России: матер. Всероссийской заочной научно-практической конференции 19 апреля 2017. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного ГАУ. 2017. Т. 4. С. 63-66.

6. Мосяков М.А. Применение очесывающей жатки «озон» на уборке белого люпина // Вклад молодых ученых в аграрную науку: матер. Междунар. научно-практ. конф. - 18-19 апреля 2017. – Кинель: ФГБОУ ВО Самарский ГСХА. 2017. С. 165-168.

7. Мосяков М.А. Анализ молотильно-сепарирующих систем зерноуборочных комбайнов: матер. Междунар. науч. конф. 1-3 июня 2016. Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2016. С.173-174.

УДК 539.4

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭТАЛОННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ ПУТИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

***Подрубалов Максим Валерьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, podrubalov@gmail.com*

***Никитенко Алексей Николаевич**, кандидат технических наук, доцент сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, an-nikitenko@mail.ru*

***Аннотация.** Показан сравнительный анализ новых международных стандартов по определению вибрации. Показана необходимость создания базы данных для кинематической обработки возбуждений от сельскохозяйственных фонов. Приведены рекомендации по методам их регистрации и дальнейшей статистической обработки.*

***Ключевые слова:** вибрация, эталонные и сельскохозяйственные фоны, мобильные машины, режим движения, параметры профиля пути.*

***Abstract.** A comparative analysis of the new international standards for determining vibration is shown. The necessity of creating a database for kinematic processing of excitations from agricultural backgrounds is shown. Recommendations on methods of their registration and further statistical processing are given.*

***Keywords:** vibration, reference and agricultural backgrounds, mobile machines, mode of motion, path profile parameters.*

В РФ в связи с переходом на рыночные отношения с 2008 г. введены в действие международные стандарты по безопасности труда [1-4]. В них учтены основные нормативные положения европейских (ЕН) и международных (ИСО) стандартов.

До 2008 г. для сельскохозяйственных машин (СХМ) существовали утвержденные критерии оценки вибрации и методы их получения (включая эталонные искусственные треки), аналогичные используемым для сельскохозяйственных тракторов и других самоходных машин [5], что было весьма удобно при проектировании. В настоящее время вместо отечественных в качестве эталонных стандартов приняты искусственные треки по СТ ИСО 5008 с существенными дополнениями по скоростным режимам движения машины и, следовательно, возможным увеличением уровня его воздействий от профиля пути.

Анализ источников, в которых изучались свойства профилей пути [6, 7]

показал, что практически все авторы, используя метод нивелирования, пытались далее получить из собственно профиля, который чаще всего называли «макропрофилем», некоторую другую функцию - «микропрофиль». Один в другой превращался путем, как правило, «ручной фильтрации» профилограмм [6] с «выпрямлением» их якобы нестационарных участков. База выпрямления выбиралась или чисто визуально, либо по формуле (использовалась в [6])

$$l \geq \frac{2v}{f_0}, \qquad (1)$$

де: v – скорость трактора, м/с; f_0 – собственные частоты колебаний колесных тракторов на шинах, f_0 = 2,5-3,5 Гц.

Т.е. эта база для тракторов при их максимальных эксплуатационных скоростях v=3-5 м/с в соответствии с (1) должна составлять минимум 1,7-4 м. У длин реализаций «макропрофилей» и шаге квантования замеров ординат также был значительный разброс: от 30-40 м до 400 м и 0,05-1 м соответственно. По полученным таким образом «исправленным» массивам далее проводился расчет корреляционной функции и спектральной плотности реализации с последующей аппроксимацией (как правило, по корреляционной функции) с получением среднеквадратического значения (СКЗ) ординат и коэффициентов α и β (также вручную), по которым и велся весь дальнейший анализ [6, 7].

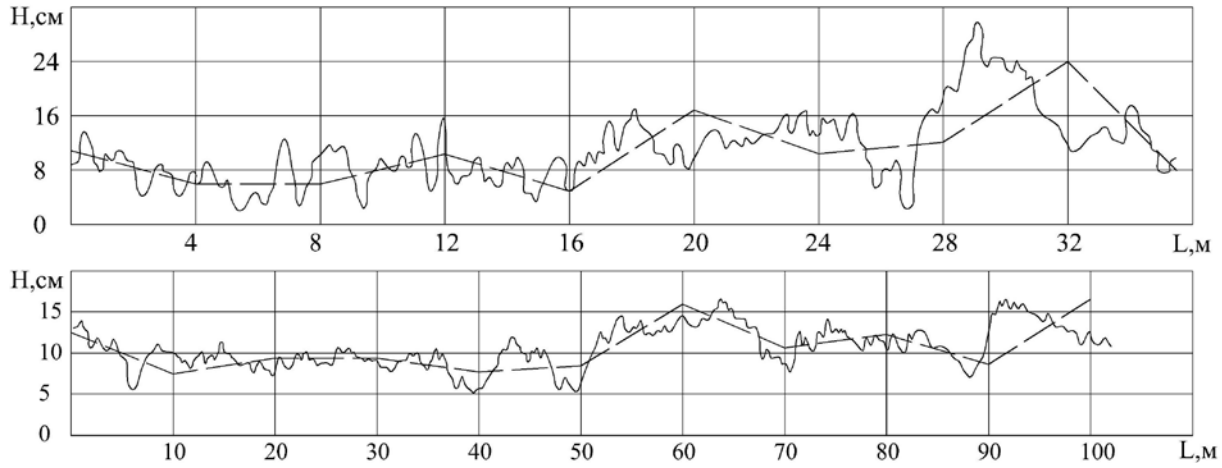


Рис. 1. **Пример выделения «макропрофиля» из реализаций правых колей профилей ИСО 5008:**

——— - профилограммы по стандарту;

– – – – – - возможная по формуле (1) база «выпрямления»

На рисунке 1 и 2 приведены профилограммы взятых для примера правых колей эталонных треков, которые приняты в новым стандарте [4] и их характеристики. Для иллюстрации показаны варианты возможного «выпрямления» профилей за счет введения выбранных нами в соответствие с (1) баз длиной 3,2 и 8 м. Ясно, что после вычитания соответствующих ординат получатся совсем другие профилограммы с другими СКЗ ординат и корреляционными функциями.

Из рисунка 2 хорошо видно, что такая процедура получения «микропрофиля», выполненная в [6] без указания в тексте конкретных величин

базы, привела к существенному уменьшению времени, корреляционной связи и появлению у функций более выраженных гармонических составляющих $\beta=\pi/(2l_1)$.

Однако на обеих стадиях такого анализа присутствуют ошибки: некорректность применения формулы (1) (из-за выбора скорости, собственной частоты колебаний, значения коэффициента в знаменателе) и весьма неопределенная методика аппроксимации характеристик (по корреляционной функции – неоднозначность определения периода колебаний и декремента затухания, по спектральной плотности – по максимуму или с приближением кривых на более высоких частотах). Поэтому для проведения работы по синтезу испытательного кода для СХМ параметры α и β «микропрофилей», имеющиеся в литературе, например в [6] не применимы.

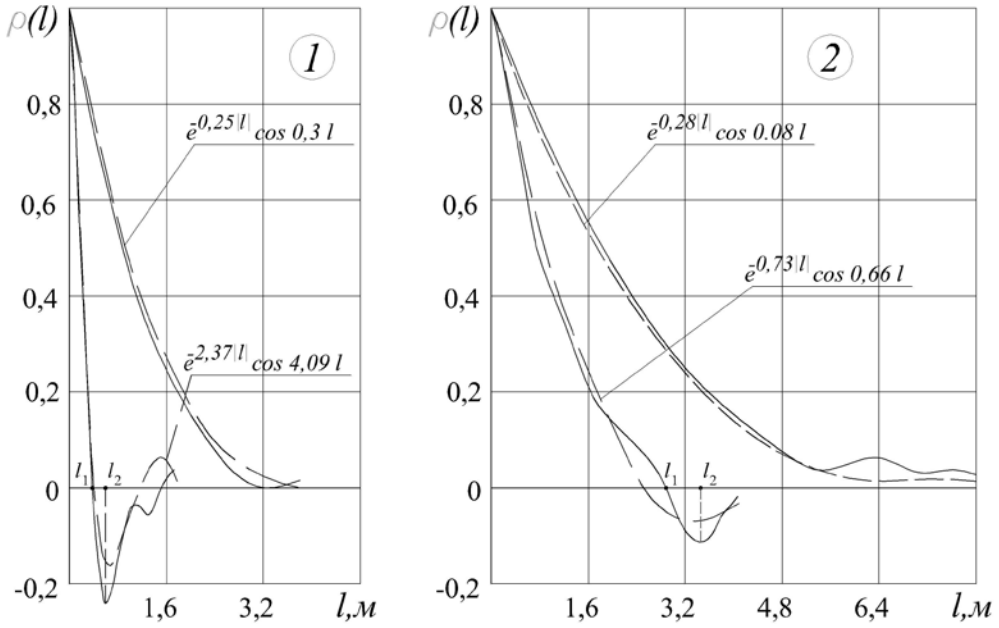


Рис. 2. **Нормированные корреляционные функции правых колей искусственных треков неровной (1) и ровной (2) поверхностей ИСО 5008:**
———— - расчетные кривые;
– – – – – - аппроксимационные кривые по $\rho(l)=e^{-\alpha|l|}cos\beta l$

Мы предлагаем методику с рассматриваются только те массивы ординат исключая двухэтапность анализа, которые были получены методом нивелирования или его каким – либо аналогом без изменения базы отсчета, т.е. профили пути. При этом удаляются из применения термины «макропрофиль» и «микропрофиль», как совершенно ненужные и запутывающие описание свойств местности.

Критерием обоснованности принятых положений является сравнительный анализ с соответствующими параметрами эталонных треков международного стандарта [4] (таблица 1). Режим движения для МГТ назначен по п. 3-6 таблица 1 может корректироваться, а параметры, приведенные в ней уточняться.

Для определения исходных характеристик фонов использовалась теорема

В.А. Котельникова о дискетном представлении случайных процессов [8]. В нашем случае для воздействий от профиля пути с учетом скорости машины она выглядит как:

$$N = 2B\frac{L}{v}, \qquad (2)$$

где: N – число значений, необходимых для описания случайных функций; B, 1/м, Гц – ширина полосы частот, присутствующих в реализации; L, м – длина профиля: $L/v=T$, с – время движения машины по этой реализации.

Нормированные среднеквадратические ошибки (СКО) оценок СКЗ одинат профилей и воздействий от них рассчитывались по формуле [7]:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{2\sqrt{BT}}, \qquad (3)$$

где: ε_r - указанная ошибка в диапазоне частот В.

Таблица 1

Исходные параметры для исследования профилей пути:

№ п/п	Фон	Скорость машины		Длина участка	Шаг квантования	Кол-во точек	Ширина полосы	Норм. СКО оценки СКЗ ординат	Норм. СКО оценки СКЗ ординат
		v		L, T	Δl, Δt	N	B	ε_r	ε_2
		км/ч	м/с	м, с	м, с	–	1/м, Гц	%	%
.	Неровная поверхность	0,28	1	35,04	0,08	438	6,2	3,4	7,1
		4	1,11	31,6	0,07		6,9		
		5	1,39	25,2	0,06		8,7		
		7	1,94	18,1	0,04		12,1		
.	Ровная поверхность	0,28	1	100	0,16	625	3,1	2,8	4,2
		10	2,78	36	0,06		8,7		
		12	3,33	30	0,05		10,4		
		14	3,89	25,7	0,04		12,1		
.	Грунтовая дорога	0,28	1	76,8	0,15	512	3,3	3,1	6,2
		10	2,78	27,6	0,05		9,2		
.	Магистральный волок	0,28	1	102,4	0,2	512	2,5	3,1	6,2
		14	3,89	26,3	0,05		9,7		
.	Пасечный волок	0,28	1	76,8	0,15	512	3,3	3,1	6,2
		8	2,22	34,6	0,07		7,4		

1,2 – принятые в стандарте [4];
3-7 – типовые сельскохозяйственные и лесные [7].

В табл. 1 также приведены для сведения значения ε_2 для октавного диапазона частот (ОДЧ) со среднегеометрической частотой (СГЧ) 2Гц, т.е. 1,4-2,8 Гц, нормы вибрации в котором являются наиболее труднодостижимыми для тракторов.

Из формул (2) и (3) видна взаимосвязь всех параметров, представленных в таблице 1. Задаваясь, например, скоростью и нормированной СКО оценки СКЗ ординат процесса, можно вычислить и все остальные исходные параметры.

Таким образом, показано что выбранные и рассчитанные исходные параметры профилей и воздействий от с/х фонов и эталонных треков международных стандартов, полученные по единой методике, похожи между собой. Поэтому это даст основание после их статистической обработки осуществить корректный сравнительный анализ выбранных характеристик этих реализаций и аргументированно выбрать параметры испытательного кода для СХМ.

Библиографический список

1. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. Москва. Стандартинформ. 2008 г. 22 с.

2. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997). Межгосударственный стандарт. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования. Москва. Стандартинформ. 2008 г. 37 с.

3. ГОСТ 31193-2004 (ЕН 1032:2003). Межгосударственный стандарт. Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Общие требования. Москва. Стандартинформ. 2008 г. 27 с.

4. ГОСТ 31323-2006 (ИСО 5008:2002). Межгосударственный стандарт. Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики самоходных машин. Тракторы сельскохозяйственные колесные и машины для полевых работ. Москва. Стандартинформ. 2008 г. 85 с.

5. ГОСТ 12.2.102-89 ССБТ. Межгосударственный стандарт. Машины и оборудование лесозаготовительные и лесосплавные, тракторы лесопромышленные. Требования безопасности, методы контроля требований безопасности и оценки безопасности труда. Методы оценки безопасности. Москва. 1989 г. 70 с.

6. Арутюнян, В.С. Обоснование параметров и разработка конструкции типового трека для испытания колесных сельскохозяйственных тракторов по оценке вибрации: дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук. / В.С. Арутюнян. - Ереван, 1983. 212 с.

7. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. 540 с.

УДК 62-1/-9

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСЕВА СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА

***Московский Максим Николаевич**, доктор технических наук, заведующий отделом машин и оборудования для селекции сельскохозяйственных культур, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, maxmoskovsky74@yandex.ru*
***Лавров Александр Владимирович**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией мобильных энергосредств хозяйственных систем, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vimlavrov@mail.ru*
***Литвинов Максим Алексеевич**, инженер лаборатории исследования технических свойств сельскохозяйственных материалов, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, litvvinov.max@yandex.ru*

***Анотация**. Государственные программы, направленные на развитие селекции и семеноводства в России требуют проведение исследований связанных с созданием новых интеллектуальных технических систем, реализуемых в селекционной техники, в частности в самоходной селекционной сеялки. В качестве перспективного направления предлагается разработать интеллектуальную технологию высева семенного материала и реализовать ее на базе самоходной селекционной сеялки.*

***Ключевые слова**: селекция, технология интеллектуального высева, самоходная сеялка, импортозамещение.*

***Abstract**. State programs aimed at the development of breeding and seed production in Russia require research related to the creation of new intelligent technical systems implemented in breeding technology, in particular in the self-propelled seeder. As a perspective direction it is offered to develop intellectual technology of seeding of seed material and to realize it on the basis of self-propelled selection seeder.*

***Keywords**: Selection, intelligent seeding technology, self-propelled seeder, import substitution.*

Введение**.** Производство зерна одна из значимых и приоритетных отраслей сельского хозяйства, которая определяет степень продовольственной безопасности страны. Этот вопрос наиболее остро стоит на сегодняшний день. Страна оказалась на пороге экономических санкций и существенной зависимости от импорта растениеводческой, животноводческой продукции и сопутствующих им товаров, доля которых в России на сегодняшний день высока.

Страна имеет потенциал для наращивания производства зерна, однако одним из сдерживающих фактором является увеличение за короткий

промежуток времени семенного фонда. Производство семенного фонда в России (на 2015 год) находиться в районе 6,0 млн. тонн в год при необходимости 7,4 млн. тонн в год [1]. На ближайшие 5 лет с учетом задач по импорт замещению потребуется увеличение производственных площадей и как следствие возрастет доля потребности семян зерновых минимум на 25...30%. Поставленная задача сбор зерновых к 2020 году в объеме 115 млн. тонн в год [2].

Из-за использования некачественных семян хозяйства недобирают до 20% урожая зерновых. Анализ зернового материала репродуцированного непосредственно в хозяйствах установил что большая доля (до 35%) некондиционные семена по основным показателям засоренность, травмированность и размерные характеристики высеваемых зерновых культур. В основном это связано с отсутствием техники в т.ч. специализированной семеноводческой [3, 4].

На сегодняшний день в применяемой селекционной техники и оборудование используются стандартные кинематические системы передач и приводов. В основном применяется зарубежная техника и оборудование, которая занимает от 60-80% рынка [5]. В устройстве селекционных сеялок применяются как ручная системы подачи семенного материала при высеве, так и механическая, что приводит к возрастанию потерь семенного материала, повышению энергоемкости и трудозатрат процесса. Кроме того при проектировании и разработке применяемой селекционной техники и оборудования нс учитываются такие важные характеристики для процесса высева такие как: почвенно-климатические особенности местности, согласование скорости перемещения сеялки со скоростью вращения высевающего аппарата с учетом изменяющегося коэффициента буксования.

Стоит отметить, что на иностранной технике применяется автоматизированная система подачи и высева семян, но при этом интеллектуально-программное обеспечение нс учитывает природно-климатических особенностей РФ и непосредственно основано и связано с основным программным кодом разработчиков.

Все выше перечисленное существенно снижает эффективность процесса высевания семенного материала и как следствие продуктивность хозяйства [6].

Решением данной проблемы является разработка отечественной инновационной селекционной техники с использованием технологии интеллектуального высева семенного материала.

Цели исследования – разработка технологии высева семенного материала с возможностью управления оптимальными параметрами технологического процесса, снижение погрешности расстояния при высеве длинных селекционных делянок.

Методы исследования: При проведении исследований для математического описания процесса будет использоваться структурно-функциональное моделирование, а также методика Прони [7] для решения многокритериальных структурно-функциональных задач.

Будут применяться методики из теории планирования эксперимента и обработки статических данных [8]. Обработка данных будет производиться в пакете прикладных математических программ (MatLab. SeiLab. SimuLink). Для создания базы данных и ядра программы будут применены языки программирования C#, C++, Assembler, стандартный пакет программ контроллеров Ардуино, а также набор программ компиляторов Tavrasm, Binutils-avr, для перевода исходного кода под микроконтроллер

Для создания устройства управления высевом будут применятся системы автоматизированного проектирования Kompas 3D, KompasЭлектрик и системы эмулирования и проектирования электронных схем и компонентов Proteus, sPlan, ElectroDroid.

В качестве блока управления высевающей аппаратурой будет применятся микроконтроллеры Arduino на базе чипов ATMega с ПЗУ 256 кбайт и тактовой частотой кристала 16 МГц.

Теоретические и экспериментальные исследования: На технологический процесс высева семенного материала постоянно оказывают воздействие различные переменные факторы. В таких условиях необходимо постоянно подбирать оптимальные параметры технологического процесса и контролировать их соблюдение в процессе работы с заданной погрешностью.

В существующих технологиях настройка оптимальных параметров технологии высева происходит в ручном режиме, а контроль оптимальных параметров происходит только после выполнения операции. Это приводит к увеличению трудозатрат при ручной настройки оптимальных параметров технологии высева, перерасходу дорогостоящего семенного материала при несоответствии параметров технологии высева оптимальным параметрам для конкретных условий, к увеличению материалоемкости при создании технических средств, реализующих технологию высева. Для решения данной проблемы необходимо разработать технологию высева семенного материала, которая позволила бы интеллектуально выбирать оптимальные параметры процесса и контролировать их с учетом изменения различных факторов. Для разработки данной технологии необходимо провести теоретические исследования, связанные со сбором и анализом данных о влиянии различных факторов на качество технологии высева. Проведение вычислительного эксперимента и разработка математической модели влияния различных факторов на параметры технологии высева, написание отладочной программы для эмулятора. После этого необходимо в системе автоматизированного проектирования смоделировать рабочую схему системы интеллектуального высева и провести эмулирование процесса функционирования блока управления с дальнейшей корректировкой исходной отладочной программы. Дальнейшая обработка данных полученных из эмулятора позволит создать программное обеспечение для микроконтроллера, выбрать аппаратное обеспечение для реализации системы управления и контроля оптимальных параметров технологии высева, обработки структуры базы данных и заполнения ее исходными данными. Разработка интеллектуальной технической

системы для управления и контроля параметров технологии высева на основе имеющейся элементной базы. Интегрирование данной технической системы в конструкцию самоходной селекционной сеялки, путем замены механической части управления параметрами технологии высева на интеллектуальное управление и размещением элементов данной сеялки в пределах базы самоходного шасси. Проверить работоспособность в лабораторных, а затем полевых условиях. Провести экспериментальные исследования, связанные с проверкой точности высева по спутникам GPS и Глонасс, а так же по лазерным маркерам. Обработать экспериментальные данные и сопоставить их с результатами теоретических исследований Сходимость теоретических закономерностей с результатами полевых испытаний докажет адекватность предложенного метода, модели. Также мы сможем определить оптимальные параметры разработанной интеллектуальной системы при работе селекционной сеялки.

Провести сравнительную оценку экономической эффективности интеллектуальной технология высева семенного материала. Разработать рекомендаций по модернизации селекционной техники с помощью технических средств, реализующих технологию интеллектуального высева семенного материала.

Выводы:

1. Применение технологии интеллектуального высева позволит решить целый ряд комплексных задач: повышение эффективности использование семенного фонда, снижение обшей материалоемкости, энергоемкости, трудозатрат и как следствие повышение эффективности процесса.

2. Использование данной технологии будет способствовать реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сырья и продуктов 2013-2020 гг. в частности в основном мероприятии программы «Развитие элитного семеноводства», в подпрограммах «Развития отрасли растениеводства и переработки н реализации продуктов растениеводства», а также будет соответствовать общему тренду в сельхозмашиностроении – замена кинематических связей информационными.

3. Разработанные принципы технологии интеллектуального высева семенного фонда также могут быть использованы при разработке различных мсхатронных систем для сельскохозяйственной техники.

4. Применение интеллектуальной системы высева позволит добиться высокой точности геометрических параметров селекционных делянок и полей.

Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики Росстат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru, свободный – (01.04.2018).

2. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 -

2020 годы".

3. Formation of quantitative and age structure of tractor park in the conditions of limitation of resources of agricultural production. Shevtsov V., Lavrov A., Izmailov A., Lobachevskii Y. SAE Technical Papers. 2015. doi: 10.4271/2015-26-0147.

4. Лавров А.В. Оптимизация количественно-возрастного состава тракторного парка сельскохозяйственной организации в условиях ограниченности ресурсов: дис… канд. техн. наук. – М.: ГНУ ВИМ. 2013. 271 с.

5. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника. Учебник для вузов.: Высшая школа. 2010. 95 с.

6. Московский М.Н. Синтез системных решений технологического процесса получения семян на основе структурно-функционального моделирования: дис. док. техн. наук. – Ростов-на-Дону, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2017. – 120 с.

7. Ide T., Tsuda K. Change-point detection using Krylov subspace learning // Proceedings of 2007 SIAM International Conference on Data Mining (SDM 07). – Omaha, NE, 2008. P. 515-520.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта // М.: Агропромиздат, – 1985. 320 с.

УДК 631.356

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ПЕРВИЧНОЙ СЕПАРАЦИИ МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И ЛУКА

***Дорохов Алексей Семенович**, член-коор. РАН, доктор технических наук, профессор РАН, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Dorokhov@rgau-msha.ru*

***Сибирёв Алексей Викторович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории машинных технологий в овощеводстве, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, sibirev2011@yandex.ru*

***Аннотация.** В машинной технологии возделывания лука одним из важнейших показателей качества, определяющего длительность его хранения является наличие в закладываемом на хранение ворохе почвенных и растительных примесей. С целью определения величины подачи вороха лука-севка с поверхности подкапывающего лемеха на сепарирующие рабочие органы разработана лабораторная установка и проведены лабораторные исследования.*

***Ключевые слова:** лук, уборка, почвенные комки, подача вороха, фракции вороха, интенсивность сепарации.*

***Abstract**. In the machine technology of onion cultivation, one of the most important quality indicators determining the duration of its storage is the availability*

of a heap of soil and vegetable impurities in storage. In order to determine the amount of heap-on-heap feed from the surface of the digging plow to the separating working elements, a laboratory installation was developed and laboratory studies were carried out.

Keywords: *onions, cleaning, soil lumps, feeding of heaps, heap fraction, separation intensity.*

Введение

Основным сдерживающим фактором большого распространения промышленного производства лука-севка является отсутствие средств механизированной уборки луковиц, отвечающих агротехническим требованиям – полноту сепарации вороха луковиц лука-севка от почвенных примесей [1, 2].

Кроме того, в связи с увеличением урожайности лука-севка, в результате использования в качестве семенного материала высокоурожайных гибридов («Геркулес F1», «Стурон», «Трой F1», «Штур БС 20», «Центурион F1», «Форум F1», «Глобус», «Золотничок»), происходит увеличения массы и количества луковиц лука-севка на одном погонном метре [3-6].

Следовательно, увеличивается подача вороха лука-севка с поверхности подкапывающего лемеха на сепарирующие рабочие органы современных лукоуборочных машин, которые не обеспечивают полноту выделения почвенных примесей при уборке лука-севка в современных условиях производства лука-севка [6].

Цель исследования – определение величины подачи вороха лука-севка с поверхности подкапывающего лемеха на сепарирующие рабочие органы лукоуборочных машин.

Материалы и методы

Для определения величины подачи вороха лука-севка с подкапывающего лемеха на сепарирующие рабочие органы лукоуборочной машины необходимо в лабораторных условиях воссоздать условия, идентичные реальным условиям возделывания лука-севка с целью определения входных показателей. Для исследования величины подачи вороха лука-севка с поверхности подкапывающего лемеха на сепарирующие рабочие органы лукоуборочных машин нами были проведены исследования в условиях Пензенской области в 2016-2017 годах.

Семена лука сорта «Штуттгартер Ризен» высевали на опытном участке. Предшественником для семян лука была капуста, кислотность почв pH 5,6 – 6,7. Агротехника – общепринятая в условиях для возделывания в Пензенской области. Семена лука сорта «Штуттгартер Ризен» высевались по строчно-полосной схеме посева (шестистрочная 45 + 25 см), при которой стыковые междурядья и междурядья для колес трактора равны 50 см, а остальные 40 см.

Выбор данной схемы посева семян лука для возделывания лука-севка обусловлен, возможностью использования машин на уходе и уборки с колеей трактора 140 см (рисунок 1). В период вегетации проводились фенологические

наблюдения и биометрические измерения.

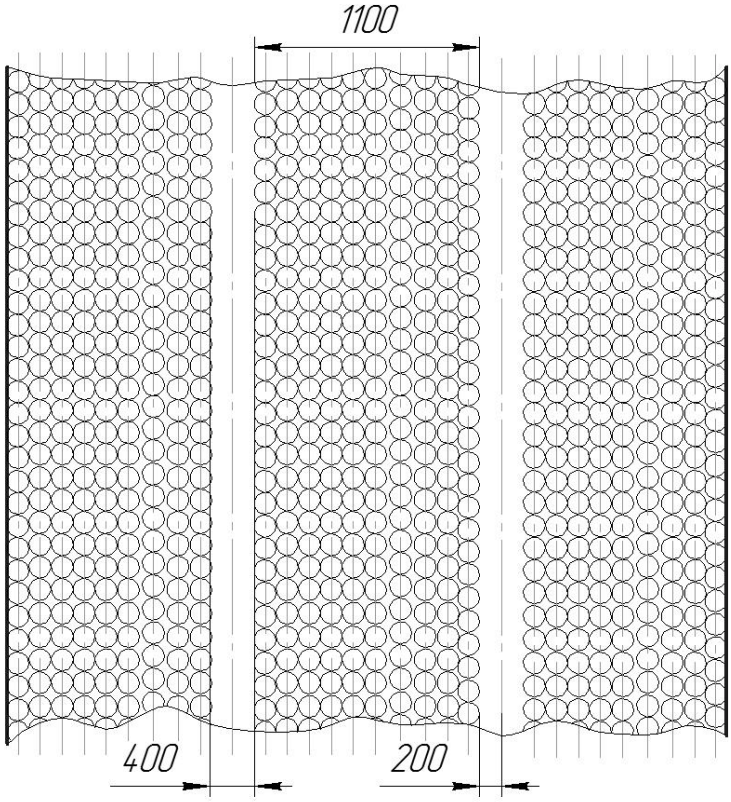


Рис. 1. **Схема посева семян лука сорта «Штутгартер Ризен» при проведении исследований по определению величины подачи вороха лука-севка**

Результаты и обсуждение.

С целью определения величины $Q_{Вл}$ подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех лукоуборочной машины была изготовлена лабораторная установка (рисунок 2), которая представляет собой передвижной почвенный канал, позволяющая проводить исследования качественных показателей работы подкапывающих рабочих органов на различных по физико-механическому составу почвах [7].

Установка представляет собой сварную конструкцию, состоящая из направляющих 1, по которым передвигается приводная тележка 2, установленная на четыре колеса 3 и приводимой в движение электродвигателем 4 с частотным преобразователем 5, через гибкую канатную связь 6.

Подкапывающий лемех 7 и лоток 8 сбора вороха крепится к кронштейну 9, который монтируется на приводную тележку 2. Перемещение приводной тележки 2 по направляющим 1 происходит на стальных роликах 3, диаметром 0,15 м, посредством электрического привода, состоящего из асинхронного электродвигателя 4 и частотного преобразователя 5, позволяющего не только регулировать частоту вращения вала электродвигателя, но также и направление вращения вала.

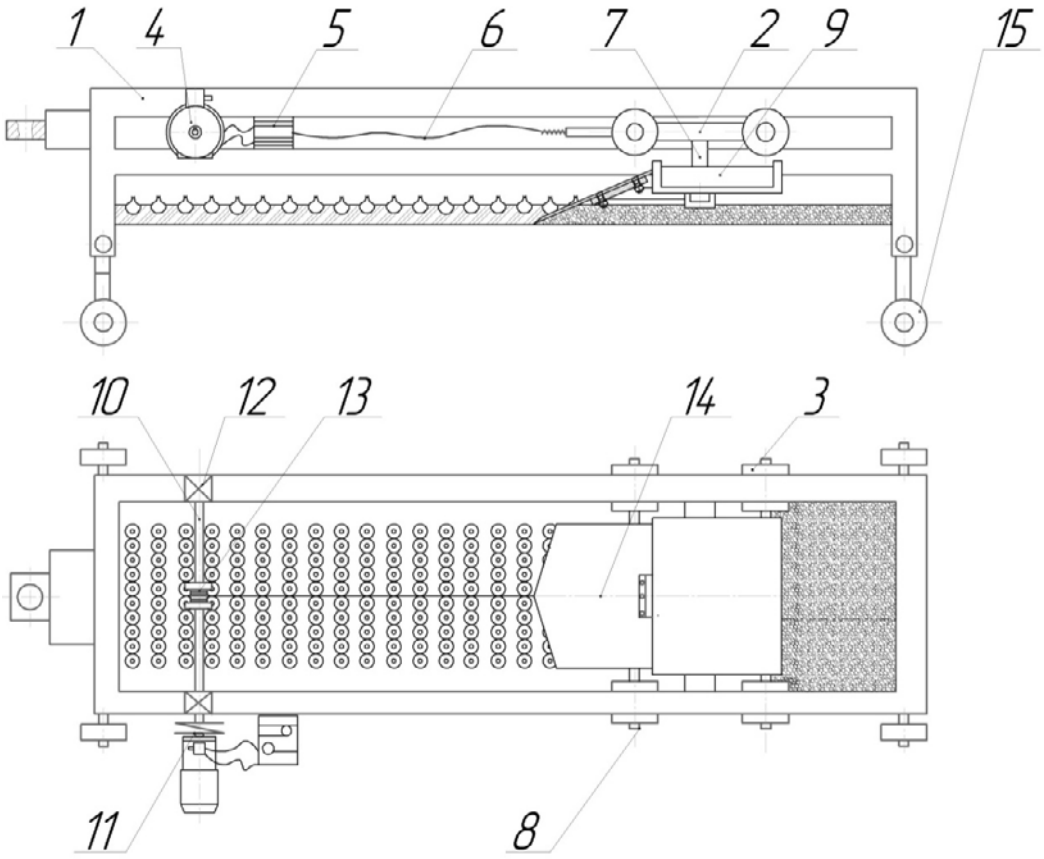


Рис. 2. **Схема лабораторной установки по определению подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех:**

1 – направляющая; 2 – тележка приводная; 3 – ролик стальной; 4 – электродвигатель; 5 – преобразователь частотный; 6 – связь канатная; 7 – стойка крепежная; 8 – ось тележки; 9 – лоток сбора вороха; 10 – вал привода тележки; 11 – муфта предохранительная; 12 – подшипник; 13 – катушка с ребордами ограничительными; 14 – подкапывающий лемех; 15 – опорные колеса.

Методика определения $Q_{Вл}$ величины подачи вороха лука-севка с поверхности подкапывающего лемеха на сепарирующие рабочие органы заключается в следующем. Для учета влажности почвы при проведении исследований проводилось ее определение по известной методике [7]. Для обеспечения требуемой влажности почвы, необходимой для проведения исследований ее увлажняли посредством поверхностного полива, далее выдерживали несколько часов для достижения необходимой влажности в почвенном горизонте, соответствующему глубине подкапывания луковиц.

Опыты проводили при том условии, что влажность почвы соответствовала требуемому значению, в соответствии с планом эксперимента. Передвижной почвенный канал устанавливался на опытную делянку посевов лука-севка (рисунок 3).

Подкапывающий лемех 7 (стандартная ширина захвата 1,2 м) устанавливался на приводную тележку 2 передвижного почвенного канала на глубину $h_л$ подкапывания в диапазоне от 0,02…0,05 м, с интервалом варьирования в 0,01 посредством перемещения крепежной стойки 7 по

приводной тележке 2. Лоток 9 сбора вороха лука-севка соединялся жестко с подкапывающим лемехом. Затем приводили в движение тележку 2, поступательная скорость движения которой изменялась с шагом 0,2 м/с от минимального значения, равного 0,4 м/с до предельного значения, соответствующая значению 1,8 м/с [7, 8].

Рис. 3. **Общий вид лабораторной установки по определению подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех:**

1 – направляющая; 2 – тележка приводная; 3 – ролик стальной; 4 – электродвигатель; 5 – преобразователь частотный; 6 – связь канатная; 7 – стойка крепежная; 8 – ось тележки; 9 – лоток сбора вороха; 10 – вал привода тележки; 11 – муфта предохранительная; 12 – подшипник; 13 – катушка с ребордами ограничительными; 14 – подкапывающий лемех; 15 – фильтр сетевой.

После прохождения приводной тележкой 2 опытной делянки, производился забор луко-почвенного вороха из лотка 9 с последующим взвешиванием на электронных весах модели МК – 15.2 – А21. Величину подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех 7, при установленных ранее технологических параметрах определяли по формуле:

$$Q_{Вп} = \frac{m \cdot v_Л}{L}, \qquad (1)$$

где m – масса луко-почвенного вороха в лотке, кг;

$v_Л$ – поступательная скорость движения приводной тележки, м/с;

L – длина подкапывающего лемеха, м.

Рабочую скорость движения тележки определяли по длине учетной делянки (4 м) с учетом времени ее прохождения:

$$v_Л = \frac{S_{тел}}{t_{тел}}, \qquad (2)$$

где $S_{тел}$ – путь, пройденный тележкой, м;

$t_{тел}$ – время прохождения пути, с.

Выводы

Разработанная лабораторная установка позволила определить величину подачи вороха лука-севка с поверхности подкапывающих на сепарирующие рабочие органы лукоуборочных машин, что является лимитирующим фактором при проектировании сепарирующих рабочих органов уборочных машин.

Бибилографический список

1. Лобачевский Я.П., Емельянов П.А., Аксенов А.Г., Сибирев А.В. Машинная технология производства лука: Монография. – Москва ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. 2016. 168 с.
2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 6. С. 6-10.
3. Аксенов А.Г., Сибирёв А.В. Исследование размерно-массовых характеристик сорта лука-севка гибрида «Геркулес F1» // Вестник Казанского ГАУ. 2016. № 2 (40). С. 5-9.
4. Хвостов В.А., Рейнгарт Э.С. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет) – М.: 1995. 391 с.
5. Сорокин А.А. Теория и расчет картофелеуборочных машин: Монография. – М.: ВИМ. 2006. 158 с.
6. Сибирёв А.В. Теоретическое определение величины подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех // Аграрный научный журнал. 2017. № 5. С. 75-78.
7. Сибирёв А.В., Аксенов А.Г. Методика определения подачи вороха лука-севка на подкапывающий лемех // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве – международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию А.П. Тарасенко. – Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». 2017. С. 246-249.
8. Галлямов Ф.Н. Разработка и оптимизация параметров устройства регулирования глубины хода подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин: дисс. ... канд. техн. наук – Оренбург. 2004. 158 с.

УДК 629.017

К ВОПРОСУ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

***Щиголев Сергей Викторович**, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, sergeysch127@mail.ru*

***Ломакин Сергей Герасимович**, кандидат технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, irina17-12-69@mail.ru*

***Аннотация**. Рассмотрены особенности определения угла поперечной статической устойчивости сельскохозяйственных машин, оборудованных балансирной подвеской моста управляемых колес.*

Ключевые слова: *поперечная устойчивость, деформация шины, балансирная подвеска.*

Abstract*. The features of determining the angle of transverse static stability agricultural machines equipped with a balanced suspension of the steerable wheels axle are considered.*

Key words: *transverse stability, tire deformation, balanced suspension*

При оценке безопасности самоходных сельскохозяйственных машин государственными стандартами ГОСТ 28301-2007 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний», ГОСТ Р 54783-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения», ГОСТ Р 54784-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки технических параметров» предписано проводить определение угла поперечной статической устойчивости.

В соответствие с ГОСТ 12.2.019-2005 «Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности» величина угла поперечной статической устойчивости должна быть не менее 35° - для тракторов тяговых классов 0,9 и более (за исключением хлопководческих) при транспортной комплектации и колее; 30° – для остальных машин. При этом для хлопководческих тракторов, малогабаритных машин семеноводства и селекции, самоходных зерно-, кормо-, льноуборочных комбайнов величина угла поперечной устойчивости не оговаривается и должна соответствовать техническим условиям на конкретную модель.

Методика определения угла поперечной статической устойчивости рассмотрена ГОСТ 12.2.002-91 «Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности» и предусматривает выполнение испытаний машины на поворотной платформе.

Машина при этом должна быть полностью заправлена горюче-смазочными и охлаждающими жидкостями, ширина колеи и давление в шинах должны соответствовать технической документации, технологические бункеры должны быть полностью загружены технологическим материалом.

С 01.07.2017 вступил в действие ГОСТ 33691-2015 «Испытания сельскохозяйственной техники. Метод определения угла поперечной статической устойчивости». В нем предлагается использовать экспериментально-аналитических метод определения угла поперечной статической устойчивости. В начале опытным путем предлагается определить координаты центра тяжести машины, а затем использовать их для расчета величины искомого угла. В качестве оси опрокидывания принимается линия, проходящая через пятна контакта колес с опорной поверхностью.

Однако, в работе А.М. Петренко [1] отмечается, что опрокидывание машины по предлагаемой схеме, возможно только при одинаковой колее

передних и задних колес, жесткой подвеске моста управляемых колес к раме и без учета деформации упругих элементов подвески и шин.

Если упругие элементы в подвеске сельскохозяйственных машин часто отсутствуют, то мост управляемых колес в значительном количестве случаев крепится к корпусу (раме, остову) шарнирно (подвеска балансирного типа на тракторах, кормо- и зерноуборочных комбайнах), а шины имеют такие параметры, которые допускают их значительную деформацию. Кроме этого, при эксплуатации сельскохозяйственных машин, на их устойчивость оказывает влияние деформирование грунта под колесами.

В общем виде, зависимость для определения угла поперечной статической устойчивости ($\alpha_{пред}$) машин с балансирной подвеской моста управляемых колес можно записать в следующем виде:

$$\alpha_{пред} = \alpha_{0пред} - \Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2 - \Delta\alpha_3 - \Delta\alpha_4,$$

где $\alpha_{0пред}$ – угол поперечной статической устойчивости машины, с учетом влияния балансирной подвески моста управляемых колес на жестких и узких колесах и недеформированном основании;

$\Delta\alpha_1$ – уменьшение значения угла $\alpha_{0пред}$ с учетом того, что масса моста управляемых колес не участвует в процессе потери устойчивости на первом этапе опрокидывания;

$\Delta\alpha_2$ – уменьшение значения угла $\alpha_{0пред}$ в результате нормальной деформации шин;

$\Delta\alpha_3$ – уменьшение значения угла $\alpha_{0пред}$ в результате боковой деформации шин;

$\Delta\alpha_4$ – уменьшение значения угла $\alpha_{0пред}$ в результате деформации грунта под колесами машины.

Как указано в работах [2-5], при определении угла поперечной статической устойчивости для машин с балансирной подвеской моста управляемых колес должна быть изменена расчетная схема. Она должна учитывать, что изначально, опрокидывание таких машин происходит относительно линии, соединяющей пятно контакта ведущего колеса, расположенного ниже по склону, и проекцию шарнира качания моста управляемых колес на опорную поверхность.

Здесь же указывается, что процесс опрокидывания протекает так лишь на начальном этапе процесса потери устойчивости, и после отклонения остова машины на угол качания балки моста управляемых колес, ось опрокидывания изменит свое положение и переместиться на линию, проходящую через пятна контакта колес, находящихся ниже по склону.

На основании расчетов, выполненных с учетом влияния балансирной подвески [3], сделали вывод о том, что ее применение может снизить значение угла поперечной устойчивости на значительную величину (для зерноуборочных комбайнов в транспортной комплектации на 20…40% от величины, определенной по ГОСТ 33691-2015).

В статье [5] указано на то, что при рассмотрении процесса поперечного

опрокидывания машин с балансирной подвеской моста управляемых колес, необходимо внести корректировку в методику определения координат ЦТ машины, а именно, исключить из расчета массу моста управляемых колес. Это связано с тем, что машина лишь опирается на шарнир качания моста и при опрокидывании вся рама проворачивается относительно него, а масса (или сила тяжести) моста управляемых колес не участвует в процессе поперечного опрокидывания.

Масса моста управляемых колес на зерноуборочных комбайнах составляет 3…7% от их конструктивной массы, для тракторов это значение несколько выше, особенно если управляемые колеса являются ведущими. В связи с этим, исключение массы моста управляемых колес из расчета приводит к увеличению вертикальной координаты центра тяжести, что уменьшает значение угла поперечной устойчивости.

Определенное влияние на величину угла поперечной статической устойчивости оказывает деформация шин [6]. В связи с тем, что при поперечном крене нагрузка между колесами мостов перераспределяется [7], происходит изменение нормального и бокового прогиба шин. При предельном угле крена, шина ведущего колеса, расположенного ниже по склону, нагружается всем весом, приходящимся на этот мост. Нагрузка на противоположное колесо, а значит и его деформация, уменьшаются до нуля.

По методике, предложенной в [7] рассчитали, что для трактора МТЗ-80 при угле крена, близком к предельному (37,6° при ширине колеи 1530 мм), нагрузка на ведущее колесо, расположенное ниже по склону, составляет около 20 кН. При этом нормальная нагрузка составляет 16 кН, а осевая – 12,5.

Нормальный прогиб шины ведущего колеса (15R38) при нагрузке 16 кН составляет 40…65 мм (давление 0,18…0,10 МПа), что вызывает дополнительный крен 1,6…2,4°.

Боковой прогиб этой же шины при 12,5 кН осевой нагрузки составит 55…90 мм (давление 0,18…0,10 МПа), что, вследствие изменения эффективной колеи, вызывает уменьшение угла устойчивости на 2,3…3,8°.

Таким образом, деформация шины может снизить величину угла поперечной устойчивости трактора МТЗ-80 на 3,9…6,2° в зависимости от давления воздуха в шине, что составляет 10…16% от расчетной величины.

Для определения влияния деформации почвы на поперечную устойчивость машины, по методике, предложенной в [8] определили глубину колеи в результате воздействия колес на почву. Для трактора МТЗ-80 при нагрузке на колесо около 20 кН расчетная глубина колеи составляет на суглинке 65…100 мм, на супеси 125…135 мм. В результате машина получает дополнительный крен 2,4…3,7˚ и 4,7…5,0° соответственно. Кроме этого, в работе Хитрова Е.Г. [9] указано, что с увеличением угла наклона поверхности почвы до 30° глубина колеи увеличивается от ее значения на горизонтальной поверхности до 40 % при неизменной нагрузке на колесо. Изменение глубины колеи объясняется тем, что несущая способность почвогрунта, при действии колеса на наклонной поверхности, вследствие появления сдвиговых

напряжений в поперечной плоскости снижается на величину до 25% .

Также рассмотрели влияние описанных выше факторов на угол поперечной статической устойчивости нескольких зерноуборочных комбайнов, оборудованных шинами 30,5L32. Полученные данные представили в виде таблицы 1.

Таблица 1

Влияние особенностей ходовой части на угол поперечной статической устойчивости комбайна

	Acros	Torum	GS-12
Масса эксплуатационная, кг	14000	17300	16600
Нагрузка на ведущий мост, кН	77	95	86
Угол $\alpha_{пред}$ (расчетное по ГОСТ)	34,5	34,2	36,3
Угол $\alpha_{0пред}$ (расчетное, с учетом влияния балансирной подвески моста управляемых колес)	24,9	25,2	25,3
Нормальная нагрузка при $\alpha_{пред}$, кН	70	86	78
Осевая нагрузка при $\alpha_{пред}$, кН	32	41	37
Нормальные прогиб шины, мм	114	122	138
Крен от нормального прогиба, °	2,1	2,4	2,7
Боковой прогиб при 0,16 МПа	91	137	116
Уменьшение угла от бокового прогиба, °	1,4	2,2	1,9

При нагрузке на колесо около 70…90 кН глубина колеи под шиной 30,5L32 может составить около 130…160 мм на суглинке и 180…230 мм на супесчаной почве. Это вызовет дополнительный крен машины до 3…4,4˚, а с учетом снижения несущей способности грунта, величина крена может составить 4…6°.

Таким образом, из полученных данных, делаем вывод о том, что пренебрегая влиянием подвески моста управляемых колес и деформацией шин на поперечную устойчивость машин, получают заведомо высокие отклонения рассчитанного значения угла поперечной устойчивости от действительного значения, получаемого опытным путем. Кроме этого, при эксплуатации машины следует учитывать влияние деформации грунта на устойчивость.

Библиографический список

1. Петренко А.М. Устойчивость специальных транспортных средств: учебное пособие. М. МАДИ. 2013. 41 с.

2. Ломакин С.Г., Щиголев С.В. К аналитической оценке поперечной устойчивости колесных самоходных сельскохозяйственных машин // Основные направления развития техники и технологии в АПК: Материалы и доклады VII Всероссийской научно-практической конференции. Княгинино: НГИЭУ. 2016. С. 266-268.

3. Ломакин С.Г., Щиголев С.В. К оценке поперечной устойчивости колесных самоходных сельскохозяйственных машин // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2016. № 4 (74). С. 28-33.

4. Плиев С.Х. Разработка научно обоснованных рекомендаций по обеспечению устойчивости колесных тракторов // Известия Горского государственного аграрного университета. 2012. Т. 49. № 3. С. 262-275.

5. Рехлицкий О.В., Чупрынин Ю.В. Рациональное распределение массы по опорам самоходного кормоуборочного комбайна // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого. 2013. № 4. С.49-57

6. Щиголев С.В., Ломакин С.Г. Влияние деформации шин на поперечную статическую устойчивость зерноуборочного комбайна // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2017. № 5 (81). С. 22-28.

7. Щиголев С.В., Ломакин С.Г. Определение нагрузок на колеса зерноуборочного комбайна, находящегося на поперечном склоне // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2017. № 3 (79). С. 24-30.

8. Савочкин В.А. Тяговая динамика колесного трактора: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение». М.: МГТУ «МАМИ». 2005. 97 с.

9. Хитров Е.Г., Бартенев И.М. Расчет глубины колеи колесного движителя лесных тракторов на склонах // Лесотехнический журнал. 2016. №4 (24). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-glubiny-kolei-kolesnogo-dvizhitelya-lesnyh-traktorov-na-sklonah (дата обращения: 01.03.2018).

УДК 631.33

УНИВЕРСАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

***Ахалая Бадри Хутаевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела обработки почвы, рекультивации и мелиорации земель, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, boris.novikov2012@yandex.ru*

***Шогенов Юрий Хасанович**, доктор технических наук, заведующий сектором механизации, электрификации и автоматизации Отделения сельскохозяйственных наук РАН, yh1961s@yandex.ru*

***Аннотация**. Представлена конструкция универсального пневматического высевающего аппарата, работающая на избыточно давлении воздушного потока, в которой изменения некоторых конструктивных элементов позволяют получить различные схемы и нормы высева семян.*

Ключевые слова: *высевающий аппарат, воздушное сопло, диск, ячейка.*

Abstract.*The design of the pneumatic seeding machine working at an excessive pressure of the air flow is presented, in which the changes made in some structural elements allow to obtain different schemes and norms of seeding.*

Keywords*:seeding machine, air nozzle, disk, cell.*

Как известно, в процессе высева семян должно обеспечиваться равномерное распределение семян в ряду и размещения их на установочную глубину высева со свободным доступом к ним влаги и воздуха. При этом семена должны размещаться на уплотненное ложе и прикрываться рыхлой почвой. Успешно выполнять все эти агротехнические условия помогают пневматические сеялки, предназначенные для посева семян сельскохозяйственных культур различными способами посева.

В Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ создаются сеялки с оригинальной конструкцией высевающих аппаратов с применением новых дозирующих пневматических систем, способствующих получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур и дающих возможность чередовать разные способы посева (например, пунктирного и совмещенного). При совмещенном посеве нескольких культур улучшается экология, за счет сокращения количества проходов агрегата. При этом почва уплотняется значительно меньше, уменьшаются затраты на горюче-смазочные материалы с экономией посевных площадей до 40%, снижается количество вредных выбросов [1].

В процессе ознакомления с различными конструкциями пневматических высевающих аппаратов были рассмотрены устройства, включающих бункер для семян, высевающий диск со сквозными отверстиями и сопло для подвода воздуха к ячейкам, высевающий диск снабженный кольцом, сопряженным с его внутренней поверхностью, которое установлено с возможностью продольного перемещения относительно оси вращения диска. Кольцо выполнено в виде цилиндра, по длине образующей которого расположено несколько рядов сквозных ячеек.

Недостатками таких высевающих устройств являются то, что во время работы аппарата может произойти так, что воздушным потоком из ячейки будут удалены все семена, при котором появляются пропуски в ряду, что приводит к потерям урожая, что является недопустимым.

У другой группы высевающих пневматических аппаратов [2, 3], включающих семенной бункер, вертикально расположенный высевающий диск со сквозными коническими ячейками, размещенными с равномерным шагом, воздушное сопло для удаления излишнего посевного материала из конической ячейки и устройство для выталкивания застрявших семян из ячеек наблюдаются следующие недостатки:

а) для изменения шага посева необходимо менять высевающие диски с

различным количеством ячеек;

б) нестабильно работает дозирующее устройство с низким уровнем надежности.

Целью настоящей работы является универсализация конструкции и повышение эксплуатационной надежности пневматического высевающего аппарата.

Разработанный пневматический высевающий аппарат [3-5], который представлен на рисунке 1, содержит семенной бункер 1, вертикально на оси 2.

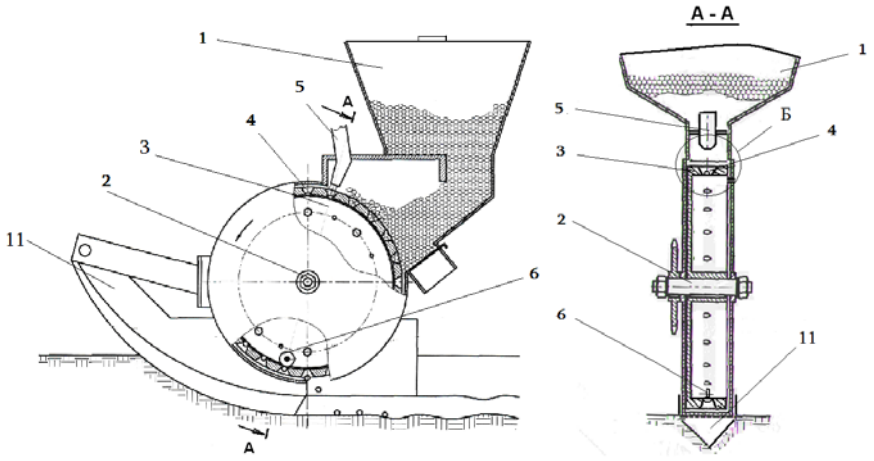


Рис. 1. **Пневматический высевающий аппарат**

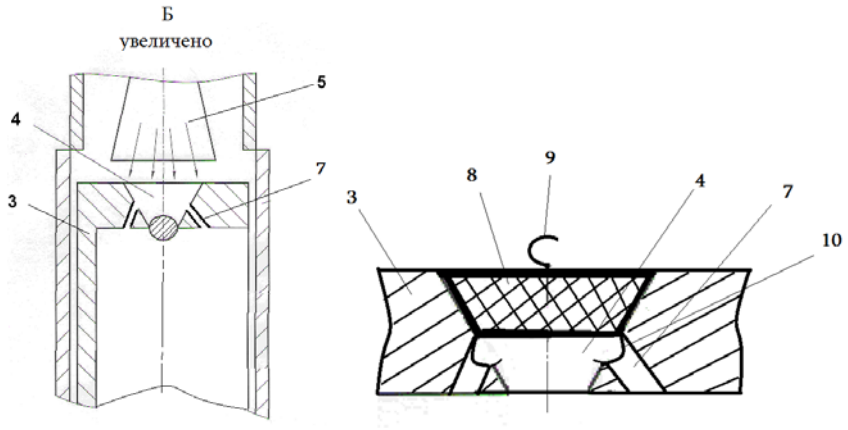
расположенный высевающий диск 3 со сквозными коническими ячейками 4, воздушное сопло 5 для удаления излишнего посевного материала из конической ячейки 4 и устройство 6 для выталкивания застрявших семян из ячеек 4. На боковой поверхности конической ячейки 4 высевающего диска 3 с углом наклона к оси 2 диска 3 в 60…65°, друг против друга на глубине 2/3 выполнены две сквозные прорези 7 под острым углом к основанию ячейки 4. Ячейка 4 снабжена эластичной конической заглушкой 8 с крючком извлечения 9 и двумя подпружиненными лапами 10 крепления в прорезях 7, при этом ширина прорезей 7, по крайней мере, не меньше диаметра пружины.

Экспериментальным путем установлено, что угол наклона боковой поверхности к оси 2 диска 3 в пределах 60…65° является оптимальным для процессов загрузки и удаления из ячейки семян, поскольку, если угол будет меньше, то увеличится верхний диаметр конической ячейки, это приведет к сокращению их числа и увеличению ширины диска, что не является целесообразным, а если больше, то затруднится процесс удаления лишних семян воздушным потоком.

Наличие у ячейки эластичной, конической заглушки (рисунок 2), например, из поливинилхлорида, с крючком извлечения и двумя подпружиненными лапами крепления, расположенными в сквозных прорезях, позволяет высевающему аппарату менять схему посева без замены дисков. При этом ширина прорезей составляет, по крайней мере, не меньше диаметра

пружины.

Прорези на боковой поверхности ячейки высевающего диска друг против друга на глубине 2/3 ее глубины выполняют следующие 2 важные функции: во-первых, обеспечивают надежное прижатие одного семени ко дну ячейки и удержание его в ней; во-вторых, с помощью прорезей эластическая заглушка подпружиненными лапками удерживается в конической ячейке.



а) б)

Рис. 2. **а) – узел Б, б) – ячейка с эластичной заглушкой**

Пневматический высевающий аппарат работает следующим образом.

Во время работы высевающего аппарата семена из семенного бункера, самотеком попадают в сквозные конические ячейки высевающего диска. Вращающий высевающий диск подводит конические ячейки, заполненные семенами, к воздушному соплу, воздушный поток которого направлен на конические ячейки. Одна часть воздушного потока прижимает одно семя ко дну ячейки, а вторая, проходя сквозь боковые прорези, омывает семя потоком воздуха, тем самым создает гарантированные условия прижатия одного семени ко дну ячейки, а остальные выдувает.

Высевающий диск, вращаясь на оси, с застрявшим в ячейке семенем, встречается с выталкивателем семян, удаляет его из ячейки и направляется на дно борозды, открытое сошником.

Применение усовершенствованного устройства пневматического высевающего аппарата позволяет упростить конструкцию и повысить его эксплуатационную надежность. Использование новых элементов в конструкции в виде сквозных боковых прорезей и заглушек позволяет менять схему и норму посева, универсализировать процесс без дополнительных высевающих дисков.

Библиографический список

1. Измайлов А.Ю., Шогенов Ю.Х. Интенсивные машинные технологии и техника нового поколения для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2017. № 7(241). С.2-6.

2. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х. Влияние турбулентного воздушного потока на качество высева семян // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 54-57.

3. Ахалая Б.Х. Модернизация пневматической сеялки // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 1. С.35-36.

4. Пат. №169681 РФ. Высевающий аппарат / Ахалая Б.Х., Царькова Т.В., Рухая З.И., Солдаткин А.К., Грызунов С.В. // Бюл., 2017. №10.

5. Пат. №167694 РФ. Устройство для высева семян / Ахалая Б.Х., Шогенов А.Ю., Уянаев Ю.Х., Солдаткин А. К., Грызунов С.В. // Бюл., 2017. №1.

УДК 631.1

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА В ХМЕЛЕВОДСТВЕ

***Каратаева Оксана Григорьевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры организация производства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, okarataeva@rgau-msha.ru*

***Аннотация**: В статье рассмотрены вопросы технологий в хмелеводстве. Дана характеристика потерь при производстве хмелеводства (биологические, технологические и технические). Ресурсосбережение в хмелеводство – это одно из важнейших направлений в структурной перестройке методов ведения сельхозпроизводства предусматривающих переход производства от ресурсо-затратного (экстенсивного) к ресурсосберегающему развитию.*

***Ключевые слова**: хмель, переработка хмеля, народное хозяйство, гранулирование хмеля.*

***Abstract:** the article deals with the issues of technologies in hop growing. The characteristic of losses in the production of hop (biological, technological and technical). Resource saving in hop-is one of the most important areas in the restructuring of methods of agricultural production providing for the transition of production from resource-intensive (extensive) to resource-saving development.*

***Keywords:** hops, processing of hops, national economy, granulation of hops.*

Хмелеводство – малообъемная отрасль сельскохозяйственного производства. Мировое производство хмеля в последние годы составило 88 тыс. тонн, при средней урожайности 18 ц/га занимаемой площади 54 тыс. гектар.

По сравнению с другими отраслями хмелеводство отличается гораздо большей специфичностью, требует больших материальных и трудовых затрат,

традиций и опыта возделывания, сложных и дорогостоящих сооружений, средств механизации, не применяемых на других культурах.

На сегодня в России практически отсутствуют хмелеуборочно-сушильные комплексы – основа промышленного товарного хмелеводства. Эти проблемы и определили цель и задачи исследования.

Таким образом, ресурсосбережение в хмелеводстве подразумевает эффективное использование имеющихся ресурсов и привлечение дополнительных материальных ресурсов.

Под биологическими потерями понимаются потери, которые связаны с биологическими особенностями (это сорт и клоны сортов) хмеля и его качественных параметров (содержания альфы-кислоты и горьких веществ).

Отличительной особенностью развития отрасли на мировом уровне является рост урожайности хмеля с 1 га и увеличение содержания альфа-кислоты. Средняя урожайность хмеля в мире за рассматриваемые 10 лет выросла с 14,3 ц до 17,5 ц с 1 га, или на 22,4%. Основной показатель качества продукции отрасли – содержание альфа-кислоты в 2016 г. – составляет 8,7% против 6,7%.

Международная ассоциация хмелеводов, занимающихся проблемой выращивания хмеля в мировом масштабе, предлагает создать такие условия, чтобы предложения хмеля соответствовало спросу.

В связи с увеличением производства хмеля встал вопрос о его качестве. На мировом рынке за стандарт принят чехословацкий хмель, обладающий особыми свойствами, придающий пиву приятную горечь и вкус. В связи с тем, что в пивоваренной промышленности отдается предпочтение хмелю с высоким содержанием альфа-кислот, в хмелепроизводящих странах стали заменять старые сорта новыми. В последние годы установилась точка зрения, что единым показателем качества хмеля является содержание альфа-кислот.

Оценка хмеля в соответствии с содержанием альфа-кислот привела к стремлению считать мерой качества объективные химические оценки, которые зависят от морфологических составляющих хмеля.

Чехословацкий хмель определяет уровень цен на мировом рынке. По качеству к нему приближаются сорта Германии и Югославии.

Технологические потери по нашему мнению – это потери, которые связаны с неэффективной организации производства. Организация производства сельскохозяйственной продукции связана с технологией ее производства. Процесс производства основывается на определенной технологии, в соответствии с которой происходит трансформация ресурсов в продукцию Технология – комплекс организационных мер, операций и приемов, направленных на изготовление, обслуживание, ремонт и/или эксплуатацию изделия с номинальным качеством и оптимальными затратами, и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом. На объем производства хмеля, качество готовой продукции, влияет технология производства и последовательность технологических операций, как производства, так и переработки хмеля.

По нашему мнению, инновации в хмелеводстве – это вложение средств в

новую технику, технологию на основе специализации и концентрации производства, новые формы организации управления, усовершенствования материально-технической базы. Следовательно, ресурсосберегающая технология производства хмеля предполагает применения современных научных методов моделирования и оптимизации сложных производственных процессов с учетом требований высокой производительности и ресурсосбережения. Для повышения эффективности технологии и уменьшения потерь по производству и первичной переработки хмеля необходимо еще на этапе возделывания и уборки хмеля обеспечить осуществление мероприятий по получению более качественной продукции.

Технические потери – это потери эффективного использования техники, которые заключаются в качественной модернизацией производства при применении ресурсосберегающих и интенсивных технологий производства с применением высокопроизводительной техники, которая обеспечит более высокую продуктивность, рост производительности труда и своевременный сор урожая. Что касается производство хмеля, то в процессе производства необходимо применять современные отечественные разработки.

В 2018 году на заводе «Текстильмаш» в Чебоксарах создана первая стационарная хмелеуборочная машина, которая работает не в поле, а на производстве. На сегодня это единственная машина в мире работающая по принципе горизонтального очеса.

Еще одно преимущество этой техники – ее компактность и мобильность. Всего за двое суток машину можно разобрать и переместить в другое место. С зарубежной техникой этого сделать невозможно – как правило, она стационарная. Новый комбайн должен помочь возродить хмелеводство в стране. Пока все надежды на нашу республику. В свое время 90% всего российского хмеля производилось в Чувашии. Только у нас сохранилась технология выращивания «зеленого золота» и огромная коллекция сортов – больше 200. Но самое главное – еще остались специалисты, которые до сегодняшнего дня закупали технику в Европе [1-3].

Современный машинно-технологический уклад сельскохозяйственного производства приносит потери национальной экономике в виде упущенного дохода (недополученной продукции). Для сельского хозяйства потери продукции оцениваются на уровне около 10% от объема произведенного продукта.

Основная причина потерь – технологическое несовершенство сельскохозяйственного производства. Потери отрасли в связи с отсталостью производства можно объединить в три основные группы: биологические – 25-30%, технологические – 40-45, технические – 30-35%. Величина перечисленных потерь значительно зависит от экономических, кадровых и организационных факторов, ландшафтных параметров и почвенно-климатических характеристик зон производства, которые являются их составляющими. Наибольшие потери несут сельхозпроизводители от несовершенства технологий, технологической и технической базы хозяйств.

Практика и мировой опыт показали, что технологический фактор

высокопроизводительного, ресурсосберегающего производства – наиболее эффективный ресурс роста экономики производства путем повышения продуктивности растениеводства и животноводства и качества продукции. Неиспользование этого ресурса ведет к большому недополучению продукции [4-6].

Поэтому вполне очевиден вектор развития отечественного сельского хозяйства – ресурсосбережение, сокращение потерь и повышение энергоэффективности Производства продукции для удовлетворения растущих потребностей страны в продовольствии и сырье, что связано с глубокой технической и технологической модернизацией сельского хозяйства. Следовательно ресурсосбережение в хмелеводство – это одно из важнейших направлений в структурной перестройке методов ведения сельхозпроизводства предусматривающих переход производства от ресурсо-затратного (экстенсивного) к ресурсосберегающему развитию, от количественных факторов роста качества дающего наибольшую производительность. Для этого необходима перестройка всех сторон производства и всего хозяйственного механизма на основе инновационного механизма.

Библиографический список

1. Каратаева О.Г. Перспективы развития отрасли хмелеводства чувашской республики // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2009. № 8-1 (39). С. 78-80.

2. Каратаева О.Г. Оценка современного состояния хмелеводства по основным экономическим показателям // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2008. № 5-1 (30). С. 61-64.

3. Каратаева О.Г. Инновации и научно-технический прогресс в агропромышленном комплексе России // Бизнес и дизайн ревю. 2017. Т. 1. № 1 (5). С. 3.

4. Официальный сайт ООО «Агроресурсы» http://agrores.ru/

5. Каратаева О.Г. Особенности и основные направления интенсификации производства хмеля // В сборнике: аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития апк россии Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. 2017. С. 62-65.

6. Каратаева О.Г., Каратаев Г.С., Пуляев Н.Н. Направления модернизации инженерно-технической системы АПК // Международный технико-экономический журнал. М.: ООО «Спектр». 2018. № 4. С. 6.

УДК 631.363

БЮДЖЕТНЫЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЖИВОТНЫХ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ КОСИЛОЧНЫХ АГРЕГАТОВ

***František Kumhála**, prof. Dr. Ing. доцент, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, Чешский аграрный университет в Праге, Технический факультет, kumhala@tf.czu.cz*
***Vadym Shapoval**, инженер сельскохозяйственных машин, Чешский аграрный университет в Праге, Технический факультет, shapoval@tf.czu.cz*

***Аннотация**. Защита диких животных от увечий или убийства во время сенокоса все еще является серьезной проблемой, связанной с высокими рабочими скоростями и рабочей шириной современных косилочных агрегатов. Вот почему основная цель этого исследования состояла в том, чтобы оттестировать недорогой, высокоскоростной и низкошумный инфракрасный сенсор Melexis MLX90621 для обнаружения животных для возможности использования перед косилочным оборудованием. Были проведены испытания с двумя различными растительными культурами, с или без скрытой собаки за растением. Результаты показали, что датчик способен обнаруживать животное, спрятанное в культуре с очень высокой вероятностью. Тем не менее, условия прямого солнечного света могут вызвать проблемы при использовании инфракрасного датчика. На этой основе рекомендуемо использование инфракрасного датчика в комбинации с датчиками работающими на ином принципе.*

***Ключевые слова:** сенокошение, защита диких животных, инфракрасный датчик.*

***Abstract**. The protection of wild animals from mutilation or being killed during haymaking is still a serious problem connected with high working speeds and widths of modern harvesting machines. That is why the main aim of this study was to test low-cost, high-speed and low-noise infrared array sensor Melexis MLX90621 for the application of wildlife detection with the potential to be used in front of the mower equipment. The tests with two different crops with or without a hidden dog were made. Results showed that the sensor is able to detect an animal hidden in the crop with very high probability. Nevertheless, direct sunlight conditions can cause the problems when using infrared technology. A simultaneous use of other sensors working on different principle than infrared technology can be thus recommended.*

***Keywords**: haymaking, wild animals' protection, infrared array sensor.*

В случае диких животных, их защита решается только в общих чертах без положительного воздействия на благосостояние животных. Ярким примером такого насилия и пренебрежения правилами правильного земледелия являются

первый весенний сенокос. Особенно для новорожденных косуль, вероятно, это самая из важнейших причин их смертности. Согласно Jarnemo [1], на юге-центральной части Швеции в 1997-1999 гг. смертность вызванная сенокошением, оценивалось в 25-44% от ежегодной рождаемости косуль. Это вызвано с их естественный инстинктом оставаться лежащим низко и спрятанными в растительности при риске, что увеличивает риск их гибели или ранений сельскохозяйственной техникой.

Время нашего испытания был солнечный день с максимальной температурой 18 °C. Основная цель этого эксперимента заключалась в обнаружении животного, спрятанного в растительности. Для этих целей использовался инфракрасный датчик от Melexis Co. (Бельгия), тип MLX90621. Это относительно быстрый и недорогой датчик с ценой около 100 евро. Основные параметры датчика Melexis: разрешение 4×16, поле зрения 60°×15°, регулируемая частота 0,5-512 Гц.

Собака баварской породы была выбрана в качестве экспериментального животного для этого испытания. Исследование было проведено с двумя типами растительных культур. Первый образец растительности состоял в основном из молодых побегов Жимолости (Lonicera). Второй образец состоял из в основном из растения Пырей ползучий (Elytrigia repens).

Основное устройство оборудования для этих эксперименты были следующими. Рама с линейным приводом была размещена над растительностью. На этой раме с помощью линеарного привода передвигался инфракрасный датчик со скоростью 0,05 м/с на каждую сторону, что обеспечило постепенное сканирование области под рамой. Датчик перемещался на высоте 1 м над поверхностью и сканировал поверхность размером 1,2×1,5 м. Инфракрасный датчик был подключен USB-кабелем к компьютеру для сохранения полученных данных. На обоих типах растений были проведены четыре измерения – два с собакой и два без (всего восемь измерений). Частота на датчике была установлена на 30 Гц.

Изображения с собакой, спрятанной под растительностью, сравнивались с изображениями без собаки с целью оценки функции инфракрасного датчика. Каждое измерение длилось десять секунд соответствующих пройденному расстоянию датчиком до 0,5 м. Движение осуществлялось линейным приводом. В общем, было оценено 300 изображений из каждого измерения. Два параметра были просчитаны из каждого снимка: средняя температура и средняя температура из четырех самых высоких показателей температуры (каждое изображение было составлено из 64 значений температуры, измеренных инфракрасным датчиком). Затем данные значения были использованы для анализа данных из-за низкого разрешения датчика. Оценка данных была выполнена с использованием языка программирования Python, версии 2.7.

Сравнение результатов статистических измерений отдельных измерений показано на рисунке. Числа 1 – 4 указывают номер измерения, а буквы указывают было ли проведено измерение с помощью скрытой собаки (A) или без собаки (B). Как видно на рисунке различия между эксперимент с скрытой

собакой (A) по сравнению без скрытой собаки (B) выше стандартных отклонений во всех наблюдаемых случаях. Исходя из этих результатов, можно констатировать, что статистически значимые различия были обнаружены во всех наблюдаемых случаях.

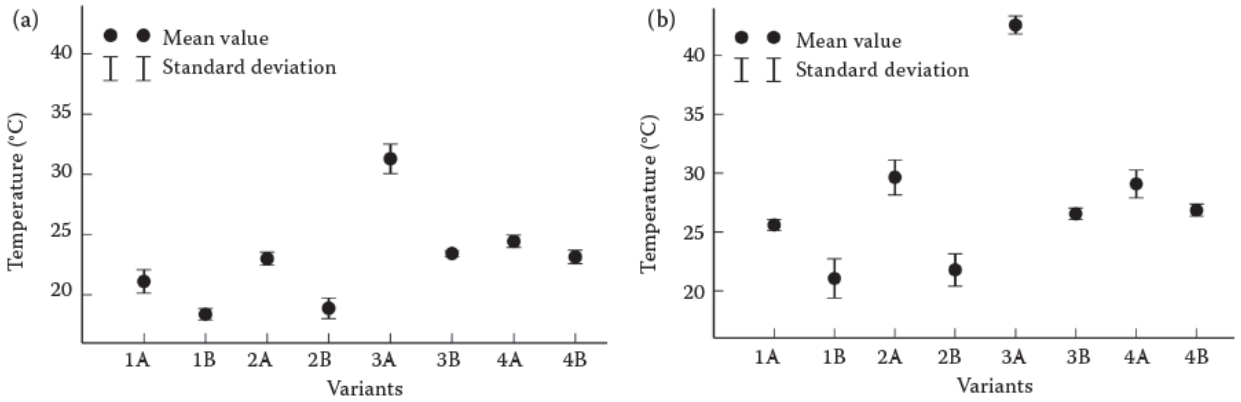


Рис. 1. **Статистическое сравнение результатов:**
(a) средняя температура по всем измеренным значениям и (b) средняя температура от четырех максимальных температур. 1-4 – номер измерения; A – измерение проводилось со скрытой собакой; B – измерение без скрытой собаки.

Измерения с отметками 1 и 2 были проведены в Жимолости. Собака была скрыта под растением. Температура растения соответствовала температуре окружающей среды и различие между снимками со скрытой собакой (A) и без скрытой собаки (B) были приблизительно 3 °C и 5-7 °C для средней температуры по всем измеренным значениям и средней температуры от четырех максимальных температур соответственно.

Измерения, отмеченные 3 и 4, были выполнены в культуре Пырей ползучий. В случае измерения 3A, собака не была покрыта растением. Поэтому наблюдался большое различие измеряемых температур для вариантов 3A и 3B. Во время последнего измерения (4) собака был хорошо покрыта культурой и наблюдаемая разницей между температурами была значительно меньше в данном случае.

Основное различие между измерениями с первым и вторым образцом растения что во втором случае (варианты 3 и 4) растение подвергалось воздействию прямых солнечных лучей. Относительно высокие температуры (выше температуры атмосферы), полученные в этих измерениях, можно объясняется этим фактом. Эти условия ,разогрев растений под солнечными лучами на температуру выше температуры атмосферы, может усложнить использование инфракрасной технологии для поиска диких животных. Возможно, использование нескольких датчиков, работающих на разных принципах, может помочь решить даную проблему. Это идею также поддерживает автор Israel [2].

Сравнение температур из результатов a) и b) показали, что, вероятно, использование значений средней температуры из четырех максимальных

температур является перспективным для наших целей. Различия между температурами в случае b) для измерений с собакой и без нее всегда были вдвое выше по сравнению с различиями, определенными между температурами в случае a).

По сравнению с инфракрасными камерами, используемыми Израиль и др. (2010) инфракрасный датчик используюмый в нашем эксперименте был намного дешевле и быстрее. Можно предположить, что из-за быстрого развития этой технологии, цена данной технологии будет продолжать понижатся, и ее параметры будут улучшены. Это факт способствует дальнейшему исследованию для данного использования. Однако скорость движения нашей камеры была значительно ниже, чем та, которую использовали авторы выше.

Заключение

Новый инфракрасной датчик Melexis MLX90621 был испытан с целью поиска животных спрятанных в растительнлсти. На основе наших измерений можно сделать вывод, что использование такого датчика может быть подходящим и дешевым способом для обнаружения диких животных перед косилочной техникой. Во время наших испытаний животное (собака) всегда был успешно обнаружен, даже в случае частичного покрытия животного растительностью. Будущие испытания датчика будут проводится в полевых условиях. Использование инфракрасного датчика могут быть ограниченны условиями прямого солнечного света, поэтому в будующих испытаниях планируется комбинация с другими типами датчиков для устранения (ограничения) данных недостатоков.

Библиографический список

1. Jarnemo A. Roe deer *Capreolus capreolus* fawns and mowing – mortality rates and countermeasures // Wildlife Biology. 2002 № 8: 211-218.

2. Israel M., Schlagenhauf G., Fackelmeier A., Haschberger P. Study on wildlife detection during pasture mowing. Available at http://elib.dlr.de/65977/1/WildretterVDIv4.pdf. 2010.

УДК 631.363

ВЛИЯНИЕ ТИПА МОЛОТИЛЬНОГО АППАРАТА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ПОВРЕЖДЕНИЕ ЗЕРНА

***Jiří Mašek**, Ph.D., доцент, декан Технического факультета; Чешский аграрный университет в Праге, shapoval@tf.czu.cz*

***Vadym Shapoval**, инженер сельскохозяйственных машин, Чешский аграрный университет в Праге, Технический факультет, shapoval@tf.czu.cz*

***Аннотация**. Целью этой работы было выявление и сравнение того, как молотильный аппарат зерноуборочных комбайнов влияет на повреждение зерна. Это сравнение было основано на полевых измерениях, которые*

проводились в 2014 и 2015 годах. Измерения проводились с двумя типами комбайнов, с тангенциальными (MF Cerea 7270 и Claas Lexion 580) и аксиальными (Case AFS 9210 и NH CR 9080) молотильными механизмами. После обмолота были оценены культуры озимой пшеницы и зерна ярового ячменя. Было обнаружено, что более поврежденные зерна были после работы зерноуборочных комбайнов с тангенциальным аппаратом. В среднем комбайны с тангенциальным молотильным механизмом повреждали 1,84% зерна по сравнению с роторными комбайнами, повреждающими 0,35% зерна. Результаты показали, что роторная система молотилки зерноуборочных комбайнов повредила зерно значительно ниже по сравнению с тангенциальным молотильным механизмом. Более высокий коэффициент прорастания определялся на зернах, которые были собраны с роторных сеноуборочных комбайнов. Различия в прорастании зерен в зависимости на молотильном аппарате были не столь высоки. Например различие 95% – 97,83% культуры озимой пшеницы и 93,75% – 96,75% весеннего ячменя.

Ключевые слова: *Claas, Case IH, New Holland, Massey Ferguson, комбайн, зерно, прорастание.*

Abstract. *The aim of this work was to identify and compare how the threshing mechanism of combine harvesters affects damage on the grain. This comparison was based on field measurements, which took place in years of 2014 and 2015. Measurements were performed on two types of combine harvesters, with tangential (MF Cerea 7270 and Claas Lexion 580) and axial (Case AFS 9210 and NH CR 9080) threshing mechanisms. Evaluated were winter wheat and spring barley grains after threshing. It was found, that the more damaged grains were after the work of combine harvesters threshing with the tangential way. In average, combine harvesters with tangential threshing mechanism damaged 1,84% of grain in comparison with axial combine harvesters 0,35% of grain. The results showed that the axial threshing system of grain harvesters damaged the grain significantly lower in comparison with tangential threshing mechanism. Higher germination ratio was determined on grains which were harvested with axial harvester threshers. Differences in germination of grains was not so high in compare different threshing systems, it was 95% – 97,83% by winter wheat and 93,75% – 96,75% by spring barley.*

Keywords*: Claas, Case IH, New Holland, Massey Ferguson, combine harvester, grain, germination.*

Механическое повреждение семян во время сборки и обмолота является одним из основных факторов, снижающих объем и качество урожая [1]. Механический ущерб из-за сбора, обработки и других процессов является важным фактором, влияющим на качество семян [2]. Ущерб от семян означает более низкое качество зерна, уменьшая прорастание семян и увеличивая

проблемы с возможностью хранения урожая.

Причины, которые влияют на механическое повреждение зерна во время урожая, можно разделить на следующие четыре группы:

1. качество настройки зерноуборочного комбайна,
2. различия типа молотильной системы и рабочих механизмов агрегата,
3. техническое состояние механизма обмолота и других частей комбайна,
4. физико-механические свойства зерновой массы.

В данной работе описывается оценка повреждений зерна, вызванных в зависимости от разного типа обмолота и сепарации зерноуборочных комбайнов.

Полевые измерения для определения влияния типа молотильного механиза на повреждения зерна были проведены в сезоны 2014 и 2015 года. В эти годы были собраны образцы урожая озимой пшеницы (Triticum aestivum L.), сорта Meister и Potenzial и ярового ячменя (Hordeum vulare L.), сорта Malz. Урожай был собран на полях в окресности деревни Поповице, которая расположена примерно в 30 км к востоку от Праги в центральной части Чехии. Эта область характеризуется высоким качеством почвы и благоприятными климатическими условиями. Это важные предпосылки для достижения высокой урожайности.

На поле работала группа из четырех комбайнов. Тангенциальный тип молотильной системы был представлен комбайнами Massey Ferguson Cerea 7278 и Claas Lexion 580. Представителями роторной системы обмолота были Case AFS 9210 и New Holland CR 9080. В целях возможности повторения измерения, настройки комбайнов соответствовали настройкам по умолчанию который предлагается на бортовом компьютере. Данные настройки рекомендуется производителем комбайна для достижения оптимального результата во время сбора урожая.

Каждый оцененный комбайн работал до тех пор, пока бункер не был заполнен. После этого при выгрузке зерен был отобран образец весом около 5 кг в пластиковом контейнере. Затем образцы были анализированы и сравнены по двум параметрам. Первым параметром было количество механически поврежденных зерен, содержащихся в лабораторном образце. Вторым рассмотренным параметром был коэффициент прорастания зерна.

Прорастание зерен проводилось в соответствии с нормой ČSN 46 1011-13. Суть этого теста заключается в том, чтобы впитать точное количество зерен в течение заданного времени в растворе перекиси водорода. Было выполнено три измерения для каждого образца из индивидуального собранного образца с каждого комбайна. Два лабораторных стакана подсчитывали по 200 зерен каждый, которые были помещены в 200 мл 0,75% раствора перекиси водорода (5 мл 30% перекиси водорода с дистиллированной водой до 200 мл общего объема раствора). Стаканы были помещены в темную коробку, которая препятствует доступу дневного света. Через 48 часов стаканы были вынуты из коробки, и раствор прочищен через сито. В стаканы снова вылилось 200 мл нового 0,75% раствора перекиси водорода, и стаканы были снова помещены в

темный ящик, теперь 24 часа. По истечении этого периода времени раствор удалили из каждого стакана, а зерна переносили в лабораторные лотки. Здесь были выбраны не проросшие зерна. Это были зерна, у которых не было очевидного роста корней и ростков. Для испытания на прорастание использовались только зерна без видимых механических повреждений.

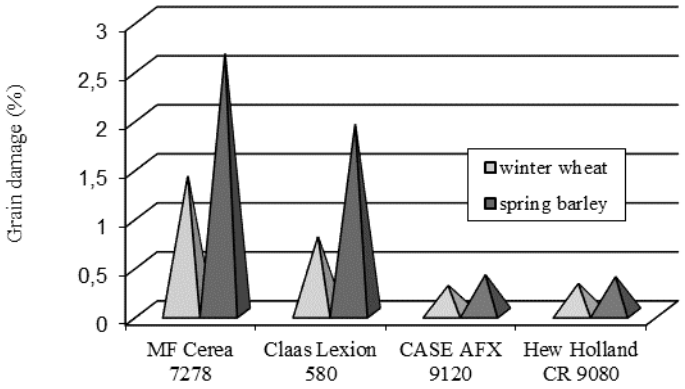


Рис. 1. **Среднее количество поврежденных зерен, собранных в 2014 году**

Результаты механически поврежденных зерен показаны рисунок 1 и рисунок 2. На основе результатов можно констатировать статистически значимую разница между тангенциальной и роторной системой молотилки в количестве поврежденных зерен. Тангенциальная система молотильного механизма более агрессивна и имеет более высокий уровень механического повреждения зерен.

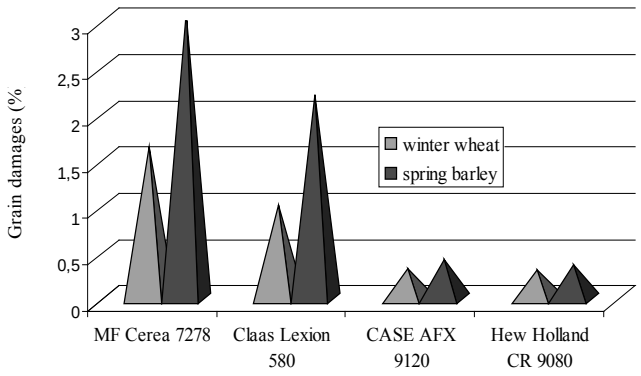


Рис. 2. **Среднее количество поврежденных зерен, собранных в 2015 году**

Из используемого комбайна Case AFS 9120 было среднее количество поврежденных зерен 0,39%, а у New Holland CR 9080 было значение только 0,37%. Количество поврежденных зерен озимой пшеницы по сравнению с яровым ячменем было для зерноуборочных комбайнов на основе тангенциального молотильного механизма на 50% ниже. Для осевых комбайнов было среднее значение поврежденных зерен озимой пшеницы 0,29%. Было обнаружено небольшое увеличение количества поврежденных зерен с сезона

2015 года, на всех сравниваемых зерноуборочных комбайнах и зерновых культурах с года 2014. Вероятно, это было связано с более низким содержанием влаги в зерне (в году 2015 15% у пшеницы и 13% у ячменя, в году 2014 14% и 12% соответственно). При более низком содержании влаги зерно становится более чувствительным к механическим повреждениям.

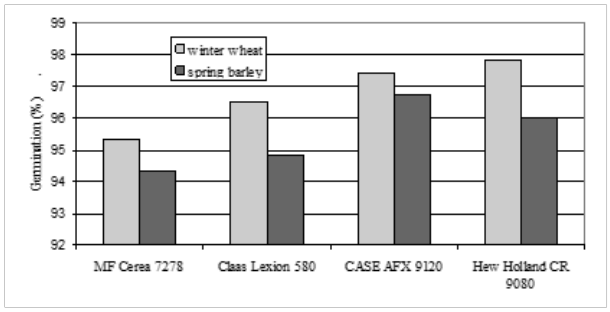


Рис. 3. **Среднее прорастание зерен, собранных в 2014 году**

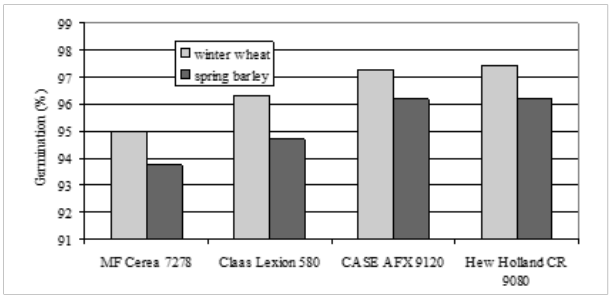


Рис. 4. **Среднее прорастание зерен, собранных в 2015**

Более низкое среднее значение прорастания было выявлено в зернах, собранных машиной с тангенциальным молотильным механизмом (рисунок 3 и рисунок 4). Это подтвердило результаты предыдущих измерений.

Различия между измеренными значениями прорастания зерен не столь значительны как различия в значениях измерения параметра повреждение зерен. Наименьшее значение прорастания зерен весеннего ячменя составило 93,75% и самые высокие 96,75%. Наименьшая величина прорастания зерен озимой пшеницы составила 95%, а самая высокая – 97,83%. Зерно, собранное роторными комбайнами, имело более высокий коэффициент прорастания.

Выводы

1. Полевой эксперимент и последующий лабораторный тест подтверждают гипотезы о том, что роторный тип молотильной системы комбайна приводит к более низкому механическому повреждению собранного зерна (количество поврежденных зерен составляет 0,37, 0,39%) по сравнению с тангенциальной молотильной системой (количество поврежденных зерен составило 1,93 – 2,65%).

2. Зерна, собранные роторной молотильной системой, имеют значительно более высокий коэффициент прорастания, более 97% (пшеница) и более 95% (ячмень).

3. Влажность зерна влияет на его уровень механического повреждения.

4. Рекомендуемая настройка агрегатов должна изменяться в соответствии с реальными и местным условиями.

5. Погодные условия на протяжении года могут иметь воздействие на механическое поведение зерен.

Библиографический список

1. Zieliński A., Ptak A., Wójtowicz T., Mość M. Susceptibility of naked oat cultivar seeds to mechanical damage. Central European Journal of Biology. 2014. № 9(3). pp. 331-340.

2. Shahbazi F.A study on the seed susceptibility of wheat (Triticum aestivum L.) cultivars to impact damage. Journal of Agricultural Science and Technology. 2012. № 14(3). pp. 505-512.

УДК 631.153

ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ «УБОРКА УРОЖАЯ»

***Жалнин Эдуард Викторович**, доктор технических наук, заведующий отделом, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, zhalnin@yandex.ru*

***Аннотация.** Утверждается, что при компьютерном моделировании многих производственно-технических процессов большую роль играют системные программно-вычислительные комплексы (ПВК). Для системы «уборка урожая» предложена логическая последовательность из шестнадцати ПВК.*

***Ключевые слова**: моделирование, комбайны, параметры, функционалы программы, агрегаты, комплексы.*

***Abstract.** It is alleged that in the computer simulation of many industrial and technical processes a greater role played by the system of software and computing systems (PCC). For the system of "harvesting" it is proposed logical sequence of sixteen PCC.*

***Key words**: modeling, harvesters, parameters, functionals of programs, units, complexes.*

В связи с массовой компьютеризацией научно-исследовательской деятельности и переходом к цифровой экономике возрастает роль моделирования многих производственно-технических процессов с применением компьютерных программно-вычислительных комплексов (ПВК) различной степени сложности в зависимости от поставленных задач.

В качестве примера реального объекта моделирования рассмотрим систему «уборка урожая зерновых с использованием зерноуборочного комбайна», так как комбайн является самой сложной полевой технологической сельхозмашиной со многими функциональными связями с другими машинами и агрегатами, а также параметрами агросреды и агрофона [1]. Задача формализации этой системы может быть выражена так: на основе имеющейся информации классифицировать этапы обоснования параметров комбайнов их типажа и технологической потребности.

Дадим краткие пояснения к каждому блоку ПВК применительно к системе «уборка урожая зерновых».

Блок ПВК-1 формализует социальный заказ на объект исследования в

виде конкретных заданий, решений, исходных данных с указанием целей и конечного результата. Это требование исключает проведение абстрактных работ, не связанных с общим трендом технического прогресса.

Блок ПВК-2 (агросреда) – формализация информации по условиям работы комбайнов (машин). Без знания параметров агросреды нет смысла проводить дальнейшие исследования по выбранному объекту.

Блок ПВК-3 (агрофон) является детализацией ПВК-2 и формализует все параметры, физико-механические свойства и характеристики объекта уборки (в данном случае – стеблестоя зерновых культур, в других системах – картофель, свекла и т.п.).

Блок ПВК-4 – формализация работы отдельных рабочих органов комбайна (машины). Этот блок достаточно информационно насыщен, благодаря научным трудам В.П. Горячкина, А.Н. Антипина, В.Г. Летошнева, М.А. Пустыгина, С.Д. Терскова, Н.И. Кленина и мн. других. Информация здесь представлена в виде, к примеру, теории режущего аппарата, мотовила, молотильного барабана, решет очистки и т.п.

Блок ПВК-5 – блок формализации взаимодействия двух и более рабочих органов комбайна (машины). В сложной технологической машине все рабочие органы последовательно взаимосвязаны по производительности и габаритам. Кроме того здесь учитывается изменяющееся состояние объекта, так как при переходе от одного рабочего органа к другому меняются характеристики и свойства объекта обработки (в данном случае зерносоломистой массы).

Блок ПВК-6 – формализация показателей лабораторных (стендовых) исследований рабочих органов, которые проводится по частным специальным методикам с использованием законов физического моделирования, так как во многих случаях натуральный объект исследования нельзя изучить непосредственно в лаборатории или на стенде ввиду его громоздкости. Приходится создавать его уменьшенную физическую модель с сохранением его основных функциональных характеристик. При этом важно сохранить адекватность модели натурному образцу и обеспечить адекватность обрабатываемого материала (почвы, растения, зерна и т.п.), который в результате воздействия на него меняет свои физико-механические характеристики.

Соответственно прогнозные показатели натурного объекта определяются только с учетом масштабных коэффициентов физической модели.

Имеются коэффициенты масштабирования для почвообрабатывающих, посевных, зерноуборочных и др. машин.

Блок ПВК-7 – блок функционалов технологического процесса работы машины в целом. Целевая функция математической модели этого блока включает конкретные показатели: потери, качество зерна, производительность и т.д. Главная задача блока – обосновать наиболее гармоничные внешние и внутренние параметры комбайна при оптимальной энергонасыщенности и заданных требованиях на количество и качество убранной продукции.

На настоящий момент времени блок ПВК-7 в полном объеме пока слабо

насыщен конкретными разработками (2-4). Еще предстоит его информационно наполнить [2]. Недостаточная теоретическая информативность этого блока сейчас частично компенсируется блоком ПВК-8.

Блок ПВК-8 – формализация лабораторно-полевых исследований работы комбайнов (машин). Этот этап обобщения знаний о работе комбайна в целом как технологической машины, энергетического и транспортного средства. Он обобщает все предыдущие блоки и является ключевым для последующих исследований и подтверждает наличие специфических особенностей процессов земледельческой механики, в которой большую роль играет еще неформализованные знания и необходимость получения информации экспериментальным путем.

Блок ПВК-9 – блок формализации агрегатного взаимодействия. Любой комбайн не работает только в базовой комплектации и всегда оборудуется каким-либо дополнительным техническим средством, которые влияют на работу комбайна, в частности, на производительность, качество работы, энергозатраты и т.п. Это обязывает изучать взаимовлияние комбайна и приданного ему технического средства, к примеру, измельчителя – разбрасывателя соломы.

Блок ПВК-10 – блок формализации системы «поле-комбайн-транспорт-зерноток». Этот блок гармонизирует параметры агросреды, агрофона, комбайна, транспорта для отвозки зерна и зерноочистительного тока по принципу: уборка урожая, его транспортировка и послеуборочная обработка – это единый производственный процесс. Самый эффективный вариант уборки, когда все уборочные машины увязаны между собой по производительности и времени выполнения отдельных операций, что обеспечивает поточность и ритмичность их взаимодействия.

Блок ПВК-11 – формализует определение оптимального парка комбайнов для конкретного хозяйства по общей технологической потребности в комбайнах, годовым нагрузкам и т.п. Проводится решение, так называемый, парковой задачи.

Этот блок представлен сейчас довольно большой информацией. Имеются компьютерные программы, к примеру «АСОТиМ-зерно» (патент №5020080019207 от 30.07.2008) и монография В.С. Пьянова [3-5] и др.

Блок ПВК-12 – формализация определения регионального парка комбайнов. Блоки ПВК-11 и ПВК-12 дают теоретическое обоснование необходимости изготовления опытных образцов комбайнов (машин), так как количественно определяют социальный заказ на их последующее эффективное применение.

Блок ПВК-13 – формализация этапов изготовления опытных образцов комбайнов (машин). Необходимость блока ПВК-13 вызвана тем, что в настоящее время этот, казалось бы, чисто промышленный процесс, настолько компьютеризирован, что уже на стадии проектирования опытных образцов машин закладываются принципы их модульности, надежности, унификации, универсализации, что служит в последующем гарантией их

высокоэффективного машиноиспользования. Кроме того, изготовление многих узлов и деталей ведется по компьютерным программам, которые предусматривают реализацию параметров машин, обоснованных в предыдущих ПВК.

Блок ПВК-14 формализация результатов полевых испытаний опытных образцов комбайнов (машин).Испытания натуральных образцов комбайнов(машин) в разных регионах уборки проводятся по действующим государственным стандартам и нормативам. Полученные показатели сравнивают с показателями технического задания на комбайны (машину).

Этот блок отличатся от блоков ПВК-6 и ПВК-8. При испытании оценочные критерии машин определяются при фиксированных значениях исходных условий уборки и показателях исходного технического задания, а при исследовании машин в лабораторных ПВК-6 и полевых исследованиях (ПВК-8) – при варьируемых условиях уборки и режимных параметров машин. То есть по ПВК-14 получаем конкретное значение функции цели, а по ПВК-6 и ПВК-8 график изменения функционала.

Блок ПВК-15 – формализация структуры общерегионального парка комбайнов, к примеру, для страны в целом. Этот блок суммирует структуры отдельных региональных парков комбайнов (машин) и выявляет приоритетные классы комбайнов по пропускной способности (производительности), а также базовые конструкции и их модификации, что необходимо для обоснования последующих планов производства техники. При этом контрольными показателями комбайна в парке являются данные полевых испытаний по блоку ПВК-14.

Блок ПВК-16 является завершающим, так как формализует необходимые ресурсы для организации серийного производства комбайнов (техники). Этот блок символизирует связь внешнего информационного пространства земледельческой механики, в частности, с информационным полем «экономика и организация производств» с внутренним информационным пространством земледельческой механики.

Программно-вычислительные комплексы ПВК-1-16 по всем другим видам сельхозмашин в совокупности являются научной основой системно-аналитических механизмов управления научно-технического обеспечением сельскохозяйственного производства и одновременно классификацией информационных потоков по сельхозмашинам в рамках аксиоматизации земледельческой механики [1].

Библиографический список

1. Жалнин Э.В. Аксиоматизация земледельческой механики // М.: ВИМ, 2002. 204 с.

2. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции // М.: ВИМ. 2011. 103 с.

3. Баев В.В., Баева Р.Ф., Жалнин Э.В. Программа «Расчет параметров логистической функции» // Отраслевой фонд алгоритмов и программ (ОФАП) № 11003106. Краснодар: КНИИТИМ. 1979. 10 с.

4. Баев В.В. Обоснование параметров молотилки зерноуборочного комбайна методом имитационного моделирования: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук // Краснодар: КубГАУ. 1986. 26 с.

5. Пьянов В.С. Крупнотоварное производство зерна // Ставрополь: «Агрус». 2014. 244 с.

УДК 631.363

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ ГРУНТОВ БОЛЬШОЙ ПЛОТНОСТИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ОБЪЕМНОГО ТИПА

***Леонтьев Юрий Петрович**, кандидат технических наук, профессор кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты окружающей среды, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, rik831@mail.ru*

***Цветков Илья Викторович**, доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты окружающей среды, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mancu@mail.ru*

***Макаров Александр Алексеевич**, ассистент кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты окружающей среды, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, makaleksandr17@yandex.ru*

***Аннотация.** Приведены данные исследований по сравнительной оценке эффективности глубокого рыхления рабочими органами объемных рыхлителей, позволяющие рекомендовать наиболее оптимальную конструкцию с точки зрения соотношения энергозатрат и качества рыхления.*

***Ключевые слова:** объемный рыхлитель, глубокое рыхление, крошение, разрыхление, почвенные агрегаты, фрактальная размерность.*

***Abstract.** The data of studies on the comparative evaluation of the deep loosening efficiency by the working bodies of the voluminous rippers are given, which makes it possible to recommend the most optimal design in terms of the ratio of energy consumption and loosening quality.*

***Keywords:** volumetric ripper, deep loosening, crumbling, loosening, soil aggregates, fractal dimension*

Основным наиболее распространённым и трудоемким видом работ при строительстве, эксплуатации или реконструкции мелиоративных систем являются земляные работы. Наименее изученным видом мелиоративных работ

является глубокое рыхление грунтов тяжёлого механического состава, которые преобладают в нечернозёмной зоне России. Рыхление уменьшает плотность почвы, разрушает подпахотный горизонт, регулирует водно-воздушный и режим повышающий плодородие, в результате чего создаются более благоприятные условия для роста и развития растений. По данным ряда авторов, в результате глубокого рыхления урожай с/х культур увеличивался на 30% и более. Глубокая обработка грунта весьма актуальна в настоящее время при рекультивации выбывших ранее из сельскохозяйственного оборота земель. Наиболее простым по конструкции и достаточно эффективным рабочим органом можно считать рыхлитель объёмного типа. Опытные образцы таких рыхлителей под названием РГ-0,8, РГ-1,2 и другие были разработаны и испытаны под руководством Казакова В.С. во ВНИИГиМе [1]. Рабочие органы этих рыхлителей представляют собой режущий и рыхлящий периметры V – образной формы, агрегатируемые с тракторами тягового класса до 130 кН. Рыхлители данного типа позволяют за один проход осуществлять рыхление всего объёма грунта по ширине захвата без оборота пласта на глубину до 1,2 м с производительностью, большей чем у стоечных рыхлителей в 2…5 раз. Анализ работы этих рыхлителей показал, что у них имеются существенные недостатки – они требуют больших тяговых усилий, неравномерно рыхлят пласт по глубине – образуют на поверхности до 16...20% агрегатов почвы размером свыше 200 мм, требующих дополнительного их измельчения. С целью совершенствования рабочих органов объёмных рыхлителей, сохраняя простоту их конструкции, нами выполнен комплекс проектных и исследовательских работ по апробации нескольких вариантов рыхлителей, на которые получены патенты [2]. Исследования проводились в лабораторных условиях в грунтовом канале, а также в полевых условиях на грунтах с естественной структурой и плотностью до 1,9 т/м^3, рисунок 1, а, б [3].

а б

Рис. 1. **Исследовательские работы по апробации объемных рыхлителей параболической конфигурации:**
а – в лабораторных условиях с использованием измерительного стенда; б – в полевых условиях на установке для полевых испытаний

Исследования позволили определить и рекомендовать для практического применения тип конструкции и параметры элементов объёмных рыхлителей. Сравнительная оценка эффективности каждого исследуемого рабочего органа осуществлялась по трём основным критериям: простота конструкции, величина тяговых сопротивлений рыхлению и однородность разрыхлённых фракций грунта в верхнем слое и по всей глубине обработки. Простота конструкции определяет технологию изготовления и стоимость изделия. Сопротивление рыхлению является важным энергетическим показателем, по которому выбирается базовая машина, оценивается тягово-сцепные свойства, расход топлива и производительность её работы. Однородность фракций грунта в результате рыхления можно считать качественным показателем эффективности работы рыхлителя.

Наличие большого количества крупных фракций в верхнем слое приводит к необходимости дополнительной операции по обработке почвы, преобладание мелких фракций может вызвать ветровую и водную эрозию почвы. Сравнительно однородный размер фракций в пределах 10…30 мм, и с небольшим процентным содержанием их до 40…50 мм в поперечнике, а также взаимное расположение по всей глубине обработки, обеспечивает лучшее соотношение объёмов твёрдой, жидкой и газообразной фаз.

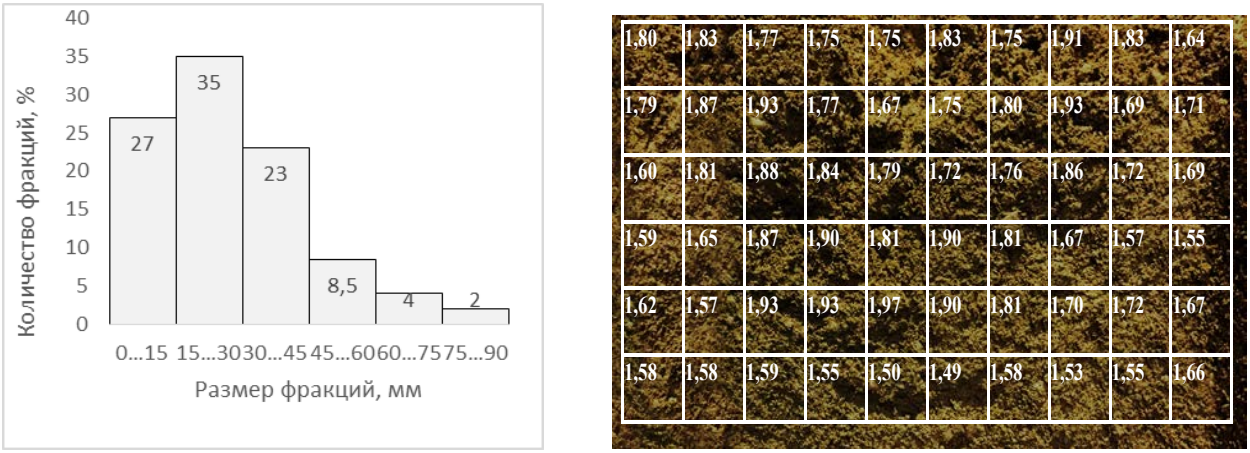
Исследования проводились с рабочими органами трёх типов: с V – образным режущим профилем, который был выбран в качестве базового варианта, являющимся прототипом РГ-08, второй рабочий орган с U – образным профилем, третий – с параболическими боковыми стойками.

В процессе исследований каждого рабочего органа измерялось тяговое усилие тензометрическим способом, величина и форма деформации грунта при подъёме над рабочим органом и перед ним, а также определялся структурный состав фракций разрыхлённого грунта в верхнем слое и по глубине рыхления. Структурный состав фракций оценивался двумя способами: вначале измерением поперечного размера отдельных фракций на определённом участке и построением гистограмм распределений с определением статистических характеристик, затем, с использованием теории фрактального анализа [4]. Для получения исходных данных для фрактального анализа структуры разрыхлённого грунта производилась фотографическая съёмка верхнего слоя и поперечных срезов структуры разрыхленного грунта. Как показало сравнение результатов этих способов оценки структурного состава, значительных расхождений не наблюдалось.

Результаты статистической обработки значений тяговых усилий показали, что наибольшим тяговым сопротивлением обладает U – образный рабочий орган, F_m=36,7 кН, что можно объяснить повышенной степенью сжатия на обрабатываемый пласт грунта со стороны полукруглой части стоек и лемеха, а также трением грунта по вертикальным стойкам. Тяговые усилия V – образного и параболического рабочих органов соизмеримы, F_m=23,5 кН и 23,4 кН, но у рыхлителя с параболическими боковыми стойками оно было меньше, и составляло 0,9 от усилия с V – образным. Коэффициент удельного

сопротивления рыхлению $K_{уд}$ для моделей изменялся аналогично тяговому усилию. В результате обработки записей тягового усилия были получены такие статистические характеристики как математическое ожидание, дисперсия и коэффициент вариации. Наибольший коэффициент разрыхления $K_р$ был получен для рыхлителя с U – образным режущим профилем, величина которого составила 1,23. Для параболического рыхлителя значение $K_р$ имело промежуточное значение, $K_р$=1,18, а для V – образного наименьшее значение, $K_р$=1,16.

Перемещение частиц верхнего слоя грунта перед рабочим органом $L_{перем}$ было наибольшим у U – образного рабочего органа, меньшее у V – образного рабочего органа, промежуточные значения, близкие к V – образному рабочему органу, наблюдались у параболического. Длина распространения деформации перед рабочим органом в процессе рыхления $L_{деф}$ примерно одинакова для U – образного и V – образного рабочих органов. Для рыхлителя с параболической формой боковых стоек $L_{деф}$ распространялось на большую величину, примерно в 1,22 раза, рисунок 1, а. Величины перемещения грунта в вертикальном направлении и перед рабочим органом оказывают влияние на энергетические показатели процесса рыхления различными типами рабочих органов.



а б

Рис. 2. **Структурный состав фракций разрыхлённого грунта в верхнем слое и по глубине рыхления рабочим органом объемного рыхлителя параболической конфигурации:**

а – распределение агрегатов по размерам; б – распределение фрактальной размерности поперечного среза грунта, обработанного параболическим рыхлителем

Как показали результаты лабораторных и полевых исследований плотность грунта после разрыхления рыхлителем с параболической конфигурацией уменьшается на 35…45% на максимальной глубине 0,6…0,8 м, что больше чем у трапецеидального рабочего органа на 10…15%. Анализ гистограмм распределения почвенных агрегатов, образовавшихся в верхнем слое после рыхления рабочим органом параболической конфигурации фракций размерами от 1 до 5 см образовывалось на 30 – 35% больше чем у

трапецеидального рабочего органа, что составило 72….75% от общего количества, что соответствует агротехническим требованиям для основной обработки, рисунок 2 а.

Соответственно, чем больше энергии, затрачивается на обработку грунта, тем большие изменения претерпевает структура грунта. Для количественного выражения структурного изменения характера обрабатываемого грунта были использованы его фрактальные характеристики.

Изучение закономерности изменения структуры, как отдельных участков, так и в целом среза обработанного грунта от конструкции объёмных рыхлителей различных типов рабочих поверхностей позволили исследовать связь фрактальных параметров обработанного грунта и параметров рабочего органа объемного рыхлителя. Карта фрактальных размерностей хорошо повторяет контуры рабочего органа, рисунок 2, б. Можно сделать вывод, что наибольшее разрыхление грунта происходит в районе режущей поверхности.

Выводы.

1. Экспериментальные исследования позволили получить сравнительные данные по тяговому сопротивлению и качественным показателям процесса рыхления для трёх моделей рабочих органов с разной формой боковых стоек.

2. Наименьшие значения тяговых усилий и вполне приемлемых показателей однородности агрегатов в верхнем слое были получены для рабочего органа с параболической формой боковых стоек.

3. Анализируя полученные данные, можно рекомендовать как наиболее оптимальный с точки зрения соотношения энергозатрат и качества рыхления рабочий орган с боковыми режущими элементами параболической конфигурации.

Библиографический список

1. Кизяев Б.М., Маммаев З.М., Першина О.Ф. Агромелиоративные мероприятия на минеральных переувлажненных землях. М.; ВНИИА. 2013. 140 с.

2. Патент на полезную модель № 136673. Объемный мелиоративный рыхлитель с дополнительным оборудованием/Ю. Г. Ревин, Ю. П. Леонтьев, А. А. Макаров. -Опубл. 20.01.2014. Бюл. 2014. № 2.

3. Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. Экспериментальные исследования рабочего органа мелиоративного рыхлителя на минеральных грунтах естественного сложения // «Современные проблемы использования мелиорированных земель и повышения их плодородия», Материалы международной научно-практической конференции ГНУ ВНИИМЗ РОССЕЛЬХОЗАКАДЕМИИ, г. Тверь. 2013. С. 246-252.

4. Цветков И.В., Насонов А.Н., Макаров А.А., Жогин И.М., Леонтьев Ю.П., Абдужабаров Х.А, Камалов М.М. Оценка эффективности рыхления грунта методом фрактального анализа // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК. Материалы международной научной конференции. – М.: Изд. ВНИИГиМ. 2017. С 379-384.

УДК 621.879:631.6+519.24

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖНОЙ МАШИНЫ.

***Ревин Юрий Григорьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты окружающей среды, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, jgrevin@ymail.com*

***Аннотация**. Теоретическая оценка точности работы дренажной машины типа ЭТЦ – 202 по предлагаемой математической модели вполне приемлема и может быть использована в практической конструкторской деятельности. Статистический метод оценки частотной характеристики дреноукладчика может быть с большим успехом применен для уточнения его теоретической модели.*

***Ключевые слова**: дреноукладчик, трение, оборудование, траншеи.*

***Abstract.** Theoretical assessment of the accuracy of the drainage machine type etc-202 on the proposed mathematical model is quite acceptable and can be used in practical design activities. A statistical method of evaluating frequency characteristics of the trencher can be more efficiently applied to Refine his theoretical model.*

***Keywords:** trencher, friction, equipment, trench.*

Неровности поверхности дна траншеи (щели) при их значительной величине, могут быть причиной заиления дренажных трубок, и, как следствие, частичного или полного выхода из строя дренажной линии.

Неровности дна определяются неровностями поверхности трассы, по которой движется при работе дреноукладчик, и от его характеристик, к которым можно отнести следующие. Тип и параметры агрегатирования рабочего оборудования с базовой машиной, тип базовой машины, режим работы дреноукладчика, Кроме того, величина неровностей дна траншеи зависит от технологических параметров рабочего процесса (глубины и ширины траншеи или щели). Влияние на величину неровностей оказывают также тип и состояние грунта. Система автоматического регулирования (САРУ) землеройным рабочим органом по высоте дает возможность в значительной степени корректировать позиционирование землеройного рабочего органа (ЗРО) по вертикали

Следует также отметить и то обстоятельство, что колебания рабочего органа вместе с машиной и относительно нее, т.е. при переносном и относительном движениях, вызывают нагрузки колебательного характера, иногда значительной величины, которые ухудшают работу дизеля, снижают загрузку его по мощности.

Учесть все перечисленные факторы при количественной оценке точности

работы дреноукладчика возможно при представлении его в виде динамической системы, преобразовывающей входные воздействия (неровности поверхности трассы движения дреноукладчика, колебания реакций грунта на землеройном рабочем органе) в выходные (неровности поверхности дна щели или траншеи).

Обобщенные динамические свойства дреноукладчика могут быть описаны совокупностью его передаточных функций, а входные воздействия, в таком случае, могут быть идентифицированы совокупностью спектральных плотностей неровностей поверхности трассы и нагрузок на землеройном рабочем органе. Искомая выходная функция может быть представлена спектральной плотностью неровностей дна траншеи (щели). Система автоматического управления землеройным рабочим органом (ЗРО) по высоте рассматривается как объект с отрицательной обратной связью, которая формирует управляющее (корректирующее) воздействие на высотное положение ЗРО.

Средние значения амплитуд неровностей дна прокладываемой дреноукладчиком траншеи могут быть получены после нахождения спектральной плотности неровностей «выходных» неровностей

$$S_{вых}(\omega) = S_{вх}(\omega) \cdot A^2(\omega), \quad (1)$$

где $S_{вх}(\omega)$ – спектральная плотность входного воздействия; $S_{вых}(\omega)$ – спектральная плотность выходного параметра; $A(\omega)$ – частичная амплитудно-частотная характеристика системы по конкретному входному воздействию.

Спектральную плотность неровностей поверхности трассы $S_{вх}(\omega)$ можно принять ориентировочно в виде следующего выражения, состоящего из двух слагаемых:

$$S(\omega) = \frac{2 \cdot A_0 \cdot \alpha_0}{\pi \cdot (\omega^2 + \alpha_0^2)} + \frac{A_1}{\pi} \cdot \left[\frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + (\omega - \omega_1)^2} + \frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + (\omega + \omega_1)^2} \right], \quad (2)$$

где A_0 и A_1 – постоянные коэффициенты. Они содержат информацию о процентном содержании неровностей со случайной амплитудой и случайной длиной и неровностей со случайной амплитудой и устойчивой волновой неровностью. Можно принять для предварительного расчета $A_0 = A_1 = 0.5$; α_0 и α_1 – постоянные коэффициенты, характеризующие так называемую относительную узкополостность случайного процесса, $м^{-1}$. Можно принять $\alpha_0 = 2...5$ $м^{-1}$, а $\alpha_1 = 0.1...0.4$ $м^{-1}$; ω_1 – волновая частота случайного процесса с примерно постоянной длиной неровности, $м^{-1}$. Можно принять $\omega_1 = 0.06 .. 0.1$ $м^{-1}$. Эта волновая частота соответствует длине неровности равной 60…100 м. Дисперсию неровностей поверхности можно принять равной 30…50 $см^2$. Параметры спектральной плотности приняты на основе данных, полученных научными сотрудниками ВНИИГиМ [1, 2].

При оценке точности работы траншейного дреноукладчика типа ЭТЦ-202 можно пренебречь колебаниями землеройного рабочего органа относительно базовой машины.

Оценим точность работы дреноукладчика типа ЭТЦ-2011 для четырёх различных случаев: при работе от базы и от дна, при наличии или отсутствии САРУ.

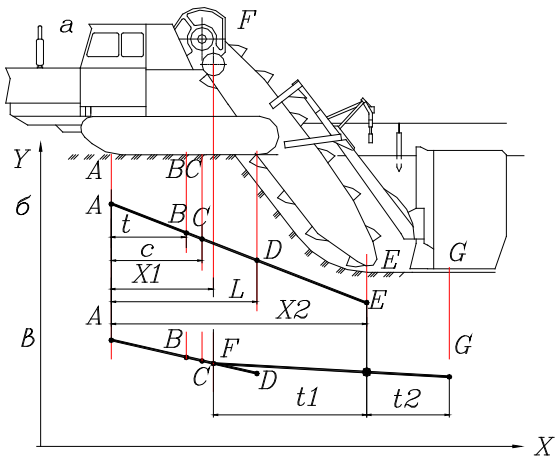


Рис. 1. **Схема к расчету передаточной функции дреноукладчика ЭТЦ-2011**

На рисунке 1 представлен общий вид дреноукладчика ЭТЦ-2011, а на рисунке приведены расчётные схемы для определения передаточных функций дреноукладчика при его работе «от базы» и «от дна». При работе «от базы» землеройный рабочий орган (ЗРО) управляется его гидравлическими цилиндрами, гидравлический цилиндр трубоукладчика находится в плавающем положении. При работе «от дна» ЗРО поднимается и опускается с помощью цилиндра трубоукладчика. В этом случае цилиндры ЗРО находятся в плавающем положении.

На схемах 1 в проставлены характерные точки. A и D – начальная и конечная точки контакта гусеничного хода с грунтом (расстояние между ними L – это база дреноукладчика), B – проекция центра тяжести машины (t – координата точки B), C – центр давления дреноукладчика (c – координата точки C). F – проекция точки поворота землеройного рабочего органа при осуществлении его подъёма (опускания). X1 – координата точки F, E – проекция днообразующей кромки (X2 – координата точки E), G – опорная точка трубоукладчика (X2 – координата точки G).

Выражения передаточных функций дреноукладчика будут выглядеть следующим образом:

1. При работе дреноукладчика от базы

$$P1(s) = \frac{2 \cdot L + (X1 - c)}{X1 \cdot s^2 + 3 \cdot (X1 - c) \cdot s + \left[2 \cdot L + (X1 - c)\right]} \qquad (6)$$

2. При работе дреноукладчика от дна P2(s) = P11(s)·P12(s), где

$$P11(s) = \frac{2 \cdot L + (X2 - c)}{X2 \cdot s^2 + 3 \cdot (X2 - c) \cdot s + \left[2 \cdot L + (X2 - c)\right]}, \quad (7)$$

$$P12(s) = \frac{\alpha \cdot e^{s \cdot t1}}{1 - e^{s \cdot t2} \cdot (1 - \alpha)}, \quad где \quad \alpha = \frac{t2}{t1 + t2} \quad (8)$$

При установке на дреноукладчике системы автоматического управления ЗРО его обобщенная структурная схема будет выглядеть как показано на рисунке 2. Под обозначением F введено входное возмущение, действующее на дреноукладчик (неровности поверхности трассы). Через H обозначается реакция динамической системы «дреноукладчик – САРУ», то есть неровности поверхности дна прокладываемой машиной траншеи. Буквой G обозначается задающее воздействие САРУ.

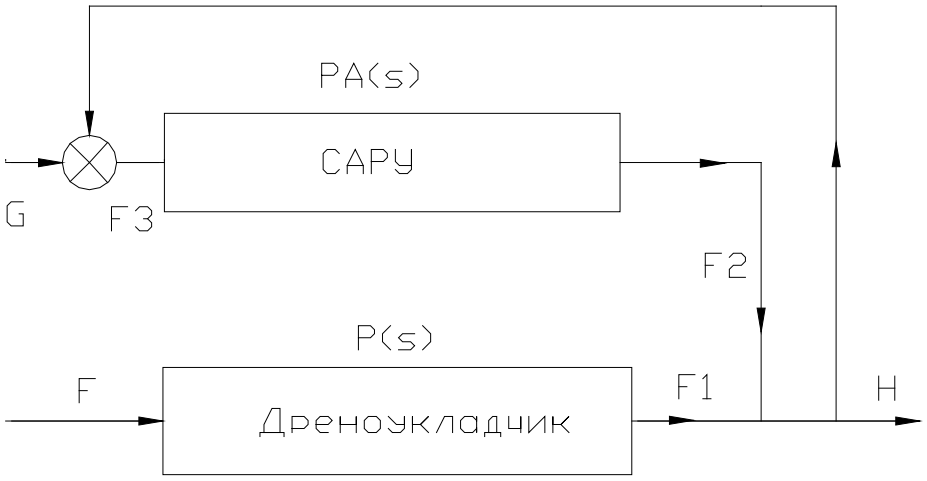


Рис. 2. **Схема к определению передаточной функции дреноукладчика совместно с САРУ**

Соотношение, связывающее воздействие F с реакцией H, то есть передаточная функция дреноукладчика совместно с САРУ, может быть получено из системы уравнений:

G – H = F3,
F · P(s) + F3 · PA(s) = H. (9)

При G = 0 (такое допущение можно принять в случае задания уклона с помощью лазерного излучателя) получим:

F · P(s) –H · PA(s) = H или $H / F = P_{д+а}(s) = P(s) / (1 + PA(s))$. (10)

Здесь PA(s) – передаточная функция САРУ, аналитическое выражение, которого может быть представлено формулой:

$$PA(s) = k \cdot e^{-\tau s} / (T \cdot s + 1) \qquad (11)$$

Здесь k – коэффициент усиления САРУ; τ – время запаздывания системы, с; T – постоянная времени системы, с; по экспериментальным данным [3] τ = 0.15 ... 0.25 с; T = 0.2 ... 0.3 с.

3. При работе дреноукладчика от базы и при наличии системы автоматического управления (САРУ) землеройным рабочим органом (ЗРО)

$$P3(s) = \frac{P1(s)}{1 + PA(s)} \qquad (12)$$

4. При работе дреноукладчика от дна и при наличии САРУ

$$P4(s) = \frac{P2(s)}{1 + PA(s)} \qquad (13)$$

Для получения обобщенных характеристик неровностей продольных профилей дна дренажных траншей, было обработано 9 (девять) массивов данных, зафиксированных в результате натурных измерений при работе дреноукладочной машины ЭТЦ-202 [1].

На рисунке 3 представлены графики корреляционной функции микронеровностей продольного профиля дна траншеи при работе дреноукладчика с системой автоматического управления по тросовому копиру. По оси абсцисс отложены расстояния по горизонтали в метрах, а по оси ординат значения нормированной корреляционной функции.

Анализ вида и структуры, полученных в результате статистической обработки исходных данных, эмпирических корреляционных функций позволяет сделать вывод о довольно устойчивом волновом составе микронеровностей. Самая большая длина неровности $\mathbf{T_{max} \approx 80 .. 110}$ **м.** На эту неровность, как флуктуация, накладываются неровности меньшей длины $\mathbf{T_{min} \approx 8...11}$**м.** Наличие неровностей большой длины можно объяснить только факторами природных процессов, а неровности малой длины, по-видимому, есть проявление взаимодействия дренажной машины с почвой, точнее взаимодействия гусеничного движителя с опорной поверхностью.

В результате аппроксимации, которая была проведена при помощи методов последовательного приближения, получено следующее аналитическое выражение для корреляционной функции:

$$K(\tau) = A_0 \cdot e^{-\alpha 0 \cdot \tau} + A_1 \cdot e^{-\alpha 1 \cdot \tau} \cdot \cos(\omega 1 \cdot \tau) + A_2 \cdot e^{-\alpha 2 \cdot \tau} \cdot \cos(\omega 2 \cdot \tau), \qquad (14)$$

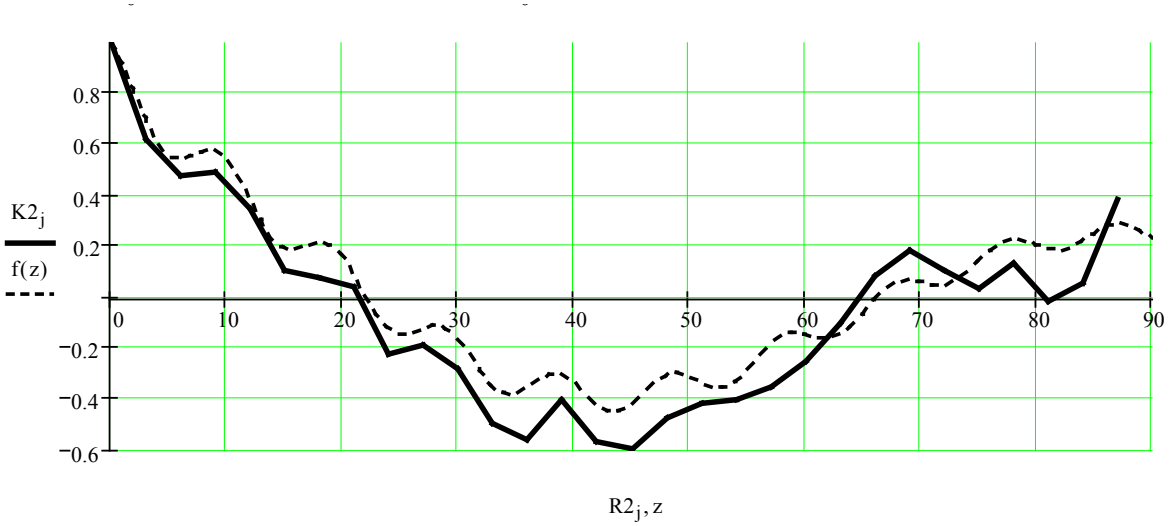


Рис. 3. **Графики эмпирической (сплошная линия) и аппроксимированной корреляционных функций (пунктирная линия)**

где **τ –** смещение отсчетов продольного профиля дна траншеи по длине пути, м; **A_0**, **A_1**, **A_2** – коэффициенты, величины которых дают информацию о том какая доля общей дисперсии высотных координат микронеровностей приходится на соответствующую составляющую; **α_0, α_1**, **α_2** – постоянные коэффициенты, свидетельствующие об относительной узкополостности [2] конкретной составляющей микронеровности продольного профиля, $м^{-1}$; **ω_1** и **ω_2** – значения волновых частот неровностей профиля, $м^{-1}$; **$\omega = 2 \cdot \pi / T$** (**T** – длина неровности, м). Воспользовавшись одной из основных формул спектрального метода [3-6]

$$a_i = \sqrt{2 \cdot S(\xi) \cdot \Delta\omega},$$

можно от значений спектральной плотности **S(w)** ($см^2 \cdot м$) на различных ее «пиках» перейти к амплитудам соответствующих спектральных составляющих. Здесь **Δω –** средняя ширина пика спектральной плотности, $м^{-1}$.

Подробные сведения об аппроксимирующих коэффициентах приведены в таблице 1.

По данным таблицы заключаем, что только 10 ... 30 % общей дисперсии микронеровностей по высоте приходится на неровности длиной 9 ... 12 м ($T_1 = 2\pi / \omega_1$), большая часть дисперсии (35 ... 60 %) приходится на длинные и супердлинные волны $T_2 = 60 ... 120$ м.

Длинные неровности, как уже отмечалось, имеют природное происхождение. Некоторое уменьшение амплитуд этих неровностей возможно при наличии автоматической системы управления землеройным рабочим органом по высоте и при правильно выбранном режиме работы дреноукладчика.

Что касается неровностей девяти – двенадцатиметровой длины, то эти неровности формируются самими дреноукладчиками. Их появление вполне поддается экспресс-корректировке правильным выбором параметров дренажных машин.

Таблица 1

Значения коэффициентов аналитических выражений корреляционных функций, полученных после процесса аппроксимации эмпирических данных

№ №	Используемая система автоматического управления рабочим органом.	Значения коэффициентов							
		A_0	A_1	A_2	α_0, м$^{-1}$	α_1, м$^{-1}$	α_2, м$^{-1}$	ω_1, м$^{-1}$	ω_2, м$^{-1}$
1	Лазерная система, дрена № 9	0.3	0.15	0.55	-0.5	-.02	-.01	0.6	0.07
2	Управление с помощью модулированного луча света	0.2	0.2	0.6	-0.5	-.03	-.01	0.5	0.05
3	Управление с помощью модулированного луча света, дрена № 9	0.35	0.3	0.35	-0.5	-.02	-.01	0.6	0.1
4	Управление по копирному тросу, дрена № 1А	0.3	0.1	0.6	-0.2	-.01	-.01	0.6	0.07
5	Управление по копирному тросу, дрена № 7	0.45	0.2	0.35	-0.5	-.03	-.01	0.7	0.08

Таким образом, учитывая приведенные выше соображения, в качестве аналитического выражения спектральной плотности входного воздействия на гусеничном движителе дреноукладчика типа ЭТЦ можно рекомендовать следующую формулу:

$$S(\omega) = \frac{2 \cdot A_0 \cdot \alpha_0}{\pi \cdot (\omega^2 + \alpha_0^2)} + \frac{A_1}{\pi} \cdot \left[\frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + (\omega - \omega_1)^2} + \frac{\alpha_1}{\alpha_1^2 + (\omega + \omega_1)^2} \right], \qquad (15)$$

В результате использования процедуры определения амплитуд неровностей дна траншеи, прокладываемой траншейным дреноукладчиком типа ЭТЦ-2011, были получены следующие результаты:

- при работе от базы $A_2 = 12$ см
- при работе от базы и при наличии САРУ $A_2 = 3.5$ см
- при работе от дна $A_2 = 4.3$ см
- при работе от дна и при наличии САРУ $A_2 = 1.7$ см

В целом приведенные значения амплитуд неровностей для машины ЭТЦ-202 (ЭТЦ-2011) соответствуют данным, наблюдаемым на практике.

Выводы:

1. Теоретическая оценка точности работы дренажной машины типа ЭТЦ – 202 по предлагаемой математической модели вполне приемлема и может быть использована в практической конструкторской деятельности.

2. Статистический метод оценки частотной характеристики дреноукладчика может быть с большим успехом применен для уточнения его теоретической модели.

Библиографический список.

1. Материалы контрольных испытаний дреноукладчика ЭТЦ-202 на территории совхоза «Ильичевский» Багратионовского района Калининградской области. Том 2. Продольные профили дрен. Запгипроводхоз. Калининград. 1988 г.

2. Материалы контрольных испытаний дреноукладчика МД-12 и экскаватора ЭТЦ- 202Б на территории совхоза «Добринский» Гурьевского района Калининградской области. Том 3. Продольные профили дрен. Запгипроводхоз. Калининград. 1988 г.

3. Лазерная техника в мелиоративном строительстве. А.Н. Ефремов, А.К. Камальдинов, А.И. Мармалев, В.Г. Самородов. – М.: Агропромиздат, 1989 г., 223 с.

4. Луговский В.В. Динамика моря. Л., Издательство «Судостроение». 1976. 199 с.

5. Бендат Дж., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа. М., Мир.1983. 312 с.

6. Льюис Э., Стерн Х. Гидравлические системы управления. М., Мир. 1966. 401 с.

УДК 631.354

ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА СТЕБЛЕЙ ХЛЕБНОЙ МАССЫ В МОЛОТИЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МСУ

***Шрейдер Юрий Михайлович**, кандидат технических наук, доцент, Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Кисловодский государственный многопрофильный техникум», shryder@yandex.ru*

***Горбачев Иван Васильевич**, доктор селькохозяйственных наук, член-корр. РАН, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, shryder@yandex.ru*

***Ключевые слова:** аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство, поток стеблей, молотильное пространство, энергоемкость.*

***Аннотация:** рассмотрена траектория движения потока стеблей и путь, проходимый стеблями в молотильном пространстве аксиально-роторного МСУ и влияющие на них конструктивные и технологические факторы.*

Keywords: *rotor axial-flow threshing and separating system, the flow of stalks, threshing space, power consumption.*

Abstract: *considered the trajectory of the flow of the stems and the path the stalks in the threshing space axial-rotary threshing-separating device and influencing them in constructive and technological factors.*

Путь, проходимый массой в молотильном пространстве во многом определяет качественные и энергетические показатели работы бильных МСУ. В барабанных устройствах его величина равна длине дуги подбарабанья (деки). В аксиально-роторном МСУ поток массы проходит путь значительно больший. Его величину определяет не длина ротора, а траектория движения стеблей в молотильном пространстве. Исследования проводили на аксиально-роторном МСУ, длина ротора 3,2 м, диаметр ротора 760 мм. Число бичей в молотильной секции и планок в сепарирующей секции – четыре; число винтовых направителей на кожухе ротора 20, частота вращения ротора n_p = 980 мин$^{-1}$. Увеличение приведенной подачи хлебной массы от 3 до 10 кг/с не влияет на траекторию и скорость движения потока массы в молотильном пространстве. Мощность, потребная на привод ротора растет пропорционально концентрации стеблей (величине подачи) в молотильном пространстве. Большое влияние на траекторию движения потока оказывает состояние хлебной массы выражаемое через коэффициент $\mu_{тр}$ трения стеблей по поверхности бичей ротора и его кожуха. При $\mu_{тр}$ = 0,4 поток стеблей делает 10…11 оборотов вокруг ротора на одном метре его длины (рисунок 1), при $\mu_{тр}$ = 0,8 – 20…21 оборот. Повышение коэффициента $\mu_{тр}$ в два раза увеличивает путь, проходимый потоком стеблей в молотильном пространстве практически на ту же величину.

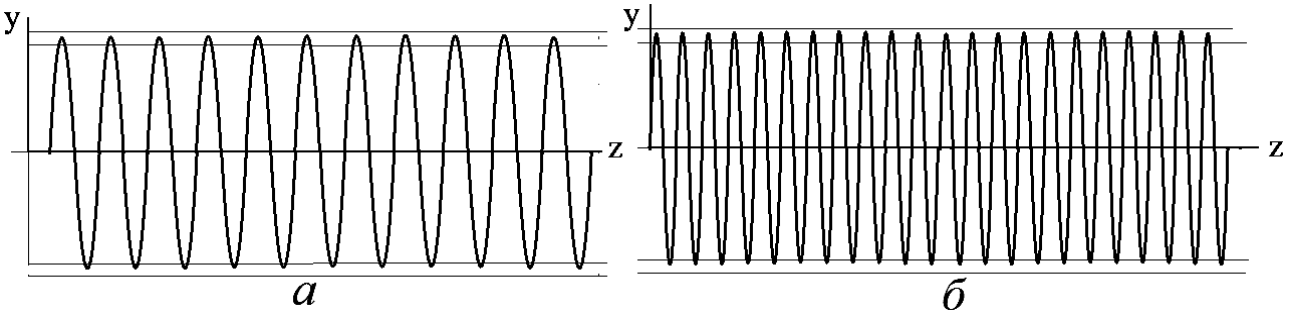


Рис. 1. **Траектория движения потока стеблей в молотильном пространстве:**
а – $\mu_{тр}$ = 0,4; *б* – $\mu_{тр}$ = 0,8

Наряду с коэффициентом $\mu_{тр}$ на траекторию движения потока массы и путь S проходимого массой в молотильном пространстве оказывает значительное влияние угол $\theta_б$ наклона бичей к образующей ротора (таблица 1).

Таблица 1

Влияние угла $\theta_б$ наклона бичей ротора к его образующей и коэффициента $\mu_{тр}$ трения массы на путь S проходимый потоком стеблей в молотильном пространстве

Угол $\theta_б$ наклона бичей, град.	0		40	
Коэффициент $\mu_{тр}$	0,4	1,2	0,4	1,2
Путь S потока стеблей, м	50	200	13	20

При $\theta_б = 0$ увеличение $\mu_{тр}$ от 0,4 до 1,2 повышает путь S проходимый потоком почти в четыре раза. То же увеличение $\mu_{тр}$ при $\theta_б = 40^0$ повышает путь S только в 1,5 раза. Увеличение пути, проходимого потоком массы в молотильном пространстве с ростом $\mu_{тр}$ может служить объяснением высоких качественных показателей аксиально-роторных МСУ при обмолоте влажных и засоренных хлебов. Оно же является причиной высокой энергоемкости аксиально-роторных МСУ в этих условиях. При $\theta_б = 0$ на обмолоте массы с коэффициентом трения $\mu_{тр} = 0,4$ величина мощность, потребная на привод ротора на подаче 10 кг/с может достигать 150…200 кВт, а с коэффициентом трения $\mu_{тр} = 1,2$ – 600…800 кВт.

Угол $\theta_в$ установки винтовых направителей к образующей ротора достаточно серьезно влияет на показатели движения потока стеблей в молотильном пространстве (рисунок 2).

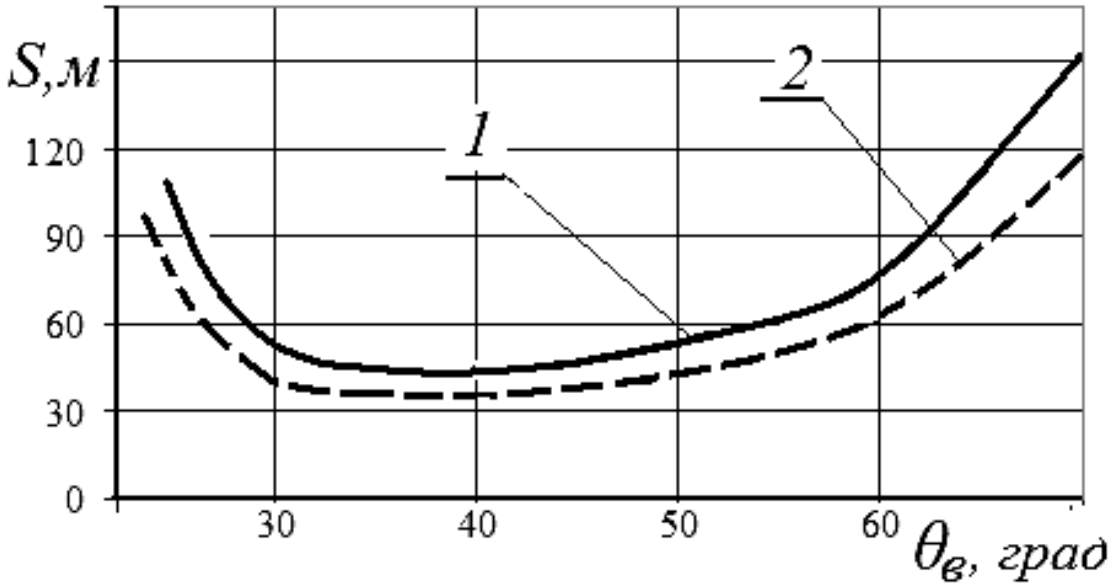


Рис. 2. **Путь, проходимый потоком стеблей в молотильном пространстве от угла $\theta_в$ установки винтовых направителей**
($\mu_{тр} = 0,4$); длина ротора : 1 – 3м; 2 – 2м.

При значении $\theta_в < 30^0$ и $\theta_в \rightarrow 0$ т.е. меньше угла трения массы путь, S проходимый потоком стеблей в молотильном пространстве интенсивно возрастает и может достигать ста и более метров (длина ротора 3 м). В этом случае поток стеблей «перескакивает» через винтовые направители, сами

направители создают дополнительное сопротивление движению. При $\theta_в > 70^0$ шаг траектории потока стеблей снижается до минимума и возможно наслоение соседних витков потока. Увеличение коэффициента $\mu_{тр}$ трения до 1,2 повышает S в 1,5…2 раза во всем диапазоне изменения $\theta_в$. Представленный фрагмент исследований позволяет сделать вывод, что изменением углов установки к образующей ротора бичей и винтовых направителей можно получить одинаковый путь S, проходимый потоком стеблей в молотильном пространстве при различной длине ротора. Так согласно графикам на рисунке 2 путь S величиной 45 м возможно получить при длине ротора 3 м и угле $\theta_в$ наклона винтовых направителей к его образующей 40^0, или при длине ротора 2 м и $\theta_в = 50^0$. Путь S = 60 м при длине ротора 3 м и $\theta_в = 54^0$, или при 2 м и $\theta_в = 60^0$. Совершенно очевидно, что величина пути, проходимого потоком стеблей в молотильном пространстве определяет число ударов, наносимых бичами ротора по стеблям, и, следовательно, показатели обмолота колосьев, сепарации зерна и энергетические показатели работы аксиально-роторного МСУ. Число $n_н$ винтовых направителей и угол $\alpha_н$ охвата поверхности кожуха ротора винтовыми направителями. Увеличение числа $n_н$ направителей на кожухе ротора приводит к снижению пути S, проходимого потоком стеблей в молотильном пространстве (рисунок 3).

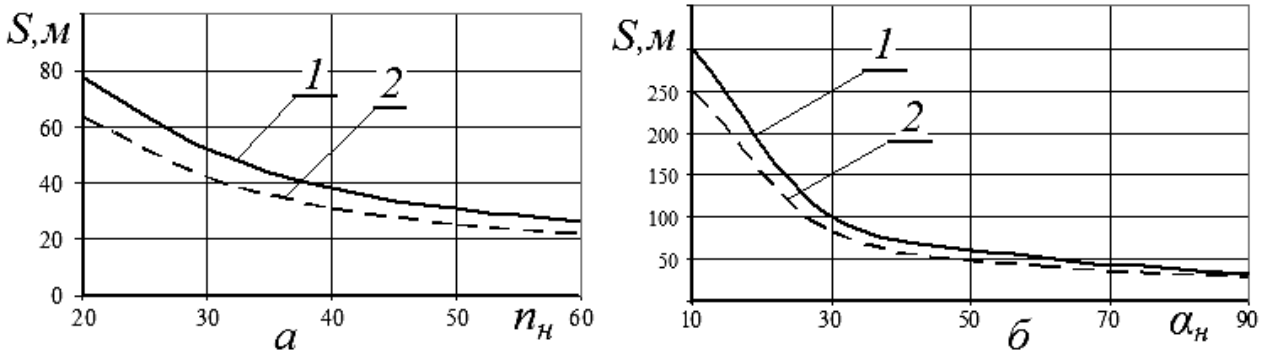


Рис. 3. **Влияние числа $n_н$ направителей (*а*) и угла $\alpha_н$ охвата им окружности кожуха (*б*) на путь S, проходимый потоком стеблей в молотильном пространстве:**

1 – длина ротора $L_р$ = 3 м; 2 – $L_р$ = 2 м

Наиболее интенсивно S (в 2 раза) снижается при увеличении $n_н$ от 20 до 40. Далее при $40 < n_н < 60$ интенсивность снижения $S(n_н)$ уменьшается. Подобную картину наблюдаем при увеличении угла $\alpha_н$ охвата направителями окружности кожуха. Интенсивное (почти в 6 раз) снижение S при $10 < \alpha_н < 40^0$, и меньшее, практически незаметное при $50 < \alpha_н < 90^0$. Представленные результаты исследований показывают, что подбором указанных конструктивных параметров аксиально-роторного МСУ можно существенно снизить его габариты, влияющие в определенной степени на габариты и массу комбайна, и оптимизировать показатели работы аксиально-роторного МСУ в различных условиях уборки.

УДК 614.8:656.13

КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В АПК

***Христофоров Евгений Николаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, en-x@bk.ru*

***Аннотация.** Рассмотрены критерии безопасности транспортных процессов в агропромышленном комплексе.*

***Ключевые слова:** безопасность, транспортные процессы в АПК, дорожно-транспортное происшествие, статистические показатели, вероятностные показатели.*

***Abstract.** The criteria of safety of transport processes in the agro-industrial complex are considered.*

***Keywords:** safety, transport processes in the agro-industrial complex, road traffic accident, statistical indicators, probabilistic indicators.*

Уровень безопасности транспортных процессов в АПК осуществляется с помощью специальных показателей (критериев). В зависимости от способа их получения критерии безопасности транспортных процессов (БТП) могут быть статистическими и вероятностными.

Статистические показатели являются единственно объективными показателями уровня безопасности транспортных процессов, однако они имеют ряд недостатков, которые можно устранить с помощью вероятностных показателей.

Каждый транспортный рейс может закончиться благополучным исходом или дорожно – транспортным происшествием. Возможные исходы транспортного рейса являются случайными событиями. Это обусловлено случайностью появления в данном транспортном рейсе того или иного неблагоприятного фактора и случайностью действий водителя по предотвращению последствий его воздействия. Поэтому в качестве показателя БТП принимается вероятность отсутствия дорожно – транспортного происшествия, являющаяся единственной объективной мерой, которая характеризует количественно уровень безопасности движения [1, 2].

Обозначим через P вероятность благополучного завершения транспортного рейса, а через Q вероятность появления ДТП (уровень риска) [2, 3]. Ясно, что

$$P + Q = 1 \qquad (1)$$

Поэтому для оценки уровня БТП или уровня риска достаточно знать одну из этих составляющих.

Безопасность выполнения N транспортных рейсов определяется безопасностью выполнения каждого из N транспортных рейсов.

При уровне риска в каждом транспортном рейсе Q определим вероятность того, что в N транспортных рейсах произойдет $n(n=\overline{1,N})$ дорожно – транспортных происшествий. В соответствии с теоремой о повторяемости опытов аналитическая зависимость $Q_n = f(Q,N,n)$ будет определяться биноминальным распределением

$$Q_n = C_N^n \cdot Q^n \cdot (1-Q)^{N-n}, \quad (2)$$

где $$C_N^n = \frac{N!}{n! \cdot (N-n)!}$$

Поскольку Q << 1,0 и N довольно велико, с достаточной степенью точности биноминальное распределение можно заменить распределением Пуассона. Тогда

$$Q_n = \frac{(N \cdot Q)^n}{n!} \cdot e^{-N \cdot Q}, \quad (3)$$

Вероятность благополучного завершения всех N транспортных рейсов можно определить из (3) при п =0:

$$P_{БД} = Q_0 = e^{-N \cdot Q} = e^{-N \cdot (1-P)} \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой зависимость безопасности движения полетов $P_{БД}$ от безопасности одного транспортного рейса P.

Если

$$N = \sum_{i=1}^{N} \frac{t_i}{T_{ДТП}} \quad (5)$$

где t_i – продолжительность $i-$ транспортного рейса, а $Q = \Lambda t_i$ и $\Lambda = \frac{1}{T_{ДТП}}$, то

$$Q_n = \frac{(\sum_{i=1}^{N} \frac{t_i}{T_{ДТП}})}{n!} \cdot e^{-(\sum_{i=1}^{N} \frac{t_i}{T_{ДТП}})} \quad (6)$$

Использование вероятностных показателей БТП позволяет задавать требования к проектируемым транспортным средствам уровню БТП, оценивать влияние на БТП различных мероприятий и соответствие фактического уровня БТП заданному.

Дорожно – транспортное происшествие появится тогда, когда последствия воздействия неблагоприятного фактора на транспортное средство не будут предотвращены водителем. За событие предотвращения обычно принимается невыход определяющего параметра за свое предельное значение, т.е. $x_i < x_{ПР}$.

Метод вычисления вероятностей безопасного завершения транспортного рейса P и уровня риска Q зависит от вида фактора и его последствия, а также от свойств системы, на которую он действует.

Факторы могут быть дискретными и непрерывными во времени, однократными и многократно повторяющимися, независимыми и зависимыми. Появление дискретных во времени факторов не зависит от времени транспортного рейса, а определяется этапом транспортного рейса (или видом маневра) и уровнем подготовки водителя. Вероятность появления непрерывных во времени факторов зависит от времени выполнения транспортного рейса. К дискретным можно отнести ошибки водителя при выполнении какого-либо этапа дорожного движения, к непрерывным – отказы техники, воздействия атмосферных явлений и другие. Однократные факторы в течение транспортного рейса могут появиться один раз. Многократно повторяющиеся – несколько раз; они могут появляться, если последствия предыдущих предотвращены водителем. Факторы считаются независимыми, если их воздействия на транспортное средство не зависят от последовательности их появления в транспортном рейсе. Во всех случаях вычисление вероятностей безопасного завершения транспортного рейса может быть осуществлено непосредственным применением теорем теории вероятностей [3].

Вычисление вероятностных показателей при воздействии неблагоприятных факторов на восстанавливаемые системы. Предотвращение последствий воздействия неблагоприятных факторов на такие системы приводит к восстановлению их работоспособности.

Рассмотрим воздействие п факторов. При этом примем предположения:

– воздействие каждого фактора приводит к одному вполне определенному последствию;

– поток факторов $i-$ го типа является простейшим (пуассоновским) с параметром $\lambda_i (i = \overline{1,n})$;

– события появления фактора, предотвращение его последствия и восстановление системы происходят одновременно;

– вероятность предотвращения последствий воздействия $i-$го фактора равна и зависит от режима движения, на котором появился неблагоприятный фактор.

Транспортный рейс автотранспортного средства продолжительностью $t + \Delta t$ завершится благополучно, если совместно произойдут события $A(t)$ и $A(\Delta t)$, состоящие в благополучном исходе транспортного рейса в течение t и

Δt, т.е.

$$A(t+\Delta t) = A(t)A(\Delta t) \tag{7}$$

Событие $A(\Delta t)$ представим в виде

$$A(\Delta t) = B_0 + \sum_{i=1}^{n} B_i^{(1)} C_i + B_{>1} C \tag{8}$$

где B_0 – событие, при котором за промежуток времени t, $t+\Delta t$ неблагоприятные факторы на транспортное средство не действуют;

$B_i^{(1)}$ – событие, при котором за промежуток времени t, $t+\Delta t$ на транспортное средство может подействовать только один неблагоприятный фактор $i-$го типа;

C_i – событие, при котором последствия фактора $i-$го типа предотвращается водителем и работоспособность системы транспортного средства, на которую он подействовал, полностью восстанавливается;

$B_{>1}$ – событие, при котором за промежуток времени t, $t+\Delta t$ наблюдается появление двух неблагоприятных факторов;

С – предотвращение последствий события $B_{>1}$.

Поскольку потоки неблагоприятных факторов $i-$го типа являются простейшими, поток всех факторов также будет простейшим с параметром $\Lambda = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$.

В соответствии с принятыми предположениями представим экспоненциальные функции, являющиеся вероятностями событий (8):

$$p(B_0) = p(\Delta t) = e^{-\Lambda t} = \Lambda \Delta t + 0(\Delta t)$$

$$p(B_i^{(1)}) = q_i(\Delta t) = \lambda_i \Delta t e^{-\lambda_i \Delta t} = \lambda_i \Delta t + 0(\Delta t) \tag{9}$$

$$p(B_{>1}) = 1 - e^{-\lambda_i \Delta t} - \Lambda \Delta t = 0(\Delta t)$$

где $0(\Delta t)$ – величина более высокого порядка малости, чем Δt, т.е. $\frac{Lim}{\Delta t \to 0} = \frac{0(t)}{\Delta t}$

Но формуле полной вероятности из (7) и (8) получим выражение для вероятности благополучного завершения транспортного рейса в течение времени $(t+\Delta t)$:

$$p[A(t+\Delta t)] = P_{БТП}(t+\Delta t) = P_{БТП}(e)[p(\Delta t) + \sum_{i=1}^{n} q_i(\Delta t) r_i + p(B_{>1})\, p(\frac{C}{B_{>1}})] \quad (10)$$

где $r_i = p(C_i)$ – условная вероятность предотвращения последствий воздействия $i-$го неблагоприятного фактора.

Очевидно, что $p(B_{>1})\, p(\frac{C}{B_{>1}}) \le p(B_{>1})$. Тогда на основании (9) имеем

$$p(B_{>1})\, p(\frac{C}{B_{>1}}) = 0(\Delta t) \quad (11)$$

После подстановки (9) и (11) в (10) получим

$$P_{БТП}(t+\Delta t) = P_{БТП}(t)[1 - \sum_{i=1}^{n} \lambda_i s_i \Delta t] + 0(t) \quad (12)$$

откуда

$$\frac{P_{БТП}(t+\Delta t) - P_{БП}(t)}{\Delta t} = P_{БТП}(t) \sum_{i=1}^{n} \lambda_i s_i + \frac{0(\Delta t)}{\Delta t} \quad (13)$$

где $s_i = 1 - r_i$

При переходе в (13) к пределу при $\Delta t \to 0$ получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dP_{БД}(t)}{dt} = -P_{БТП}(t) \sum_{i=1}^{n} \lambda_i s_i \quad (14)$$

решением которого и является вероятность БТП в течение времени t при воздействии неблагоприятных факторов на транспортное средство с учетом предотвращения их последствий водителем:

$$P_{БТП}(t) = e^{-\sum_{i=1}^{n} \lambda_i s_i t} \quad (15)$$

Уровень риска

$$Q = 1 - P_{БТП}(t) = e^{-\sum_{i=1}^{n} \lambda_i s_i t} \quad (16)$$

Для повторяющихся транспортных рейсов t в (15) и (16) приобретает смысл суммарного пробега, так как вероятность БТП равна произведению вероятностей безопасности отдельных транспортных рейсов.

Библиографический список

1. Сакович Н.Е., Христофоров Е.Н. Безопасность транспортных работ в АПК // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2007. № 6. С. 55-56.

2. Шкрабак В.С., Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е., Самусенко В.И., Букина М.А., Пудиков И.В. Совершение методов анализа ДТП // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 8. С. 45-46.

3. Сакович Н.Е Математическое моделирование в обеспечении безопасности дорожного движения: монография. Брянск. 2011. 176 с.

УДК 656.13:614.8

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В АПК И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

***Сакович Наталия Евгеньевна**, доктор технических наук,, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, nasa2610@mail.ru*

***Аннотация.** Рассмотрены факторы, влияющие на безопасность транспортных процессов.*

***Ключевые слова:** безопасность, транспортные процессы в АПК, дорожно-транспортное происшествие.*

***Abstract.** Factors affecting the safety of transport processes are considered.*

***Keywords:** safety, transport processes in the agro-industrial complex, road traffic accident.*

Безопасность транспортных процессов в АПК в значительной степени определяется свойствами транспортной системы, которая является сложной человеко – машинной системой. На надежность функционирования такой системы оказывают влияние различные факторы, в том числе неблагоприятные, которые в процессе транспортных рейсов, приводят к дорожно – транспортным происшествиям (ДТП). Условно эти факторы можно разделить на следующие три группы: технические, личностные, условия внешней среды, дорожные и погодные условия (рисунок 1) [1].

К техническим факторам относятся свойства транспортных средств (ТС), технические средства управления и обеспечения транспортных процессов. Из всех свойств транспортных средств определяющее влияние на безопасность транспортных процессов (БТП), оказывают совершенство конструкции и надежность ее работы. Совершенство конструкции включает не только качество проектно – конструкторских разработок, высокие технические характеристики, но также эргономическое соответствие свойств транспортных средств возможностям человека, применяющего и обслуживающего эту технику.

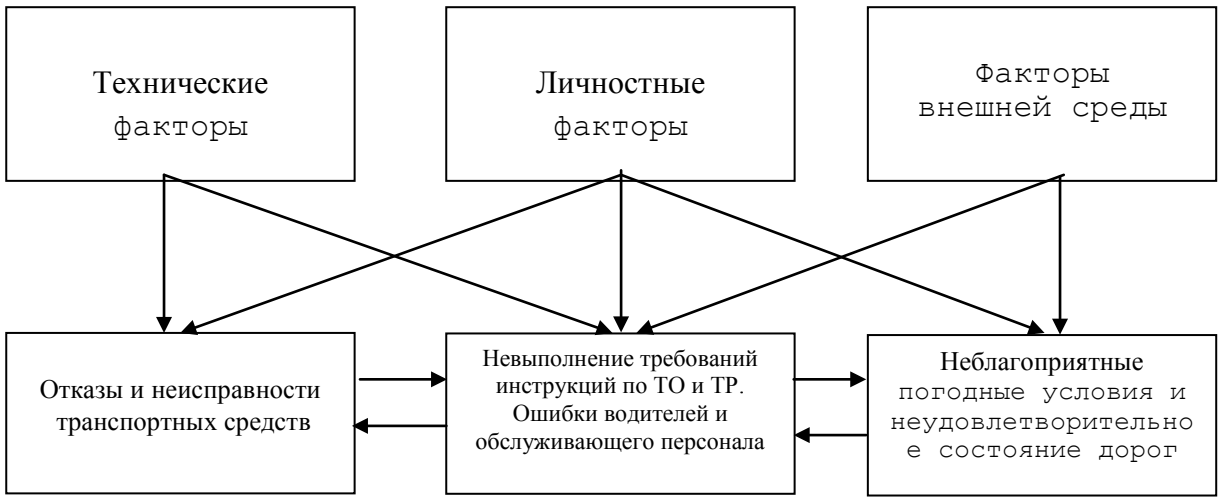


Рис. 1. **Структурная схема взаимосвязи неблагоприятных факторов**

К личностным факторам относятся профессиональная подготовка специалистов, применяющих и обслуживающих технику, их психофизиологическое состояние и дисциплина. Недостаточная подготовка и недисциплинированность приводят к неправильным или ошибочным действиям производственного персонала, представляющим угрозу безопасности транспортных процессов.

К условиям внешней среды относятся: неудовлетворительные дорожные условия, опасные метеорологические явления (сильный ветер, гроза, обледенение, туман, метель, пыльная буря и другие), большая плотность транспортных процессов. Влияние на безопасности транспортных процессов факторов внешней среды зависит от типа транспортных средств, режима движения и продолжительности транспортных рейсов [2, 3].

Безопасность транспортных процессов как результат благополучного или неблагополучного исхода (дорожно – транспортного происшествия) каждого транспортного рейса зависит от специфики факторов и их последствий. Эта специфика может быть отражена набором признаков, показанных на рисунке 2.

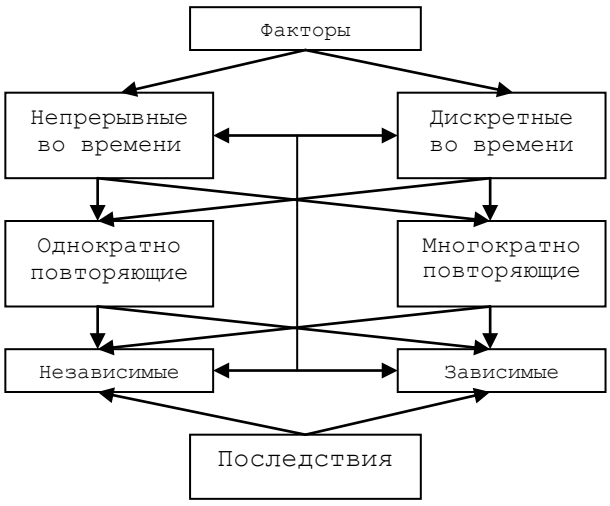


Рис. 2. **Факторы, влияющие безопасность транспортных процессов**

Вероятность появления дискретных во времени факторов не зависит от продолжительности транспортного рейса, а определяется в основном характером рейса, уровнем подготовки водителя и другими критериями. К таким факторам, например, можно отнести ошибки водителя автотранспортного средства при выполнении маневров и перестроений автомобиля на дороге.

Уровень безопасности транспортных процессов в АПК осуществляется с помощью специальных показателей (критериев). В зависимости от способа их получения показатели безопасности транспортных процессов БТП могут быть статистическими и вероятностными. Если первые показатели получаются на основе обработки статистических данных о числе ДТП и пробега ТС за определенный период времени и выражаются в определенных физических величинах, то вторые вычисляются аналитически и выражаются в вероятностной форме [4].

Статистические показатели могут быть абсолютными и относительными, общими и частными. Общие показатели характеризуют уровень безопасности транспортных процессов по всем факторам и причинам, а частные – по конкретным причинам или их группам [5-7].

К общим абсолютным статистическим показателям относятся: общее число дорожно – транспортных происшествий $n_{ДТП}$; число аварий n_A и катастроф n_K; количество погибших водителей $n_{П.В.}$ и пассажиров $n_{П.П.}$; абсолютные материальные потери в результате дорожно – транспортных происшествий M. Значения общих абсолютных показателей зависят не только от уровня безопасности транспортных процессов, но и от численности автопарка автотранспортных предприятий в АПК, общего пробега транспортных средств в километрах и других абсолютных исходных данных.

Зарегистрированные данные о ДТП позволяют проанализировать общие уровни безопасности транспортных процессов.

Абсолютные показатели БТП можно использовать для планирования заказов ТС, уточнения расходов на развитие автомобильной техники, нормирования уровня БТП новых типов автомобилей, выявления общих тенденций в динамике ДТП. Они не могут быть применены для сравнительной оценки уровня БТП различных организаций и видов ТС. Это является их недостатком. Для сравнения уровня БТП могут быть использованы относительные показатели.

Относительные показатели представляют собой отношение к определенному объему наработки или выполненных работ (пробегу в километрах в течение года, количеству перевезенных пассажиров и т.п.). В современной практике в основном используют следующие показатели:

а) средний пробег на одно ДТП

$$T_{ДТП} = \sum_{i-1}^{N} \frac{t_i}{n_{ДТП}} \quad (1.1)$$

где N – число транспортных средств, умствовавших вдорожном движении;

t_i – пробег i – м транспортным средством за определенный период времени (год, квартал, месяц/, км;

$n_{ДТП}$ – количество дорожно – транспортных происшествий за рассматриваемый период;

б) число катастроф, приходящихся на 10^6 км пробега,

$$\overline{n_K} = (\frac{n_K}{L_\Sigma}) \cdot 10^6 \quad (1.2)$$

где L_Σ о – суммарный пробег транспортных средств автомобильного парка за рассматриваемый период, км;

в) число катастроф, приходящихся на 10^3 ч продолжительности транспортных рейсов,

$$\overline{n_{Kt}} = \frac{10^3 \cdot n_K}{\sum_{i-1}^{N} t_i} \quad (1.3)$$

г) число погибших водителей, пассажиров, пешеходов приходящихся на 10^6 пассажиро – километров,

$$\overline{m} = \frac{n^6 \cdot m}{\sum_{j=1}^{k} L_{j\,j}} \quad (1.4)$$

где m – абсолютное число погибших за рассматриваемый период;

k – общее количество транспортных рейсов всех транспортных средств за тот же период;

L_j – протяженность j – го транспортного рейса, км;

Z_j – количество пассажиров, перевезенных в j -м рейсе.

Как было указано ранее, общие статистические показатели имеют интегральный характер и поэтому не позволяют выявить влияние отдельных неблагоприятных факторов или этапов транспортного рейса на безопасность транспортных процессов.

Для исследований безопасности транспортных процессов в АПК часто используются частные статистические показатели. Частные статистические показатели могут быть абсолютными и относительными.

К частным абсолютным статистическим показателям относится число ДТП, аварий, катастроф:

а) вызванных какой-либо причиной, (фактором) или группой причин (факторов);

б) происшедших на различных этапах транспортного рейса.

Частные относительные статистические показатели представляют собой: относительное количество событий (ДТП, аварий, катастроф), происшедших по какой-либо причине (или группе причин) или на различных этапах транспортного рейса; средний пробег на одно событие.

Причинами обычно являются: отказы АТС в целом или отказы отдельных функциональных систем АТС; ошибки различных категорий водителей и обслуживающего персонала; неблагоприятные погодные и дорожные условия транспортного рейса (таблица 1).

Таблица 1

Распределение ДП по группам причин и этапам транспортного рейса, %

Транспортная система	Группа причин дорожно – транспортных происшествий		
	ДТП по вине водителей, %	ДТП из-за неисправ-ностей АТС,%	ДТП из-за неудовлетворительных дорожных условий,%
	60…80	3…6	5…8

Из данных таблицы 1 следует, что ошибки водителей являются превалирующей причиной ДТП в транспортном процессе. Это объясняется не только личностными свойствами каждого водителя, но и несоответствием свойств ТС возможностям водителя и других специалистов обслуживающих ТС. Эти несоответствия в определенных условиях провоцируют ошибки, которые могут привести к ДТП и должны относиться к конструктивно – производственным недостаткам.

По данным исследований наибольшее количество ДТП происходит при превышении скорости, выполнения маневра «обгон», выезда на полосу встречного движения и другие. Это объясняется жестким лимитом времени у водителя на принятие решений, скоротечностью этапа маневров и вследствие этого отсутствием в ряде случаев времени на исправление допущенной ошибки.

Статистические показатели являются единственно объективными показателями уровня безопасности транспортных процессов. Они позволяют интегрально оценить уровень БТП с суммарным учетом всех обстоятельств и причин ДТП. Статистические показатели отражают достигнутый уровень совершенства автомобильной техники, организации, управления и обеспечения транспортных процессов, степень подготовки водителей и всех специалистов транспортной системы [5-7].

Статистические показатели имеют ряд недостатков:

l. Оценивают уровень БТП после совершения ДТП.

2. Не позволяют оценить влияние на БТП отдельного неблагоприятного фактора вследствие ограниченного статистического материала и, следовательно, не позволяют оценить эффективность разрабатываемых мероприятий по повышению уровня БТП.

3. Не могут предсказать изменение уровня БТП при перемене условий

движения, модернизации и совершенствования ТС и другие.

4. Нельзя их использовать при решении задач оптимизации уровня БТП с учетом требований эффективности и экономичности транспортных перевозок.

Библиографический список

1. Христофоров Е.Н. Предотвращение аварийности и травматизма водителей сельскохозяйственных транспортных средств путем инженерно-технических мероприятий: дис. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук. СПб.-Пушкин: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. 2009. 302 с.

2. Шкрабак В.С., Христофоров Е.Н., Шкрабак Р.В. Теоретический анализ обеспечения безопасности транспортных работ в АПК // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 5. С. 46 -43.

3. Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е. Безопасность транспортных работ в АПК // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2007. № 6. С. 55-56.

4. Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е., Никитин А.М., Случевский А.М. Теоретические основы анализа состояния безопасности за определенный период эксплуатации // Вестник Брянского государственного технического университета. 2015. № 1 (45). С. 67-72.

5. Шкрабак В.С., Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е., Самусенко В.И., Букина М.А., Пудиков И.В. Совершение методов анализа ДТП // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 8. С. 45-46.

6. Шкрабак В.С., Христофоров Е.Н., Шкрабак Р.В. Методические аспекты теоретического обоснования безопасности транспортных работ и технические средства ее реализации // Вестник Саратовского Госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2009. № 3. С. 55-64.

7. Христофоров Е.Н., Сакович Н.Е., Никитин А.М. Методы расчета вероятностных показателей безопасности дорожного движения // Вопросы транспорта. Бюл. научных работ № 2. М.: Изд-во Московского ГУПС (МИИТ). 2014. С. 11-17.

УДК 631.331.53

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБИНИРОВАННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

***Фирсов Антон Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, sevenrom777@yandex.ru*

***Голубев Вячеслав Викторович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, slavasddg@mail.ru*

***Аннотация**. В статье приведены результаты экономической оценки применения выравнивающих рабочих органов и высевающего аппарата*

комбинированной машины для посева мелкосеменных культур. Выявлены основные особенности и критерии экономической оценки, представлен экономический эффект от внедрения исследуемых рабочих органов в производственные условия работы.

Ключевые слова: *экономическая оценка, методика экономической оценки, комбинированные машины, сеялка, мелкосеменные культуры, посев, выравнивание, высевающий аппарат.*

Abstract*. The article presents the results of the economic evaluation of the use of leveling working bodies and sowing machine combined machine for sowing small-seed crops. The main features and criteria of economic assessment are revealed, the economic effect from introduction of investigated working bodies in working conditions is presented.*

Keywords*: economic evaluation methods of economic evaluation, combined machine, drill, small-seeded crops, sowing, levelling, sowing machine.*

Государственной программой развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы предусмотрено повышение эффективности возделывания сельскохозяйственных культур с целью обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации с учетом экономической и территориальной доступности продукции агропромышленного комплекса [1]. В связи с этим, актуальным является вопрос не только разработки высококачественных рабочих органов сельскохозяйственной техники, но и оценки экономической эффективности сельскохозяйственных машин для обработки почвы и посева.

Важнейшим этапом экономической оценки применения рабочих органов комбинированных машин является выбор базовых критериев оценки. Государственными стандартами предусмотрена методика экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов (ГОСТ 31345-2007, ГОСТ 23730-88). Однако анализ работ ученых по данному вопросу приводит к выводу об отсутствии общего мнения о методологии проводимых исследований [2]. Расхождения во мнении многих специалистов касается системы и алгоритма применяемых показателей оценки.

При расчете прямых эксплуатационных затрат и капитальных вложений на изготовление рабочих органов, определяющее значение оказывает сравнительная характеристика рабочих узлов комбинированной машины с аналогичной сельскохозяйственной техникой на рынке. Совокупность оценки отдельных рабочих органов позволяет наиболее точно определить экономическую эффективность комбинированной машины, а апробация результата в производственных условиях – доказать эффективность выбранной методики оценки.

Проведенная экономическая оценка выравнивающих рабочих органов и высевающего аппарата блочно-модульной комбинированной машины (БМКА), созданной на базе ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, позволяет оценить эффективную экономическую составляющую работы агрегата.

Прямые эксплуатационные затраты для создания и исследования рабочих органов вычисляются по формуле

$$И = З + Г + R + А + Ф \text{ , руб./га;} \quad (1)$$

где З – затраты на оплату труда персонала, руб./га;

Г – затраты на горюче-смазочные материалы (ГСМ), руб./га;

R – затраты на ТО и ремонт, руб./га;

А – амортизация, руб./га;

Ф – прочие затраты (вспомогательные материалы), руб./га.

Совокупность эксплуатационных затрат и затрат на изготовление рабочих органов составляет общий показатель капитальных вложений для БМКА.

В результате проведения производственных испытаний исследуемых выравнивающих и высевающих рабочих органов получен акт выполненных работ на базе колхоза «Искра» Старицкого района Тверской области [3]. В колхозе «Искра» технологическая операция посева льна проводилась сеялкой СЗЛ-3,6.

При проведении сравнительных испытаний норма высева семян льна составила 120,0 кг/га. Выход продукции: соломы – 24,0 ц/га, семян льна – 2,80 ц/га. Урожайность на предприятии при использовании блочно-модульного комбинированного агрегата составила: соломы – 27,30 ц/га, семян льна – 3,35 ц/га. Таким образом, урожайность по сравнению с базовой технологией повысилась на 14,0%.

Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой технологической операции выравнивания с посевом определяется по формуле

$$Э = [(Впн – Ин) – (Впб – Иб)] Q, \text{ руб.;} \quad (2)$$

где Впн и Впб – валовая продукция по новой и базовой технологии, руб.;

Ин и Иб – оценка затрат по новой и базовой технологии, руб.;

Q – площадь посева, га.

Срок окупаемости предлагаемой машинной технологии

$$Н = Кв/Э \text{ ,} \quad (3)$$

где Кв – капитальные вложения, руб.

Прямые эксплуатационные затраты составили 459,0 руб.

Годовой экономический эффект от внедрения операции в колхозе «Искра» составил

$$Э = [(12395,0 – 459,0) – (10360,0 – 459,0)] = 2035,0, \text{ руб.}$$

При общей площади возделывания льна в 100,0 га экономический эффект составляет 203500,0 рублей. В этом случае срок окупаемости капитальных вложений составляет

$$Н = 190000,0/203500,0 = 0,90 \text{ года.}$$

Все показатели систематизированы (таблица 1).

Таблица 1

Показатели	Базовая машинная технология	Предлагаемая машинная технология
Урожайность продукции, ц/га.	2,80	3,35
Годовой экономический эффект на 1 га посева, руб.	-	2035,00
Капитальные вложения, руб.	-	190000,00
Срок окупаемости капитальных вложений при возделывании 100,0 га посева, лет.	-	0,90

Предлагаемая нами технологическая операция выравнивания с посевом является достаточно эффективной, поскольку повышение урожайности льна позволяет добиться существенного экономического эффекта. При объеме посевных площадей в 100,0 га годовой экономический эффект БМКА составит 203500,0 руб. при сроке окупаемости проекта в 0,90 года.

Таким образом, установлено, что одной из самых перспективных методик экономической оценки является методика сравнения опытного образца с алалогичными машинами на базе предприятий агропромышленного комплекса. При этом методикой необходимо учитывать особенность модульного принципа работы комбинированной машины.

Библиографический список

1. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы. – Министерство сельского хозяйства РФ. – В редакции, введенной в действие с 1 января 2018 года.

2. Овчинников В.А. Повышение эффективности машин для посева мелкосеменных культур // В сборнике: Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора С.А. Лапшина. Сер. «Лапшинские чтения». 2017. С. 14-22.

3. Фирсов А.С. Испытания пневматического высевающего аппарата для льна на базе блочно-модульного комбинированного адаптера / А.С. Фирсов, В.В. Голубев, А.В. Кудрявцев, М.А. Сафонов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 3. С. 35-38.

УДК 631.314.3

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫРАВНИВАТЕЛЯ ПОЧВЫ

***Никифоров Максим Викторович**, старший преподаватель кафедры технической эксплуатации автомобилей, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, mnikiforov@tvgsha.ru*

***Голубев Вячеслав Викторович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, slavasddg@mail.ru*

***Горбачёв Иван Васильевич**, доктор сельскохозяйственных наук, член –корр. РАН, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, slavasddg@mail.ru*

***Аннотация**. В данной статье представлена методика лабораторных исследований рабочих органов для выравнивания почвенного профиля. Установлены характеристики изменения основных свойств почвы в зависимости от режимов работы выравнивающих органов. Использование предложенной методики позволяет определить необходимый диапазон изменения параметров и режимов работы выравнивателей почвы при возделывании мелкосеменных культур.*

***Ключевые слова:** выравниватель почвы, свойства почвы, мелкосеменные культуры, почвенный канал, приборное обеспечение, статистическая обработка данных.*

***Abstract.** This article presents a technique for laboratory studies of working organs for leveling the soil horizon. The main characteristics of soil properties change are determined depending on the operating conditions of the leveling organs. The use of the proposed method allows to determine the optimum range of parameters and modes of operation of soil levelers for cultivation of small-seed crops.*

***Keywords:** soil leveler, soil properties, small-seeded crops, soil channel, instrumentation, statistical data processing.*

В условиях импортозамещения исследование технологических процессов, связанных с качественной предпосевной обработкой почвы, включающей целый спектр технологических операций, является актуальной задачей. Концепцией и стратегией развития сельскохозяйственной техники [1] предусматривается разработка и внедрение инновационных, а также приспособленных к условиям функционирования орудий и рабочих органов для предпосевной обработки почвы. На основании выполненных теоретических исследований [2] предложена инновационная конструкция выравнивателя почвы (заявка № 2018111823 от 02.04.18г.).

Результатами анализа патентно – лицензионной и научно – технической литературы, данных предварительных полевых исследований установлено, что

существующие рабочие органы для выравнивания почвы не в полной мере удовлетворяют предъявляемым агротехническим требованиям по ГОСТ 26244-84 на предпосевную подготовку почвы при возделывании мелкосеменных культур.

Целью исследования является определение в лабораторных условиях качественных и энергетических показателей функционирования выравнивающих рабочих органов для выравнивания почвы. Задачами исследования являются: составление методики проведения лабораторных исследований выравнивателей почвы, выполнение эксперимента, обработка и анализ полученных результатов.

Программой и методикой экспериментов на кафедре технологических и транспортных машин и комплексов ФГБОУ ВО Тверская ГСХА предусмотрена разработка лабораторной установки, включающей почвенный канал, тяговую установку, необходимое приборное обеспечение. Почвенный канал 1 (рисунок 1) размером 15000 х 1000 х 800 мм имеет деревянные стенки, что позволяет заменять почву различную по типу и гранулометрическому составу. Направляющие 5 служат для перемещения тележки 4 с выравнивателями различной формы. Тяговая установка включает электродвигатель 8, коробку перемены передач 9, муфту 10.

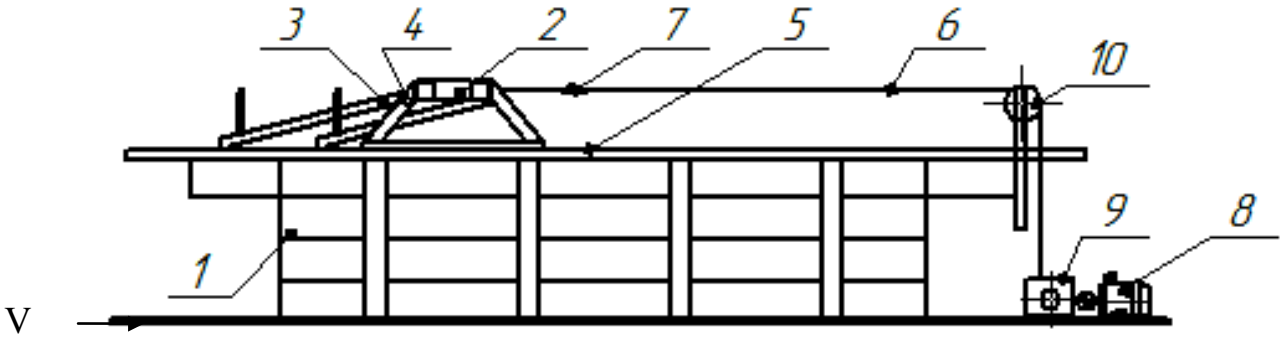


Рис. 1. **Почвенный канал**

1 – деревянный короб; 2 – рамка для крепления рабочих органов; 3 – рабочий орган; 4 – транспортная тележка; 5 – направляющие тележки; 6 – тросовое соединение; 7 – динамометр; 8 – электродвигатель; 9 – коробка перемены передач; 10 – муфта с переменной высотой

Тележка 4, к которой закреплена рамка 2, имеет устройство для крепления различных выравнивателей 3. Размерные характеристики рамки позволяют осуществлять измерения при одновременной установке до 5…7 выравнивателей, расположенных в несколько рядов. Совокупная работа электродвигателя 8 мощностью 3 кВт и пятиступенчатой коробки перемены передач 9 позволяет в широких пределах изменять скоростные режимы работы тележки 4. Измерение тягового сопротивления, создаваемого выравнивателями почвы, производится с применением динамометра 7 марки ДПУ-1-2 [3], имеющего погрешность измерения $\pm$ 2,0 %.

Изменение удельной нагрузки выравнивателей на почву определяется по силе тяжести рабочего органа [Н] и поверхностно – распределённой нагрузке [Н/см^2], что обеспечивается изменением массы балласта от 3,0 до 12,0 кг.

Перед началом эксперимента определяются исходные свойства почвы на поверхностном горизонте до 50,0 мм. При необходимости почву увлажняют до исходного состояния влажности, соответствующей естественным условиям. Измерение абсолютной влажности почвы осуществляется с применением бюкс, сушильного шкафа, термометра и весов марки. Затем определяется плотность почвы с использованием вырезных колец и фиксируется её твёрдость. Структурность почвы измеряется методом сит с отверстиями различного размера. При несоответствии исходного состояния почвы, её свойства изменяются с применением прикатывающих или рыхлительных рабочих органов. После контроля исходных свойств поверхностного горизонта почвы в десяти точках по методике [4] устанавливается необходимый комплект рабочих органов выравнивателей различной формы. Режимы работы – поступательная скорость и масса балласта, изменяется в соответствии с принятой план – матрицей проведения лабораторных экспериментов. Повторность выполнения экспериментальных исследований трёхкратная.

Рекогносцировочными исследованиями установлены форма и предварительные размеры полозовидного выравнивающего рабочего органа, показавшего положительные результаты в сравнении с ротационными выравнивателями сплошного или локального действия [5]. Также принято разделить четырёхфакторный эксперимент на 2 двухфакторных. Тогда матрица планирования полнофакторного эксперимента ПФЭ типа 3^2, позволит снизить трудоёмкость без уменьшения информативности проведения эксперимента.

Принимается, что фактор А – скорость имеет следующий диапазон варьирования – 0,40; 1,60; 2,80 м/с, а фактор Б – масса балласта принимает значения от 0 до 12,0 кг с интервалом 6,0 кг. Кодирование параметров исследуемых уровней варьирования отражено в таблице, где средние и предельные значения отмечены соответствующими кодами: (-1), (0) и (+1). При выполнении лабораторных экспериментальных исследований получены результаты изменения физико – механических свойств почвы, а также энергоёмкости работы выравнивателя почвы, в зависимости от параметров и режимов его работы (таблица 1).

Таблица 1

План – матрица ПФЭ типа 3^2 с результатами лабораторных исследований

№	Исследуемые факторы		Значение откликов после прохода выравнивателя почвы				
		Б	Гребнистость, мм	Твёрдость, МПа	Плотность, г/см^3	Абсолютная влажность, %	Тяговое сопротивление, Н
	1	-1	13,65	0,10	1,107	14,91	103,0
		-1	12,50	0,11	1,140	14,45	104,0
	1	-1	12,33	0,10	1,076	14,34	105,0
	1	0	21,70	0,10	1,047	14,98	269,0
		0	20,70	0,11	1,072	14,97	280,0
	1	0	21,50	0,10	1,158	14,75	287,0

	1	+1	29,23	0,11	1,266	14,33	420,0
		+1	33,00	0,11	1,144	14,60	434,0
	1	+1	31,23	0,12	1,122	14,13	456,0
0		контроль	27,35	0,09	1,018	14,51	100,0

Контролем принимается участок почвенного канала без воздействия выравнивателя почвы.

Статистическая обработка значений указывает на достоверность полученных результатов, вследствие ошибки эксперимента в пределах 3,0%. Получены функциональные зависимости (1)

$$\Delta\Gamma, \Delta T, \Delta\rho, \Delta W, \Delta P = f(V; G), \quad (1)$$

где Г – гребнистость, мм;

Т – твёрдость почвы, Н/см^2;

ρ – плотность поверхностного слоя почвы, г/см^3;

W – абсолютная влажность почвы, %;

Р – тяговое сопротивление выравнивателя, Н;

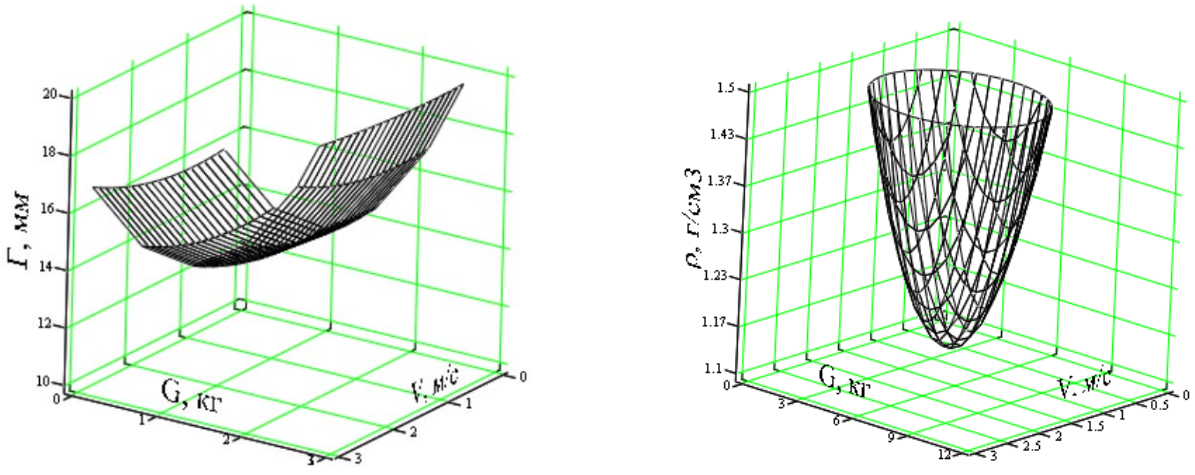
V – скорость перемещения выравнивателя почвы, м/с;

G – масса балласта, кг.

После серии экспериментов и обработки результатов, получены регрессионные зависимости (2) и (3), которые послужили основой для построения трёхмерных графиков (рисунок 2) с применением лицензионной программы Mathcad Prime 3.0 (лицензионное соглашение № 464457 от 10.09.2014).

$$\Gamma(V,G) = 15{,}91 - 0{,}56V - 3{,}86G + 0{,}30V^2 + 1{,}91G^2, \text{ мм.} \quad (2)$$

$$\rho(V,G) = 3{,}23 - 1{,}67V - 0{,}25G + 0{,}52V^2 + 0{,}021G^2, \text{ г/см}^3. \quad (3)$$



а б

Рис. 2. **Графики изменения свойств почвы от исследуемых режимов работы выравнивателя**

а – изменение гребнистости почвы; б – изменение плотности почвы

Анализ полученных регрессионных уравнений позволил сделать вывод,

что на величину изменения гребнистости и плотности поверхностного слоя почвы в большей степени оказывает влияние масса балласта. Скорость перемещения выравнивателя имеет меньшую степень влияния на исследуемые свойства почвы, однако характер изменения является идентичным.

Анализ графической зависимости изменения гребнистости (рисунок 1, а) показывает, что оптимальное значение до 20,0 мм наблюдается при массе балласта до 3,0 кг. Изменение гребнистости незначительно зависит от скорости движения рабочего органа.

Анализ графика (рисунок 1, б) показывает, что оптимальное значение плотности, соответствующее агротехническим требованиям на предпосевную обработку почвы (1,0…1,3 г/см^3), создаётся при скорости движения выравнивателя от 1,10 до 1,90 м/с и массе балласта в диапазоне от 3,0 до 9,0 кг.

Таким образом, оптимальными режимами работы выравнивателя почвы для создания свойств, соответствующих агротехническим требованиям под посев мелкосеменных культур, являются: скорость движения от 1,10 до 1,90 м/с и масса балласта 3,0 кг.

Следующим этапом исследований является определение изменения физико – механических и технологических свойств почвы, в зависимости от исследуемых параметров и режимов работы выравнивателя почвы в полевых условиях.

Библиографический список

1. Фисинин В.И., Лачуга Ю.Ф., Жученко А.А. и др. Стратегия машинно – технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года // М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2006. 80 с.

2. Никифоров М.В., Голубев В.В., Кудрявцев А.В. Анализ конструктивных особенностей рабочих органов для выравнивания почвы при посеве мелкосеменных культур // Сб. науч. трудов по материалам Международной научно – практической конференции 6 – 8 февраля 2018 года. Конкурентоспособность и инновационная активность АПК регионов. Тверь. 2017. С. 200-203.

3. Динамометры общего назначения. ДПУ – 1 – 2. Паспорт Гб 2.782.070 ПС. 2010. 10 с.

4. Никифоров М.В., Голубев В.В., Андреев А.Н. Методика лабораторных исследований выравнивателя // Сб. науч. трудов по материалам Международной научно – практической конференции 6 – 8 февраля 2018 года. Конкурентоспособность и инновационная активность АПК регионов. Тверь. 2017. С. 206-209.

5. Голубев В.В., Кудрявцев А.В., Фирсов А.С. Методика проведения агротехнического полевого опыта // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 4. С. 43-48.

УДК 631.314

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВОГО ОПЫТА КОМБИНИРОВАННОЙ МАШИНЫ

***Кудрявцев Андрей Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, andrei.cudryavtsev21103@yandex.ru*

***Фирсов Антон Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, sevenrom777@yandex.ru*

***Никифоров Максим Викторович**, старший преподаватель кафедры технической эксплуатации автомобилей, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, mnikiforov@tvgsha.ru*

***Аннотация**. Приведена методика и результаты проведения двухлетнего полевого опыта исследования факторов предпосевной обработки почвы на значение полевой всхожести мелкосеменных культур.*

***Ключевые слова**: полевая всхожесть, полевой опыт, выравниватель почвы, мелкосеменные культуры, агротехнические требования, комбинированная машина.*

***Abstract.** The technique and results of conducting two years' field experiment of a research of factors of preseeding processing of the soil on value of field germination the small-seed crops is given.*

***Keywords**: field germination, field experiment, the soil equalizer, small-seed crops cultures, agrotechnical requirements, the combined machine.*

Планом выполнения научно – исследовательской работы кафедры технологических и транспортных машин и комплексов предусмотрено выполнение полевых исследований комбинированных машин и агрегатов при возделывании мелкосеменных культур. Разработанная и утверждённая программа и методика экспериментальных исследований включает проведение трёх полевых опытов [1] в течение двух лет при возделывании различных мелкосеменных культур. Известно, что особенно отзывчивы к качеству предпосевной обработки почвы мелкосеменные культуры, к которым отнесены такие стратегические сельскохозяйственные культуры, как лён – долгунец, яровой рапс, а также кормовые культуры – тимофеевка, клевер. Рапс яровой и лён – долгунец являются перспективными масличными и техническими культурами. Применение продукции из семян и зелёной массы рапса осуществляется в различных отраслях промышленности Российской Федерации – металлургической, химической, а также перерабатывающей. Продукция из льна также пользуется большим спросом, особенно в условиях Тверского региона, который «…продолжает оставаться в числе крупнейших льносеющих регионов» [2]. В соответствии с концепцией и стратегией развития сельскохозяйственного машиностроения внимание акцентируется на разработке многооперационных машин и орудий [3]. Установлены основные

направления модернизации почвообрабатывающей техники, применительно к системам точного земледелия [4, 5]. В современных условиях импортозамещения рассматриваются этапы, которые включают внедрение инновационной сельскохозяйственной техники, вопросы селекции и семеноводства, а также модернизации сельскохозяйственной техники применительно к условиям внедрения ресурсосберегающих технологий [6]. На основании анализа свойств мелкосеменных культур, а также результатов собственных предварительных лабораторных исследований, установлено, что вследствие небольших размерных характеристик семян мелкосеменных культур (0,5…3,2 мм [7]) повышается значение финишной предпосевной обработки почвы [6, 8]. Особенностью биологического развития мелкосеменных культур является высокое потребление доступной влаги семенами в начальной фазе произрастания. При этом известно, что несоответствие агротехнических требований по выровненности поверхностного горизонта [9] и высокое уплотнение почвенного слоя приводит к потере доступной влаги, особенно в поверхностном слое и семенном ложе почвы. Качественная подготовка поверхностного горизонта почвы и семенного ложа обеспечивается технологическими процессами предпосевной обработки почвы, включающей культивацию, боронование, прикатывание и выравнивание. Анализ конструктивных особенностей рабочих органов и орудий, применяемых для предпосевной обработки почвы под мелкосеменные культуры на дерново – среднеподзолистых почвах, легко и среднесуглинистых по гранулометрическому составу не в полной мере удовлетворяют предъявляемым агротехническим требованиям [9], в том числе по критерию выровненности в соответствии с требованиями ОСТ 10 4.2 – 2001. Выравнивание, являясь технологической операцией предпосевной обработки почвы, позволяет обеспечить снижение потерь доступной влаги с поверхностного слоя, а одновременное уплотнение почвы увеличивает её запасы в семенном ложе, за счёт нижележащих слоёв. Эффективность функционирования данной технологической операции напрямую зависит от следующих факторов: конструктивные особенности выравнивающих рабочих органов, режимы работы, агрофон, агросроки, техника осуществления операции и возделываемая сельскохозяйственная культура [6]. Цель выполняемых исследований – оценка влияния типа выравнивателя с различным давлением на почву и скоростью перемещения на значение полевой всхожести мелкосеменных культур. Полевые опыты проведены в период с 2016 года на агротехнологическом полигоне ФГБОУ ВО Тверская ГСХА. Заложено три полевых опыта при возделывании следующих мелкосеменных культур – лён – долгунец (сорт Тверской) клевер красный (сорт Ранний 2) и рапс яровой (сорт Луч). Предпосевная обработка почвы проводилась блочно – модульным адаптером БМКА – 3,0 с различным комплектом рабочих органов для выравнивания. Основной характеристикой опытного поля является тип почвы – дерново – среднеподзолистый легко и среднесуглинистый по гранулометрическому составу с уклоном до 8^0. Проведены полевые опыта при варьировании следующих факторов –

качественных (А – сельскохозяйственная культура; Б – форма рабочей поверхности выравнивателя) и количественных (В – удельная нагрузка на почву; Г – скорость перемещения). Исследовались факторы рабочих органов, функционирующих в составе комбинированной машины для предпосевной обработки почвы и посева – БМКА-3,0 [10]. Исследуемые факторы включали следующие уровни варьирования: А – лён, рапс, клевер; Б – ротационный, полозовидный, прутковый; В – 0,1 Н/см^2; 0,25 Н/см^2; 0,40 Н/см^2; Г – 1,50 м/с; 2,15 м/с и 2,80 м/с. Полевые опыты проводились по полнофакторному эксперименту типа двухфакторного эксперимента типа 3^2. Откликом полевого опыта является значение плотности поверхностного слоя почвы, определяемое методом вырезных колец из полевой лаборатории Литвинова, абсолютная влажность, твёрдость и гребнистость. При выполнении полевых исследований измерялась температура гребней почвы, а также её изменение одновременно после прохода выравнивателя и через 5…6 часов. Измерения проведены на поверхностном горизонте почвы на глубине до 50,0 мм. Повторность измерения отклика принята пятикратной методом конверта. Результаты полученных данных по плотности поверхностного горизонта почвы, обработаны статистически (таблица 1).

Таблица 1

Таблица результатов многофакторного эксперимента типа 3^2

№ варианта	Факторы		Значение плотности, г/см^3					Результаты статистической обработки данных		
			Повторность измерения							
	X_1= В	X_2= Г	Yu_1	Yu_2	Yu_3	Yu_4	Yu_5	Среднее значение плотности, г/см^3 $Yu_{ср}$	Дисперсия, D	Коэффициент вариации, % ν
1	-	-	*1,29*	*1,35*	*1,38*	*1,35*	*1,3*	*1,33*	*0,001*	*2,54*
2	0	-	1,26	1,32	1,5	1,43	1,34	1,37	0,009	6,19
3	+	-	1,33	1,44	1,43	1,45	1,38	1,41	0,003	3,20
4	-	*0*	*1,29*	*1,34*	*1,32*	*1,24*	*1,3*	*1,30*	*0,001*	*2,60*
5	*0*	*0*	*1,14*	*1,22*	*1,5*	*1,22*	*1,28*	*1,27*	*0,019*	*9,62*
6	+	0	1,13	1,07	1,11	1,24	1,29	1,17	0,009	7,11
7	-	+	1,12	1,24	1,23	1,06	1,15	1,16	0,006	5,85
8	0	+	1,48	1,21	1,39	1,37	1,36	1,36	0,009	6,39
9	+	+	*1,30*	*1,23*	*1,31*	*1,215*	*1,255*	*1,26*	*0,002*	*3,04*
контроль			1,10	1,17	1,21	1,16	1,12	1,15	0,04	3,36

Последующий анализ полученных результатов, отраженных в таблице 2 по отклику полевой всхожести показал, что максимальные значения данного показателя наблюдаются в вариантах 1, 4, 5 и 9. Значения плотности в данных вариантах полевого опыта находились в пределах 1,26…1,33 г/см^3. Наблюдение за вегетативным развитием растений показали, что дальнейший их рост имеет неодинаковый характер, что сказалось на биологической урожайности льна-долгунца. Наибольшее значение по отклику урожайности семян льна-долгунца составляет 3,3 ц/га и 27,3 ц/га по льносоломе, что в сравнении с контрольным вариантом указывает на увеличение урожайности в среднем на 13,5…15,2 %

Таблица 2

Значение полевой всхожести в зависимости от плотности почвы

№ варианта	Всхожесть полевая (%)	Плотность в период всходов (г/см^3)	Средняя плотность после прохода выравнивателя (г/см^3)	Гребнистость после прохода выравнивателя (мм)
1	91,3	1,44	1,33	21,0
4	79,1	1,39	1,30	13,0
5	86,4	1,38	1,27	12,0
9	89,2	1,40	1,26	18,0
Контроль	78,4	1,61	1,15	40,0

Двухлетние наблюдения по влиянию факторов предпосевного выравнивания в составе комбинированного агрегата позволяют сделать следующие выводы:

1. Наибольшее влияние на значение полевой всхожести льна имеет форма поверхности выравнивателя. Ротационный выравниватель в большей степени копирует поверхность, в отличие от полозовидного, который сглаживает гребни на поверхности почвы независимо от направления расположения последних – вдоль или под углом. Соответственно, полозовидный выравниватель имеет преимущества в сравнении с ротационным, функционирующим на предпосевной обработке почвы под посев льна-долгунца.

2. Степень влияния исследуемых режимов работы выравнивателя на плотность в семенном ложе имеет значительный разброс данных, о чём говорят результаты статистической обработки. Значительное влияние оказывает удельная нагрузка, создаваемая выравнивателем на почву, вследствие чего увеличивается объём влаги, перемещающейся с нижележащего почвенного слоя, положительно влияя на полевую всхожесть и дружность произрастания семян льна – долгунца. Фактическое значение абсолютной влажности почвы на уровне семенного ложа составило в пределах 15,0…18,0 % при плотности в пределах 1,29…1,33 г/см^3.

3. В соответствии с рекомендациями [5] по условиям произрастания льна, с учётом принципов точного земледелия, исследовалось влияние температурного режима, значение которого фиксировалось одновременно

перед прохождением комбинированного агрегата, сразу после прохода выравнивающего рабочего органа и через 6 часов после его прохода. Значение температуры почвы в начальный период (фаза двух листьев) произрастания семян находилось в пределах + 12,0… + 15,0 ^{0}С на всех вариантах полевых опытов. Соответственно, влияние значения температуры почвы на степень изменения полевой всхожести мелкосеменных культур незначительно. Вместе с тем, отмечается, что в зависимости от профиля поверхностного горизонта почвы, среднее значение температуры изменяется в достаточных (2,5…3,0 ^{0}С) пределах.

На основании представленных выводов следующим этапом исследований является: – для возможного управления процессом деформации почвы исследовать влияние переменной удельной нагрузки различными техническими решениями на физико – механические и технологические свойства почвы в семенном ложе на глубину до 50,0 мм; – установить влияние скоростного режима работы выравнивателя на физико – механические свойства поверхностного горизонта почвы – коэффициент структурности, водопрочность почвенных агрегатов, пластичность почвы, а также технологические свойства в естественных условиях – прочность почвы на различные виды деформации.

Библиографический список

1. Голубев В.В., Кудрявцев А.В., Фирсов А.С. и др. Методика проведения агротехнического полевого опыта // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 4. С. 43-48.

2. О государственной программе Тверской области «Сельское хозяйство Тверской области» на 2017 – 2022 годы (с изменениями на: 13.09.2017) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/446203689.

3. Стратегия инновационного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года. – М. – 2011. – 87 с.

4. Светлакова С.А, Светлакова Н.А. Основные направления импортозамещения и модернизации в развитии агропродовольственного регионального рынка // Пермский аграрный вестник. 2017. № 1. С. 137-144.

5. Артюшин А.А., Ковалёв М.М., Ущаповский И.В. Исходные требования на технологию возделывания льна – долгунца с учётом принципов точного земледелия // Тверь. ГНУ ВНИИМЛ. 2011. 11 с.

6. Юнусов Г.С., Валиев А.Р., Гилязов Р.М. и др.Исследование работы комбинированного агрегата для предпосевной подготовки почвы под посев мелкосеменных культур // Вестник Казанского ГАУ. 2011. № 2. С. 112-114.

7. Фирсов А.С. Параметры и режимы работы пневматического высевающего аппарата под мелкосеменные культуры : Дисс… канд. техн. наук: 05.20.01 // Тверь: ТГСХА. 2015. 135 с.

8. Дёмшин С.Л., Черемсинов Д.А. Разработка комбинированного агрегата для осуществления ресурсосберегающего способа обработки почвы и посева // Материалы международной научно – технической конференции. Сборник научных докладов. – М.: ВИМ. 2011. Т. 1. С. 80-90.

9. Никифоров М.В., Голубев В.В., Кудрявцев А.В. Анализ конструктивных особенностей рабочих органов для выравнивания почвы при посеве мелкосеменных культур // Конкурентноспособность и инновационная активность АПК регионов. Сборник научных трудов по матреиалам Международной научно – практической конференции 6 – 8 февраля 2018 года. – Тверь. ТГСХА. С. 200-203.

10. Голубев В.В., Рула Д.М., Коробкин В.С. Блочно – модульный комбинированный адаптер БМКА – 3,0 // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 1. С. 121-123.

УДК 631.351

СЕЛЕКЦИОННЫЙ ТРИММЕР

***Подзоров Алексей Викторович**, научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, alexvp900@yandex.ru*

***Алехин Дмитрий Алексеевич**, ведущий инженер, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, alekhindmitry94@yandex.ru*

***Аннотация.** В селекции зерновых колосовых культур на I-II этапах средства малой механизации очень востребованы. Особенно требуется уборочная техника. В качестве средства для уборки предлагается применять новый селекционный триммер ТС-0,2М ВИМ с электроприводом рабочих органов.*

***Ключевые слова**: селекция, делянка, рядок, зерновые культуры, механизация, триммер.*

***Abstract.** In the selection of cereal crops in the I-II stages of small-scale mechanization means are in great demand. Especially the harvest equipment is required. As a means of cleaning, it is proposed to use a new selection trimmer TS-0,2M VIM with electric drive of the working bodies.*

***Key words**: selection, cutting, row, crops, mechanization, trimmer.*

Комплексная механизация селекционно-опытных работ позволяет существенно увеличить объемы получения семян высокого качества и повысить эффективность всей селекционной деятельности. Работы по созданию средств механизации для селекции, сортоиспытаний и первичного семеноводства сельскохозяйственных культур были начаты в ВИМ в начале шестидесятых годов прошлого века. За тридцать лет было изготовлено более 30 тысяч машин и оборудования для этих целей. Однако с 1993 года в стране практически полностью прекращена разработка и приостановлено производство селекционно-семеноводческой техники для семеноводческих хозяйств. Имеющаяся в настоящее время в селекционно-семеноводческая техника выработала амортизационные сроки и нуждается в обновлении.

Решить проблему механизации процессов в селекции, сортоиспытании и

первичном семеноводстве в России закупкой машин за рубежом не удается из-за высоких затрат на их приобретение и эксплуатацию, а так же необходимости создания специальной системы сервисного обслуживания техники. В сложившихся условиях наибольшую перспективу в решении вопросов механизации селекционно-семеноводческих работ имеет доработка и возобновление производства отечественных селекционных машин для основных технологических процессов, а также разработка нового поколения машин с учетом достигнутого технического уровня и конструктивных решений.

Многообразие размеров опытных селекционных делянок и различный объем уборочного материала не позволяет разработать единую технологию и технические средства уборки урожая с опытных делянок на всех этапах селекционно-семеноводческих работ, поэтому уборка растений в разных питомниках осуществляется различными способами [1, 2].

Для выполнения селекционно-семеноводческих работ используется специальная технология и технические средства, требующие высокого качества и точности выполнения работ на делянках и сортоучастках площадью от нескольких квадратных метров до 100 га.

Уборка растений с делянок первого этапа производят вручную путем срезания растений серпом, ножницами или выдергиванием с корневой системой. Количество образцов требующих анализа исчисляется многими тысячами, например, только в питомниках отбора готовят по каждой культуре до 15…20 тыс. штук растений [2]. Это самая трудоемкая операция в селекции. Уборку растений с однорядковых делянок второго этапа производят также ручным способом. Ручной способ уборки однорядковых делянок является основным в технологии уборки и применяется во многих селекционных учреждениях. Количество делянок на 2 этапе достигает несколько тысяч штук для каждой культуры.

Попытка механизировать уборку однородных делянок на 1-2 этапах, как в России так и зарубежном пока не дала результатов для массового и эффективного применения.

В 1978 году ЦОПКБ ВИМ совместно с отделом механизации Краснодарского НИИСХ под руководством проф. Н.Н. Ульриха начали разработку конструкции однорядковой самоходной жатки-сноповязалки.

Привод механизмов осуществлялся от бензинового двигателя «Дружба-4». Производительность машины – до 200 метровых делянок в час.

Основным рабочим органом, формирующим пучок растений, является плоский резиновый ремень, расположенный в двух ярусах цилиндр накопитель с вязальным аппаратом.

Работа жатки – сноповязки происходит следующим образом. Срезанные растения захватываются плоскими ремнями, расположенными в два яруса (нижний и верхний) и подаются в вертикальный целиндр- накопитель. После того как делянка скошена, машину останавливают и машинист-оператор включает вязальный аппарат, который перевязывает сноп бечевкой. Перевязанный сноп извлекается вручную. Машину переводят на следующую

делянку и процесс повторяется. Машина испытывалась на полях Краснодарского НИИСХ.

В 1984 году в ЦОПКБ ВИМ была подготовлена конструкторская документация и изготовлен опытный образец новой машины для уборки урожая зерновых с однорядковых делянок (рисунок 1) [3].

Машина, в целом, справлялась со свое задачей, однако распространения не получила из-за сложности конструкции, значительной массы (около 90 кг), неподходящих для работы габаритов и наличия бензинового двигателя в непосредственной близости от оператора-машиниста. Селекционеры не приняли эту машину.

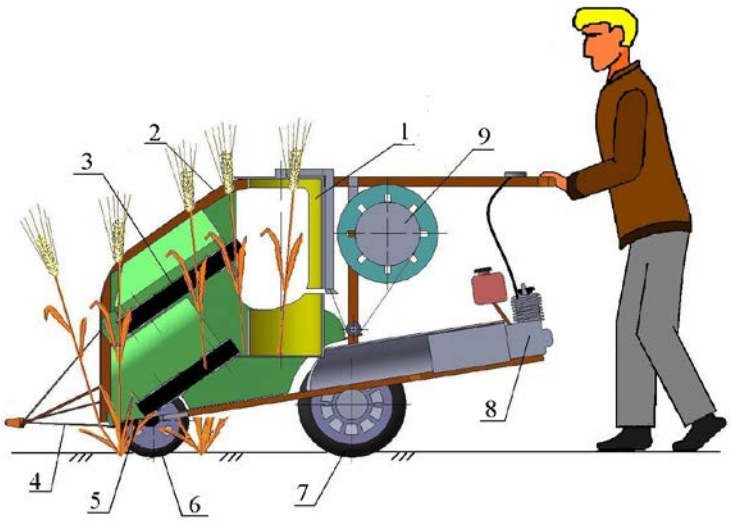


Рис. 1. **Технологическая схема самоходной жатки-сноповязалки**
1 – вязальный аппарат; 2 – рама; 3 – транспортеры верхний и нижний; 4 – делитель; 5 – режущий аппарат; 6 – колесо переднее; 7 – колесо ведущее; 8 – бензиновый двигатель «Дружба»; 9 – катушка для шпагата

Для I-II этапов селекционных работ в России так и не было создано никаких средств механизации и до сих пор применяется ручной труд.

В связи с этим в ВИМ с 2011 года начата разработка нового отечественного технического средства для проведения уборки зерновых колосовых культур на I-II этапе селекционных работ с целью снижения затрат на выполнение технологического процесса в первичном семеноводстве с использованием элементов косилки фирмы GARDENA (Германия).

По разработанным исходным требованиям и техническому заданию в конструкторском бюро ВИМ была разработана конструктивно-компоновочная схема триммера и конструкторская документация для изготовления макетного образца. Макетный образец под маркой ТС-0,2 был изготовлен МЗОК ВИМ (рисунок 2) [3].

В качестве привода режущего аппарата триммера использован электромотор с питанием от литий – ионного аккумулятора. Продолжительность работы на одном аккумуляторе - 60 минут.

В сезон уборки (июль-август 2011) опытный образец триммера, проходил

полевые испытания на селекционных участках Владимирского НИИ сельского хозяйства (г. Суздаль) и получил положительные отзывы.

При срезании растений в рядке триммер устойчиво работал при скорости перемещения по рядку до 0,5 м/сек. Рабочий процесс срезания растений в рядке осуществлялся со скоростью перемещения триммера 0,25 м/сек. Делители триммера хорошо отделяли растения срезаемого рядка от соседних и формировали пучок при незначительной полеглости растений. Если полеглость значительная и стебли соседних рядков перепутаны растения в рядках разделяет помощник оператора.

Производительность оператора с помощником составляла 154 рядка в час. На прямостоящих растениях – 220 рядков в час, при этом помощник оператора вынимал пучок срезанных растений из уловителя, обвязывал бечевкой и прикреплял этикетку и укладывал пучок на поле.

Высота срезания растений от 8 до 15 см регулировалась рукой оператора через рукоятку управления. После срезания стеблей в выбранном рядке оператор переносит его в другой рядок на выбранную делянку. Размеры триммера обеспечивали его размещение в междеряночных дорожках без повреждения стеблестоя соседних делянок. Предлагаемая конструкция триммера ТС-0,2 устойчиво обеспечивала формирование и резание прямостоящих растений злаковых культур (пшеница, ячмень, овес, тритикале). Время срезания пучка до 10 растений – 3-4 сек.

При многих положительных качествах триммера были выявлены и его недостатки: перемещению триммера в рядке оказывали значительное сопротивление комья земли размером более 5 сантиметров, что вынуждало оператора менять траекторию движения или приподнимать триммер; недостаточная высота делителя приводила к тому, что делянки с полеглыми растениями, крупными и особенно высокими растениями, требовали предварительной подготовки рядков; емкость стандартного аккумулятора 1,6 Ач оказалась недостаточна для полноценной работы в течение дня.

Несмотря на недостатки, использование триммера ТС-0,2 вместо серпа и ножниц значительно облегчало труд оператора на уборке делянок и сокращало время уборки в 2 раза.

Опытный образец триммера был показан участникам Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы развития АПК в Верхневолжье», которая состоялась во ВНИИСХ г. Суздаль 28-29 июня 2011 г и демонстрировался на международной специализированной выставке сельхозтехники 6-9 октября 2011.

С учетом накопленного опыта при изучении работы триммера ТС-0,2, в 2017 году в ВИМ проведены работы по модернизации триммера ТС-0,2. Помимо устранения недостатков в конструкцию внедрены дополнительные элементы для улучшения работы такие, как стол-настил для срезанных стеблей. Технические параметры триммера обоснованы исходя из физико-механических, размерных и морфологических свойств и характеристик стеблестоя селекционных посевов, размера селекционных делянок и размещения стеблей в рядке [2, 4].

Рис. 2. **Конструктивно-компоновочная схема триммера селекционного ТС-0,2**

1 – колесный ход; 2 – регулятор угла наклона режущего аппарата; 3 – каток опорный; 4 – режущий аппарат; 5 – стеблеподъемник-делитель; 6 – ручка-поводок; 7 – регулятор длины поводка; 8 – кнопка включения/выключения режущего аппарата

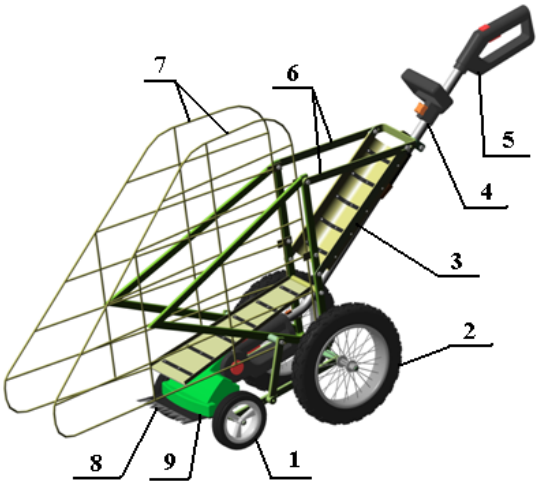


Рис. 3. **Триммер селекционный ТС-0,2М**

1 – передние опорные колеса, 2 – задние опорные колеса, 3 – наклонная секция стола-настила, 4 – зажим ручки управления, 5 – ручка управления,
6 – держатели решетки, 7 – решетка-сборник стеблей, 8 – режущий аппарат,
9 – защитные щиты механизма привода режущего аппарата

Сейчас в производстве на МЗОК ВИМ находится опытный образец нового триммера (рисунок 3). Его испытания планируется также проводить на селекционных участках Владимирского НИИСХ и Рязанского НИИСХ.

Уборочные машины подобного типа достаточно востребованы, но, к сожалению, их производство не носит массовый характер, что не позволяет организовать их серийное производство. Тем не менее, производственное подразделение ФНАЦ ВИМ смогла бы освоить производство новых триммеров ТС-0,2М ВИМ на основе конкретных заявок селекционеров.

Библиографический список

1. ОСТ 46 73-78 Параметры опытного поля, схемы посева и требования к типажу посевных и уборочных машин в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур. Параметры элементов опытного поля по этапам.

2. Жалнин Э.В., Орехов А.П., Подзоров А.В. Система уборочных машин для селекционно-семеноводческих посевов зерновых культур // Система технологий и машин для инновационного развития АПК России: Сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. посв. 145-летию со дня рожд. основоположника земледельческой механики акад. В.П. Горячкина. Ч. 2. – М.: ВИМ. 2013. С. 14-17.

3. Пат. 2487521 Российская Федерация. Косилка ручная для однорядковых делянок / Дорофеев А.А., Елизаров В.П., Жалнин Э.В., Измайлов А. Ю., Орехов А.П., Педай Н.П., Савенков А.А., Скатова С.Е. – 2011152582/13; заявл. 22.12.2011; опубл. 20.07.2013.

4. Анискин В.И., Некипелов Ю.Ф. Механизация опытных работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур // М.: ВИМ.2004. 200с.

УДК 658.382.3

АНАЛИЗ ОЖИДАЕМЫХ ПРОБЛЕМ С ОХРАНОЙ ТРУДА МЕХАНИЗАТОРОВ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА СОВРЕМЕННУЮ ТЕХНИКУ

Широков Юрий Александрович, *доктор технических наук, профессор кафедры охраны труда, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kafedraot@yandex.ru*

Аннотация. *Для сохранения здоровья механизаторов, применительно к различным видам деятельности в условиях воздействия вредных факторов производственной среды, а также профилактики профессиональных заболеваний, наиболее актуальное значение имеет своевременное выявление ранних признаков профессиональной патологии, а также экспертиза трудоспособности и рациональное трудоустройство.*

Ключевые слова: *охрана труда, механизатор, техника.*

Abstract. *To preserve the health of machine operators, in relation to various activities under the influence of harmful factors of the working environment, as well as the prevention of occupational diseases, the most important is the timely detection of early signs of occupational pathology, as well as the examination of working capacity and rational employment.*

Keywords*: labor protection, mechanic, technique.*

Сельскохозяйственное производство характеризуется целым рядом структурных, организационных, технологических особенностей, влияющих на уровень производственных рисков и делающих эту отрасль одной из наиболее травмоопасных. По данным Саратовского НИИ СГ и ОрелГАУ (ВНИИОТ) Минсельхоза РФ, в структуре профессиональной заболеваемости в сельском хозяйстве на первом месте находятся механизаторы (48,8%). Частота первичной инвалидности механизаторов в 1,7 раза выше, чем по отрасли в целом. В 85,5% случаях инвалидность устанавливается в возрасте до 50 лет.

Основными причинами возникновения профзаболеваний у механизаторов (по данным органов здравоохранения), являются несовершенство применяемой техники (58%), нерациональные режимы труда и отдыха (42%). В возрасте 45-50 лет и старше трактористы-машинисты болеют в 1,5 раза чаще и в 2 раза дольше по сравнению с усреднёнными показателями для механизаторов в целом. Трактористы-машинисты в возрасте до 45 лет в 55% случаев, а в 50 лет –

в 80% случаев страдают хроническими заболеваниями. За 10-12 лет до наступления пенсионного возраста до 70% опытных и высококвалифицированных механизаторов оставляют работу тракториста-машиниста из-за неудовлетворённости существующими условиями и режимами труда [1] .

Потери трудоспособных механизаторов вследствие несчастных случаев, профзаболеваний недопустимы. За последние годы и без этого происходит значительное сокращение работоспособного сельского населения, особенно квалифицированных механизаторов, способных работать в условиях высокоточного земледелия.

В традиционном земледелии наиболее частыми причинами травматизма являются организационно-технические. Из них половину составляют нарушения правил техники безопасности, отсутствие надзора за процессом работы, недостаточное обучение рабочих безопасным ее методам и прочие организационно-технические причины [2].

Вроде бы очевидно, что при постепенном переходе аграрных предприятий на совершенно новые технологии точного земледелия, минимизации обработки почвы, спутникового вождения и мобильную технику, оснащенную комфортабельными кабинами, компьютерными системами управления машинно-тракторных агрегатами и кондиционерами напряженность труда механизаторов и воздействие вредных факторов сократится. При минимальной и нулевой обработке почвы почти вдвое сокращается потребность в механизаторах, что должно привести к пропорциональному снижению вероятности несчастных случаев и травм [2]. Однако службам охраны труда сельскохозяйственных предприятий нужно иметь ввиду, что в современном сельскохозяйственном производстве появляются новые проблемы, создающие и новые угрозы здоровью механизаторов.

Так, системы спутникового вождения позволяют работать в ночное время, что стимулирует желание работодателей на максимальное использование техники и сокращение за счет этого периодов пиковых работ , чтобы успеть сохранить влагу при весеннем севе, предотвратить осыпание зерна в период уборки урожая и уложится в оптимальные сроки при севе озимых. Но при этом возрастут угрозы для механизаторов вследствие сбоя личных биоритмов.

Одновременно следует учесть, что характер работы механизаторов в комфортных условиях с применением спутникового вождения и компьютеризацией процессов управления машинно-тракторным или уборочным агрегатом приближается к характеру труда работников непроизводственной сферы: экономистов, финансистов, работников банковских учреждений, труд которых характеризуется длительным однообразным напряженном положении, малой двигательной активностью при значительных зрительных нагрузках. Поэтому можно прогнозировать у механизаторов появление новых видов профессиональных заболеваний, схожих с теми, что

уже выявляются у перечисленных выше работников непроизводственной сферы.

Так, рабочее положение механизаторов "сидя" сопровождается статической нагрузкой значительного количества мышц ног, плеч, шеи и рук, что очень утомительно. Мышцы находятся длительное время в сокращенном состоянии и не расслабляются, что ухудшает кровообращение. В результате возникают болевые ощущения в руках, шее, верхней части ног, спине и плечевых суставах.

Вследствие динамической нагрузки на костно-мышечный аппарат кистей рук при управлении джойстиком возникают болевые ощущения различной силы в суставах и мышцах кистей рук; онемение и замедленная подвижность пальцев, судороги мышц кисти; ноющая боль в области запястья.

Кроме того, работа "сидя" приводит к снижению мышечной активности - гиподинамии. За неимением движений происходит снижение потребления кислорода тканями организма, замедляется обмен веществ. Это способствует развитию атеросклероза, ожирения, может стать причиной дистрофии миокарда, хронической головной боли, головокружения, бессонницы.

Длительная работа на компьютеризированном рабочем месте вызывает значительную нагрузку на все элементы зрительной системы и приводит к преждевременной усталости и переутомлению зрительного анализатора. Большой вклад в нагрузку органов зрения вносит и монотонно вращающиеся перед глазами в течение многих часов лопасти мотовил уборочной техники, непрерывно "набегающие" виды вспаханной почвы или массы колосьев зерновых культур. Напряженная зрительная работа вызывает "глазные" (боль, изжога и резь в глазах, покраснение век и глаз, ломота в надбровной части и т.д.) и "зрительные" (пелена перед глазами, двоение предметов, мерцание, быстрая утомляемость во время зрительной работы) нарушения органов зрения, что может вызвать головную боль, усиление нервно-психического напряжения, снижение работоспособности. А ведь механизатор в периоды массовых работ (подготовка почвы, сев, уборка) вынужден работать не 8 часов, как офисные служащие, а по 10-12 часов. Поэтому для механизаторов перечисленные проблемы будут усугубляться.

В итоге такой характер работы будет обусловливать высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижать функциональную активность центральной нервной системы, приводить к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стресс.

Известно, что развитие утомления и переутомления ведет к нарушению координации движений, зрительных расстройств, рассеянности, потере бдительности и контроля реальной ситуации. При этом работник нарушает требования технологических инструкций, допускает ошибки и несогласованности в работе: у него снижается чувство опасности.

В связи с этим службы охраны труда должны разработать и реализовать меры по предотвращению усталости, направленные на удаление во времени развития утомления, недопущения глубоких стадий утомления и

переутомления механизаторов, ускорения восстановления сил и работоспособности. Причем и при высоких технология земледелия нужно учитывать сезонность работ, что практически не дает возможности в отдельные периоды года придерживаться нормативной продолжительности рабочего дня. Значит, именно в эти периоды службы охраны труда, руководители полевых работ должны быть особенно активны и контролировать соблюдение работниками гигиенических требований, снижающих усталость и переутомление.

Особую роль в предотвращении усталости работников играют профессиональный отбор, организация рабочего места, правильное рабочее положение, ритм работы, рационализация трудового процесса, внедрение рациональных режимов труда и отдыха, в том числе за счет периодической подмены механизатора сменщиком и обеспечения механизатору условий для релаксации. Это может быть сделано в передвижных вагончиках-бытовках, оборудованных кондиционерами и условиями для снятия усталости-фактически передвижной кабинет релаксации. Наш опыт показал высокую эффективность такого подхода к внутрисменному отдыху механизаторов при организации уборочных работ техникой Ипатовской МТС в Ставропольском Крае.

Для профилактики усталости механизаторов в период внутрисменных перерывов необходимо разработать и применять специфические методы, к которым можно отнести средства восстановления функционального состояния зрительного и опорно-двигательного аппарата, уменьшение гиподинамии, а также комплекс упражнений для глаз, рук и позвоночника для улучшения мозгового кровообращения.

Для сохранения здоровья механизаторов, применительно к различным видам деятельности в условиях воздействия вредных факторов производственной среды, а также профилактики профессиональных заболеваний, наиболее актуальное значение имеет своевременное выявление ранних признаков профессиональной патологии, а также экспертиза трудоспособности и рациональное трудоустройство.

В связи с этим службам охраны труда сельскохозяйственных предприятий необходимо:

- ориентировать медицинские комиссии в процессе предварительных медицинских осмотров проводить экспертизу профессиональной пригодности работника с учетом профессиональных факторов риска: воздействие нагревающего и охлаждающего микроклимата; агрохимикатов; смеси углеводородов; углерода оксида; пыли растительного и животного происхождения; шума; общей и локальной вибрации; физической, динамической и статической нагрузки.

- обеспечить 100% охват медицинскими осмотрами работников сельскохозяйственных предприятий и требовать от медицинских учреждений заблаговременного изучения факторов риска, которые воздействуют на механизаторов обслуживаемого предприятия и своевременного выявления

ранних признаков профессиональной патологии с учетом конкретных факторов риска, а также экспертизу трудоспособности. При проведении профилактических медицинских осмотров сельских механизаторов необходим учет вида и марки эксплуатируемой сельскохозяйственной техники и стажа работы на ней.

Библиографический список

1. Широков Ю.А. Экономические аспекты применения минимальных технологий // Материалы третьей Международной научно-практической конференции по консервирующему земледелию. 2003. С.23.

2. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Актуальные проблемы менеджмента охраны труда на предприятиях сельского хозяйства // Актуальные вопросы и достижения науки и образования в XXI веке. Материалы международной научно-практической конференции ИСЭИ УФИЦ РАН, НИЦ ПНК. Поволжская научная корпорация NauCorp. 2018. С.72-76.

УДК 658.382.3

ОСОБЕННОСТИ ОХРАНЫ ТРУДА МЕХАНИЗАТОРОВ ПРИ СОВРЕМЕННОМ ВЕДЕНИИ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

Широков Юрий Александрович, *доктор технических наук, профессор кафедры охраны труда, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kafedraot@yandex.ru*

Смирнов Георгий Николаевич, *кандидат технических наук, заведующий кафедрой охраны труда, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kafedraot@yandex.ru*

Аннотация. *Травматизм в сельском хозяйстве, особенности травматизма механизаторов. Изменения в техники и технологиях проведения полевых работ и в связи с этим, появление новых вредных и опасных факторов воздействующих на механизаторов. Новые виды заболеваний. Рекомендуемые мероприятия, снижающие воздействие вредного фактора при работе.*

Ключевые слова: *Производственные риски механизаторов. Технологии точного земледелия. Источник простуды. Легионеллез. Сбой личных биоритмов. Нервно-психической перегрузки. Гиподинамия.*

Abstract*: Injuries in agriculture, especially injuries of machine operators. Changes in technique and technology of field work and in this regard, the emergence of new hazards and the impact on machine operators. New types of diseases. Recommended measures that reduce the impact of harmful factors at work.*

Key words*: production risks of machine operators. Precision farming technologies. The source of the cold. Legionellosis. Personal biorhythm failure. Neuropsychological overload. Hypodynamia.*

Сельскохозяйственное производство характеризуется целым рядом структурных, организационных, технологических особенностей, влияющих на уровень производственных рисков и делающих эту отрасль одной из наиболее травмоопасных. По данным Саратовского НИИ СГ и ОрелГАУ (ВНИИОТ) Минсельхоза РФ, в структуре профессиональной заболеваемости в сельском хозяйстве на первом месте находятся механизаторы (48,8%). Частота первичной инвалидности механизаторов в 1,7 раза выше, чем по отрасли в целом. В 85,5% случаях инвалидность устанавливается в возрасте до 50 лет.

Значительная доля профессиональных рисков механизаторов должна сократиться при переходе на современную мобильную технику, оснащенную герметичными кабинами и кондиционерами воздуха. Условия труда улучшаются за счет более комфортных кабин тракторов и комбайнов, применения полноценных систем кондиционирования воздуха не только по параметрам микроклимата, но и очистки от поступающих извне вредностей (пыль, ядохимикаты, пыльца цветущих растений и др.) [1].

Довольно интенсивно начинаю применять так называемые высокие технологии точного земледелия, которые минимизируют количество вносимых минеральных удобрений и ядохимикатов, за счет чего риски для механизаторов несколько сокращаются.

Среди основных направлений – системы спутникового вождения тракторов и самоходных с.х. машин, технологии точного земледелия, облачные сервисы управления сельскохозяйственным предприятием, системы мониторинга подвижного состава и учета расходных материалов. При минимальной и нулевой обработке почвы почти вдвое сокращается потребность в механизаторах, что должно привести к пропорциональному снижению вероятности несчастных случаев и травм [2]. Однако при этом возникают новые виды рисков.

Довольно часто у механизаторов начала встречаться простуда от кондиционера. Это связано с тем, что очень часто механизатору приходится покидать кабину, в которой температура 18 градусов и выходить в поле для регулировки, очистки рабочих органов, заправки опрыскивателей и т.п.. В полевых условиях температура на солнце может значительно превышать 35-40 градусов. При возвращении в кабину трактора и происходит резкое переохлаждение организма с последующей болезнью. Течение подобной простуды очень сходное с обычным вирусным простудным заболеванием, но у него есть и свои особенности.

При этом значительна вероятность и проявления такого заболевания. Как легионеллез. Причиной данного заболевания являются также кондиционеры, в которых постоянно накапливается водный конденсат в смеси с органической пылью, которой в полевых условиях достаточно много, и в нем могут развиваться бактерии легионеллы. Выход – обучение механизаторов правилам пользования кондиционерами, чтобы не навредить своему здоровью и самочувствию и контроль за регулярной очисткой воздузопроводов кондиционера, своевременная замена и применение угольных и бактерицидных фильтров.

Большой вклад в снижение напряженности труда механизаторов вносит применение систем спутникового вождения.

Однако в новых условиях следует ожидать появления и совершенно новых угроз для здоровья механизаторов. Так, системы спутникового вождения позволяют работать в ночное время, что стимулирует желание работодателей на максимальное использование техники и сокращение за счет этого периодов пиковых работ, чтобы успеть сохранить влагу при весеннем севе, предотвратить осыпание зерна в период уборки урожая и уложится в оптимальные сроки при севе озимых. Но при этом возрастут угрозы для механизаторов вследствие сбоя личных биоритмов.

Одновременно следует учесть, что характер работы механизаторов в комфортных условиях с применением спутникового вождения и компьютеризацией процессов управления машинно-тракторным или уборочным агрегатом приближается к характеру труда работников непроизводственной сферы: экономистов, финансистов, работников банковских учреждений, труд которых характеризуется длительным однообразным напряженном положении, малой двигательной активностью при значительных зрительных нагрузках [2]. Поэтому можно прогнозировать у механизаторов появление новых видов профессиональных заболеваний, схожих с теми, что уже выявляются у перечисленных выше работников непроизводственной сферы.

Так, рабочее положение механизаторов "сидя" сопровождается статической нагрузкой значительного количества мышц ног, плеч, шеи и рук, что очень утомительно. Мышцы находятся длительное время в сокращенном состоянии и не расслабляются, что ухудшает кровообращение. В результате возникают болевые ощущения в руках, шее, верхней части ног, спине и плечевых суставах.

Вследствие динамической нагрузки на костно-мышечный аппарат кистей рук при управлении джойстиком возникают болевые ощущения различной силы в суставах и мышцах кистей рук; онемение и замедленная подвижность пальцев, судороги мышц кисти; ноющая боль в области запястья.

Кроме того, работа "сидя" приводит к снижению мышечной активности – гиподинамии. За неимением движений происходит снижение потребления кислорода тканями организма, замедляется обмен веществ. Это способствует развитию атеросклероза, ожирения, может стать причиной дистрофии миокарда, хронической головной боли, головокружения, бессонницы.

Длительная работа на компьютеризированном рабочем месте вызывает значительную нагрузку на все элементы зрительной системы и приводит к преждевременной усталости и переутомлению зрительного анализатора. Большой вклад в нагрузку органов зрения вносит и монотонно вращающиеся перед глазами в течение многих часов лопасти мотовил уборочной техники, непрерывно "набегающие" виды вспаханной почвы или массы колосьев зерновых культур. Напряженная зрительная работа вызывает "глазные" (боль, изжога и резь в глазах, покраснение век и глаз, ломота в надбровной части и

т.д.) и "зрительные" (пелена перед глазами, двоение предметов, мерцание, быстрая утомляемость во время зрительной работы) нарушения органов зрения, что может вызвать головную боль, усиление нервно-психического напряжения, снижение работоспособности. А ведь механизатор в периоды массовых работ (подготовка почвы, сев, уборка) вынужден работать не 8 часов, как офисные служащие, а по 10-12 часов. Поэтому для механизаторов перечисленные проблемы будут усугубляться.

В итоге такой характер работы будет обусловливать высокий уровень нервно-психической перегрузки, снижать функциональную активность центральной нервной системы, приводить к расстройствам в ее деятельности, развития утомления, переутомления, стресс [2].

Известно, что развитие утомления и переутомления ведет к нарушению координации движений, зрительных расстройств, рассеянности, потере бдительности и контроля реальной ситуации. При этом работник нарушает требования технологических инструкций, допускает ошибки и несогласованности в работе: у него снижается чувство опасности.

Службам охраны труда сельскохозяйственных предприятий, использующих принципиально новые спутниковые и компьютерные технологии в полеводстве, необходимо учитывать и новые особенности производственных процессов, изменения характера труда и видов вредностей и опасностей. Должны быть разработаны и реализованы меры по предотвращению усталости, направленные на удаление во времени развития утомления, недопущения глубоких стадий утомления и переутомления механизаторов, ускорения восстановления сил и работоспособности.

Особую роль в предотвращении усталости работников играют профессиональный отбор, организация рабочего места, правильное рабочее положение, ритм работы, рационализация трудового процесса, внедрение рациональных режимов труда и отдыха, в том числе за счет периодической подмены механизатора сменщиком и обеспечения механизатору условий для релаксации. Это может быть сделано в передвижных вагончиках-бытовках, оборудованных кондиционерами и условиями для снятия усталости.

Причем и при высоких технология земледелия нужно учитывать сезонность работ, что практически не дает возможности в отдельные периоды года придерживаться нормативной продолжительности рабочего дня. Значит, именно в эти периоды службы охраны труда, руководители полевых работ должны быть особенно активны и контролировать соблюдение работниками гигиенических требований, снижающих усталость и переутомление.

Для профилактики усталости механизаторов необходимо разработать и применять специфические методы, к которым можно отнести средства восстановления функционального состояния зрительного и опорно-двигательного аппарата, уменьшение гиподинамии, а также комплекс упражнений для глаз, рук и позвоночника для улучшения мозгового кровообращения.

Библиографический список

1. Широков Ю.А. Экономические аспекты применения минимальных технологий // Материалы третьей Международной научно-практической конференции по консервирующему земледелию. 2003. С.23.

2. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Актуальные проблемы менеджмента охраны труда на предприятиях сельского хозяйства // Актуальные вопросы и достижения науки и образования в XXI веке. Материалы международной научно-практической конференции ИСЭИ УФИЦ РАН, НИЦ ПНК. Поволжская научная корпорация NauCorp. 2018. С.72-76.

УДК 631.171

РОБОТЫ, КАК СРЕДСТВО МЕХАНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО СБОРУ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

Хорт Дмитрий Олегович, *кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vim_sad@mail.ru*
Терешин Андрей Николаевич, *инженер, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vim_sad@mail.ru*

Аннотация. *В данной статье описано возможное применение робототизированного способа по сбору земляники садовой для повышения механизации в сельском хозяйстве.*

Ключевые слова: *земляника садовая, робот по сбору земляники садовой, машинное зрение.*

Abstract. *This article describes the possible use of a robotic method for harvesting strawberry garden to increase mechanization in agriculture.*

Keywords*: strawberry, harvesting robot, stereo vision.*

Проектирование и создание новых сельскохозяйственных машин, и внедрение их в сельскохозяйственное производство – процесс, который требует учета и объективной оценки многих факторов, определяемых требованиями промышленности и спецификой сельскохозяйственного производства [1].

Научно-технический процедура в автоматизации и механизации с/х ориентирована в сокращение удельных расходов энергии, увеличение производительности, и как результат повышение числа производимого продукта.

Такие государства, как Нидерланды, Швеция, США и многие другие государства, которые имеют высокий уровень автоматизации и механизации аграрного хозяйства, переводят сельское хозяйство к безлюдному производству, но в данный момент люди ещё представляют большую роль в сельском хозяйстве. Главной силой в этом процессе станет робот, какой способен будет двигаться, т.е. динамическим, но также и неподвижным, т.е. стационарным.

Введение роботов даст возможность значительно увеличить эффективность и продуктивность аграрного хозяйства – сократить стоимость продукта, что в особенности важно в настоящее время, т.к. цена продовольствия ежегодно увеличивается. Помимо этого, использование роботов дает возможность устранить сотрудников с монотонных, типовых работ.

Необходимо выделить, что роботы смогут заменить не только лишь сотрудников с/х, а также и с/х машины. Формирование с/х роботов содержит собственные характерные черты.

Это связано в первую очередь с многочисленными видами сельскохозяйственных культур, животных, разнообразием выполняемых операций, например, только система сельскохозяйственных машин и орудий насчитывает более 5 тыс. наименований [1]. Подобное многообразие потребует трудных решения вопросов для создания роботов для формирования робототехнических концепций с целью исполнения этих либо других действий. Роботы смогут осуществлять разнообразные действия: раздача кормов, обрабатывание земли, стрижка шерсти, засев и высадка, прическа шерсти, распространение кормов и т. д.

При создании с/х робота следует определить основы его построения:

Разработка сельскохозяйственного робота универсальным. Например: создание универсальной платформы для передвижения, а конструкцию робота разрабатывать на агрегатно-модульном построении.

Создание робота с целью исполнения определенной задачи либо набора задач. Такого рода аспект дает возможность значительно упростить разработку робота, однако сужает сферу его использования.

В настоящее время созданы все предпосылки для создания и широкого распространения роботизированных технических средств в садоводстве: имеются модули компьютерного зрения, программное обеспечение для обработки получаемой информации, широкий выбор орудий и приборов для оснащения мобильной техники с учётом требований технологий производства продукции, однако основная трудность, с которой сталкиваются разработчики роботов для сельского хозяйства – это наделение машины искусственным интеллектом. Это особенно важно для роботизации уборочных процессов, так как мехатронная система работает в условиях множества неопределённостей, а решаемые задачи должны быть быстро и чётко выполнены, например рабочий орган робота для сбора клубники должен из множества ягод выбрать наиболее созревшую и деликатно произвести её съём в кратчайшее время [2, 3].

Использование визуальной информации для управления роботизированным манипулятором началось в Японии (учеными T.Shirai и Inoue). Прогресс контроля зрения был в значительной степени затруднен различными технологическими вопросами, в частности, считывания информации с датчиков. С 1990 года наблюдается заметный рост интереса учёных к области управления техническим зрением, в значительной степени за счет роста вычислительных мощностей персональных компьютеров. Несмотря

на многочисленные результаты исследований о развитии технологий управления техническим зрением для роботизированного сбора урожая, малая скорость распознавания фруктов и плавающая координация руки робота являются основными факторами, ограничивающими эффективность уборки урожая.

Идея роботизированной уборки была впервые предложена Шерцем и Брауном в 1960-х годах для уборки цитрусовых. По сравнению с традиционными механическими способами сбора урожая роботизированный сбор урожая является точным подходом по сбору урожая. Роботы по сбору стандартных фруктов или овощей построены с помощью манипуляторов, конечных эффекторов, систем зрения и систем движения [4].

Среди них, управление техническим зрением играет основную роль в роботизированной уборке. В отличие от промышленных роботов, которые являются простыми, повторяющимися, четко определенными и известными, роботы для сбора урожая должны работать в неструктурированной, неопределенной и многофакторной среде.

Техническое зрение для роботов по сбору урожая предназначено для решения следующих сложных задач:

Управление рабочими манипуляторами при воздействии на природные объекты, обладающие высокой степенью разнообразия по размерам, форме, цвету, текстуре и твердости плодов в результате экологических и генетических различий.

Фиксирование рабочего пространства, которое является сложным и слабо структурированным с большими вариациями освещенности.

Управление сбором в трехмерном постоянно меняющемся пространстве.

Таким образом, контроль на основе технического зрения является удобным подходом к решению этих задач.

Наиболее ярким примером практической реализации роботизированной уборки фруктов является опытный образец земляникоуборочного комбайна AGROBOT (рисунок 1).

Рис. 1. **Земляникоуборочный комбайн AGROBOT**

Беспилотные машины данного класса представляют собой комбайн, который осуществляет сбор урожая плодов и ягод посредством использования набора манипуляторов и системы технического зрения для построения 3D

моделей ягод с различной степень спелости. Благодаря этому в машинах осваивается принцип селективной уборки зрелой ягоды в автоматическом режиме.

Развитие роботизированного сбора урожая является перспективным фундаментальным научным направлением не только в садоводстве, но и в других отраслях сельского хозяйства, так как разработанные методы роботизированного сбора урожая достаточно легко адаптируются под выполнение других технологических задач для сельскохозяйственных роботов: прополка, культивация, опрыскивание, обрезка, транспортировка урожая и др. [5].

Бибилиографический список

1. Долгов И.А. Уборочные сельскохозяйственные машины. (Конструкция, теория, расчет) // Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ. 2003. 707 с.

2. Лобачевский Я.П., Смирнов И.Г., Хорт Д.О. Беспилотные технические средства для интеллектуальных технологий в садоводстве // в сборнике: Научно-практические основы ускорения импортозамещения продукции садоводства. 2017. С. 257-262.

3. Личман Г.И., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Применение систем технического зрения в машинных технологиях в садоводстве // Техника и оборудование для села. 2017. № 6. С. 10-17.

4. Yuanshen Zhao, Liang Gong, Yixiang Huang, Chengliang Liu. A review of key techniques of vision-based control for harvesting robot // Computers and Electronics in Agriculture. 2016. p.127.

5. Lu Qiang, Lu Huazhu, Cai Jianrong, Zhao Jiewen, Li YongPing and Zhou Fang Maejo. Feature extraction of near-spherical fruit with partial occlusion for robotic harvesting // International Journal of Science and Technology. 2010. p.137.

УДК 631.558.1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕПОДВИЖНОСТИ ЯБЛОК В КОНТЕЙНЕРАХ ПУТЁМ МОДЕРНИЗАЦИИ ИХ КОНСТРУКЦИИ

***Шафоростов Владимир Александрович**, ассистент кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А. Костычева, vladim.shaforostoff2012@yandex.ru*

***Креков Святослав Александрович**, ассистент кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А. Костычева, anaxarh@mail.ru*

***Аннотация.** Представлен результат исследования влияния скорости тракторно-транспортного агрегата на величину повреждений перевозимых в нем плодов. Предложен возможный вариант решения проблемы сохранности плодоовощной продукции.*

Ключевые слова: *тракторно-транспортный агрегат, качество, продукция, транспортировка, повреждения*

Abstract: *The result of the investigation of the influence of the speed of the tractor-transport unit on the damage value of the fruits carried in it is presented. A possible solution to the problem of the preservation of fruit and vegetable products is suggested.*

Keywords*: tractor-transport unit, quality, production, transportation, damage.*

Одним из главных источников пополнения продовольственных ресурсов является сокращение потерь продукции растениеводства в процессе уборки, транспортировки и хранения. На сегодняшний день перед учеными и аграриями стоит важная задача в предотвращении потерь сырья и получаемой из него продукции.

Важными факторами, влияющими на качество продукции растениеводства, являются условия уборки и транспортировки урожая. На этапе уборки на плоды будут оказывать влияние сроки и способы уборки, состояние техники, урожайность и назначение убираемой продукции. На этапе перевозки – вид и состояние транспорта и тары, расстояние перевозок, состояние дорог и др. [1].

Степень количественных и качественных изменений продукции и величина потерь зависят от того, как проведены уборка, сортировка, упаковка и перевозка продукции. При соблюдении всех правил качество и количество продукции подвергаются незначительным изменениям. При нарушении правил потери могут достигать больших размеров, поэтому доставку продукции до потребителя следует считать важнейшим фактором снижения потерь [2].

Кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» были проведены исследования влияния скорости колебаний на величину повреждений перевозимой сельскохозяйственной продукции. В качестве объекта исследования применялся тракторно-транспортный агрегат (ТТА) в составе трактора МТЗ-82.1 и прицепа 2ПТС-4. На одном из этапов исследований определялась величина повреждений яблок в кузове ТТА в зависимости от скорости колебаний грузовой платформы прицепа [2, 3].

Для снятия основных динамических характеристик серийного ТТА использовалась экспериментальная установка, включающая два акселерометра, универсальный скоростной восьмиканальный аналогово-цифровой преобразователь и ноутбук (где сигналы обрабатывались пакетом прикладных программных обеспечений (LabView, ACTest, PowerGraph)) [2, 3].

При заполнении контейнера плодами закладывались контрольные яблоки в количестве 200 шт., помеченные и чистые от повреждений. Контрольные плоды, равномерно распределенные по всей площади контейнера, располагались на 3-х уровнях (дно, середина, верх). В кузов прицепа устанавливали три контейнера с опытными плодами: по одному в передней, задней части платформы и посередине. После этого кузов полностью загружали, плоды вывозили на плодосборный пункт и разгружали. В процессе

движения регистрировались максимальные амплитуды колебаний скорости по каждой из обобщенных координат с помощью акселерометров, прикрепленных к кузову и раме ТС. По зарегистрированным амплитудам скоростей определялась максимальная скорость колебаний кузова. Через 4…5 суток хранения контейнеры с плодами разбирали. Плоды контрольные осматривали, отмечали характер и степень имеющихся на них повреждений. Оценка качества плодов производилась по ГОСТ 21122-75 [2].

Полученные данные обрабатывались на персональном компьютере. В результате была построена графическая зависимость влияния скорости колебания на величину повреждений яблок в контейнерах при внутрихозяйственных перевозках (рисунок 1).

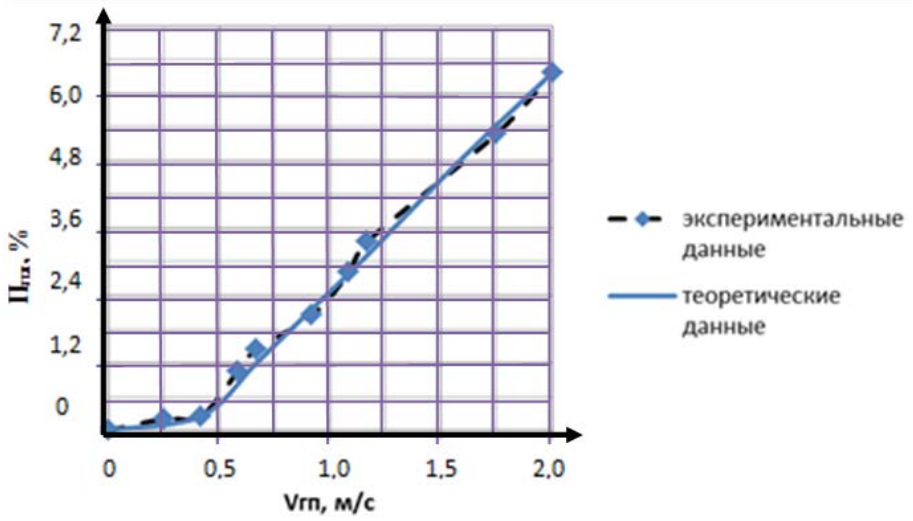


Рис. 1. **Влияние скорости колебаний грузовой платформы ТТА на величину повреждений яблок при внутрихозяйственных перевозках в контейнерах**

В среднем для различных режимов работы ТТА количество повреждений перевозимой продукции превышало агротехнические требования (АТТ) и максимально составило 6,62% (при допустимых по АТТ 5%) [2].

Важный резерв сокращения потерь и улучшения качества плодов и овощей – использование современной тары.

Кузов ТС совершает колебания с ускорением, величина которых достигает 3,5g (g – ускорение свободного падения), что приводит к повреждению груза. В.С. Заводновым установлено, что при воздействии на плоды вертикальных колебаний происходит передача силового воздействия в толще груза. В результате это передачи плоды, находящиеся в верхнем слое, подскакивают и ударяются о нижележащий слой. По результатам экспериментов было выявлено, что в неблагоприятных условиях находятся нижний слой, полностью воспринимающий силовое воздействие от кузова транспортного средства, и верхний [1, 3, 4].

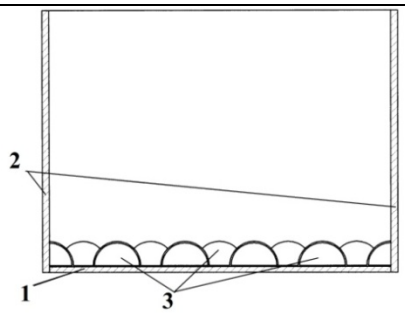
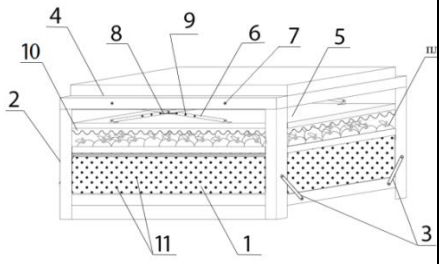
В СССР и РФ разработано достаточно большое количество средств для транспортирования плодоовощной продукции. Однако массово в хозяйствах

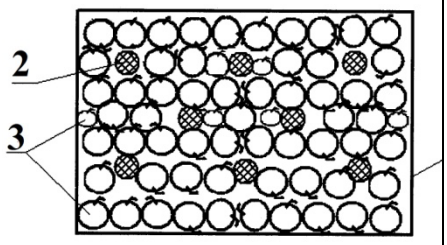
они не внедрялись. В основном в обороте находится стандартная деревянная тара [3].

Исходя из проведенных нами исследований и анализа основных способов укладки плодов, сотрудниками университета были запатентованы различные устройства для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции (таблица). Конечной целью каждого устройства является снижение динамических воздействий, передающихся от кузова транспортного средства на находящиеся в нем плоды. Применение данных устройств в садоводческих хозяйствах, на наш взгляд, позволит снизить количество повреждений плодов [5, 6, 7].

Таблица 1

Устройства для транспортировки плодов семечковых культур

№ патента	Вид устройства	Описание
1 66384		Контейнер включает в себя дно 1 и стенки 2, на дне которого имеются расположенные в шахматном порядке выступы 3, образующие с плоскостью дна ячейки, имеющие форму полусферы, выполненные из демпфирующего материала, причем выступы полые и заполнены газом.
1 76885		Устройство содержит контейнер 1, размещенный в жестком каркасе 2, прижимную крышку 5 и механизм ее фиксации 6. Внутренние стенки контейнера и поверхность крышки покрыты демпфирующим материалом 10 волнообразного профиля и имеют сквозные вентиляционные отверстия 11. Каркас имеет пазы 4 для вертикального штабелирования.
1 76885		Крышка контейнера фиксируется относительно каркаса прижимным механизмом ножничного типа, одна сторона которого подвижно с помощью шпилек 7 закреплена на каркасе, а вторая упирается в наружную поверхность крышки и фиксируется П-образными концами штока 8, размещаемыми в отверстиях 9, выполненных в ножничном механизме.
		Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощ-ной продукции 3 содержит

2 636569		контейнер 1, включающий наружное ограждение в виде жестко соединенных рам, к которым прикреплены ограждающие элементы. На днище контейнера в шахматном порядке на расстоянии друг от друга и от боковых поверхностей контейнера, не превышающем 20% его ширины, жестко закреплены вертикальные гибкие стойки 2, высота которых равна высоте контейнера, а диаметр не превышает 5% высоты контейнера.

Создание новых образцов устройств для транспортировки плодоовощной продукции, повышающих её сохранность, является актуальной задачей в современных условиях развития агропромышленного комплекса. Решение данных вопросов позволит повысить конкурентоспособность садоводческих хозяйств.

Библиографический список

1. Успенский И.А., Шафоростов В.А., Голиков А.А. Перспективы снижения повреждения яблок при внутрихозяйственных перевозках // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой международной научно-практической конференции 26-27 апреля 2017 года. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2017. Часть 2. С. 409-413.

2. Юхин И.А. Снижение повреждений картофеля и яблок на внутрихозяйственных перевозках стабилизацией транспортных средств: дис. … док. техн. наук // Рязань: 2017. 388 с.

3. Успенский И.А., Юхин И.А., Жуков К.А., Зейналов Э.А., Шафоростов В.А. Перспективы развития транспортной техники для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции в агропромышленном комплексе: коллективная монография // Рязань: Изд. ФГБОУ ВПО РГАТУ. 2015. -349 с.

4. Успенский И.А., Юхин И.А., Шафоростов В.А. и др. Обзор разработок в области сохранения качества яблок при перевозке контейнерным способом // В электронном журнале «Научный журнал КубГАУ». 2017. № 09 (133), режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/113.pdf, С. 1280-1299.

5. Пат. РФ 166384, Контейнер для перевозки плодоовощной продукции / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А. [и др.] – Опубл. 20.11.2016, бюл. № 32.

6. Пат. РФ 176885 Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Креков С.А. [и др.] - Опубл. 31.01.2018, бюл. № 4.

7. Пат. РФ 2636569 Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции / Симдянкин А.А., Бышов Н.В., Успенский И.А. [и др.] – Опубл. 23.11.2017, бюл. № 33.

УДК 631.352

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КЛЕВЕРОТЕРКИ

***Ли Афанасий**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации гидромелиоративных работ, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, as_lee@mail.ru*

***Аннотация.** В статье приведены материалы по обоснованию параметров и режимы работы механического загрузочного устройства терочной машины для обработки бобиков семян люцерны.*

***Ключевые слова:** бобы семян люцерны, обоснование параметров и режимов, работа клеверотерки.*

***Abstract.** This article describes the foundation of the parameters of mechanical feeding device of threshing machine for Lucerne beans processing.*

***Keywords:** Beans of seeds of a lucerne, substantiation of parameter's and modes, work kleveroterkiy.*

Люцерна является высокобелковым, многолетним растением, которое благодаря своим питательным свойствам занимает одно из ведущих мест среди известных кормовых культур. Также люцерна выращивается как севооборотная культура под хлопчатник, повышающая плодородие почвы, что способствует повышению урожайности последнего. Поддержание и расширение площадей под люцерниками непосредственно связано с производством [1, 2].

В производстве семян люцерны ее уборка и обработка семенного вороха является весьма сложным и трудоемким процессом, который обусловлен многими факторами, зависящими как от агротехники возделывания, так и от физико-механических свойств самого растения и, в частности, его семян. Для обработки семенного вороха и очистки семян мелко сеяных трав в настоящее время в основном используются машины зарубежного производства. На базе одной из них, т.е., клеверотерки К-0,5 разработана терочная машина, которая отличается высокой производительностью, мобильностью, малой металлоемкостью и удобностью в применении. При эксплуатации данной машины выяснилось, что из-за неравномерной загрузки семенных бобиков люцерны возникают забои и увеличивается дробление и потери семян [3, 4].

Существующая конструкция питателя терочного устройства представляет собой пневмозагрузчик, который состоит из патрубка, эластичного рукава, горловины, рукоятки и отвода.

Требуемую производительность лопастного барабана можно определить, зная число оборотов барабана, параметры самой лопасти и физико-

механические свойства бобиков семян люцерны [5, 6, 7]:

$$Q = V_{\text{р}}\lambda n\,, \qquad (1)$$

где: $V_{\text{р}}$ – рабочий объем лопастного барабана, м^3;

λ – объемный вес бобиков люцерны, кг/м^3;

n – число оборотов барабана, об/мин.

В зависимости от сорта люцерны объемный вес бобиков варьируется в пределах 78-140 кг/м^3 [8, 9].

С другой стороны, искомую часовую производительность можно определить, исходя из параметров и режима работы самого лопастного барабана с учетом коэффициента наполняемости:

$$Q = 60V_{\text{р}}\lambda n\,, \qquad (2)$$

Из выражения (2) видно, что производительность лопастного барабана зависит не только от параметров - высоты и ширины лопастей, но и от кинематического режима работы барабана, а также объемного веса бобиков и коэффициента наполняемости.

После несложных преобразований выражения (2) и учитывая $\mathrm{V} = \pi\left(h^2 + 2rh\right)b$ (рисунок 1), получим формулу для определения высоты лопасти:

$$h = \sqrt{r^2 + \frac{Q}{60\pi b\lambda n}} - r\,, \quad (3)$$

где: h - высота лопастей, м;

r - радиус вала барабана, м;

b - ширина лопастей, м.

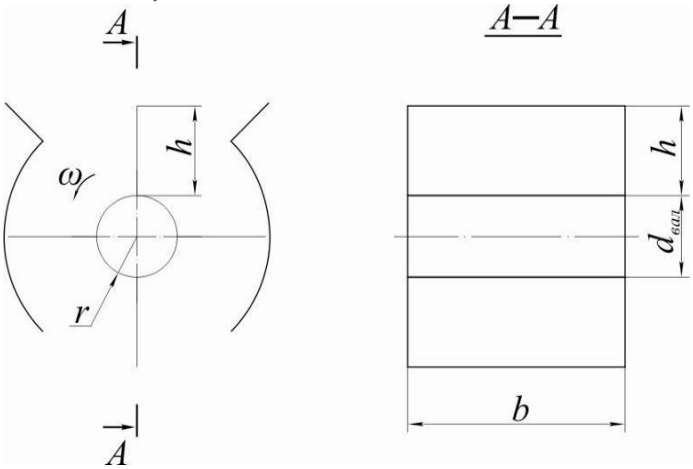


Рис. 1. **К определению высоты лопасти барабана**

Отсюда, принимая для выражения (3), выбранные ранее значения объемного веса бобиков λ=78-140кг/м^3, радиуса вала барабана r=0,025м, ширины лопастей b=0,135м и варьируя оборотами барабана n, необходимая производительность обеспечивается, если высота лопастей будет равна h=0,045-0,035м, что соответствует n=60 об/мин.

Проведенные расчеты позволили установить, что теоретическая производительность превышает фактического. Отсюда следует, что при

определении производительности механизма, подающего бобики из бункера при помощи лопастного барабана, необходимо внести поправку - коэффициент, характеризующий степень наполненности рабочего объема загрузочного устройства:

$$\eta = \frac{V_ф}{V_р}, \quad (4)$$

где $V_ф$ и $V_р$ - соответственно фактический и рабочий объемы лопастного барабана, м^3;

С учетом выражения (4), формула для определения высоты лопасти барабана примет вид:

$$h = \sqrt{r^2 + \frac{Q}{60\pi\eta b\lambda n}} - r \quad (5)$$

Следует отметить, что производительность существенно влияет на качество выполнения технологического процесса и соответственно на параметры рабочих органов лопастного барабана. Поэтому, полученное выражение (5) позволит обосновать кинематический режим – окружную скорость.

Результаты предварительных исследований показали, что неравномерная загрузка приводит к поломкам терочной машины, в частности – барабана.

Поэтому, исходя из сказанного и на основании анализа существующих конструкций, нами выдвинута гипотеза о возможности замены пневмозагрузки бобиков семян люцерны на механическую.

Проведенный обзор технических средств по способам загрузки материалов показывает, что к настоящему времени имеется достаточно большой их выбор. Наибольшую перспективу представляют технические решения, обеспечивающие загрузку материала (бобиков) механическим способом.

На основе анализа конструкций существующих загрузочных устройств нами сделано предположение, что пневмозагрузку терочной машины можно заменить механической.

Переход от пневмозагрузки к механической, продиктован рядом причин:

- неравномерная загрузка;
- низкий коэффициент надежности технологического процесса;
- низкая производительность эксплутационного времени;

Механическую загрузку бобиков можно проделать с помощью специального устройства. Наиболее рациональным и приемлемым является загрузочное устройство лопастного типа, так как наличие лопастей позволяет осуществлять постоянную и равномерную загрузку.

Доработанная конструкция загрузочного устройства терочной машины состоит из монтируемого бункера, лопастного барабана, привода, редуктора (рисунок 2).

Между бункером и загрузочной горловиной устанавливается решетка. Решетка служит для предохранения рабочих органов терки от попадания камней и других предметов могущих вызвать повреждение терочного устройства.

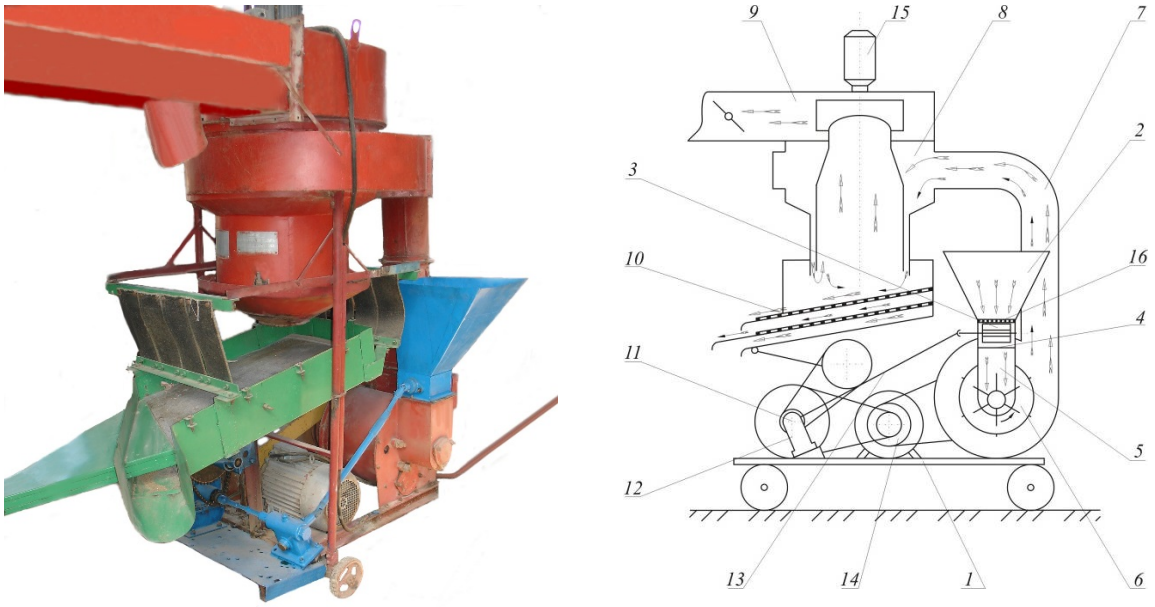


Рис. 2. **Тёрочная машина с усовершенствованным загрузочным устройством:**

1 – рама; 2 – бункер; 3 – решетка; 4 - лопастной барабан; 5 – патрубок; 6 – барабан; 7, 9 – трубопровод; 8 – корпус очистителя; 10 – сепаратор; 11 – редуктор;12 – шкив; 13 – шарнирная передача; 14, 15 – электродвигатель; 16 – сетка.

Наблюдения за работой терочной машины показывают, что надежность технологического процесса, производительность и качество сепарирования семян люцерны также зависят от окружной скорости лопастей барабана, обеспечивающего равномерную загрузку тёрочного барабана. Окружная скорость лопасти должна быть такой, чтобы производительность терочной машины находилась в пределах допустимого значения или на уровне исходных требований. При этом терочная машина должна сохранять качество перетирания бобиков люцерны и заданную производительность (500 кг/час).

Исследования влияния окружной скорости лопасти барабана на качественные показатели работы проводились в диапазонах скоростей от 0,46 до 0,50 м/с, что соответствует высоте лопасти h=0,064-0,053м, при постоянном числе оборотов барабана n=60 об/мин. Критериями оценки служили, вытираемость, поврежденность семян и производительность машины.

Анализ результатов проведенных экспериментов показывает, что с увеличением окружной скорости лопасти барабана вытираемость бобиков семян люцерны снижается, при этом повреждаемость и производительность повышаются. Это обусловлено, в основном, увеличением подаваемой массы лопастным барабаном в терочное устройство и его перегрузку. Из графиков

видно, что оптимальная окружная скорость лопасти равна 0,48 м/с (рисунок 3).

Поэтому по результатам экспериментов можно рекомендовать окружную скорость лопасти барабана равную 0,48 м/с, что соответствует высоте лопастей барабана h=0,55м при числе оборотов вала n=60 об/мин.

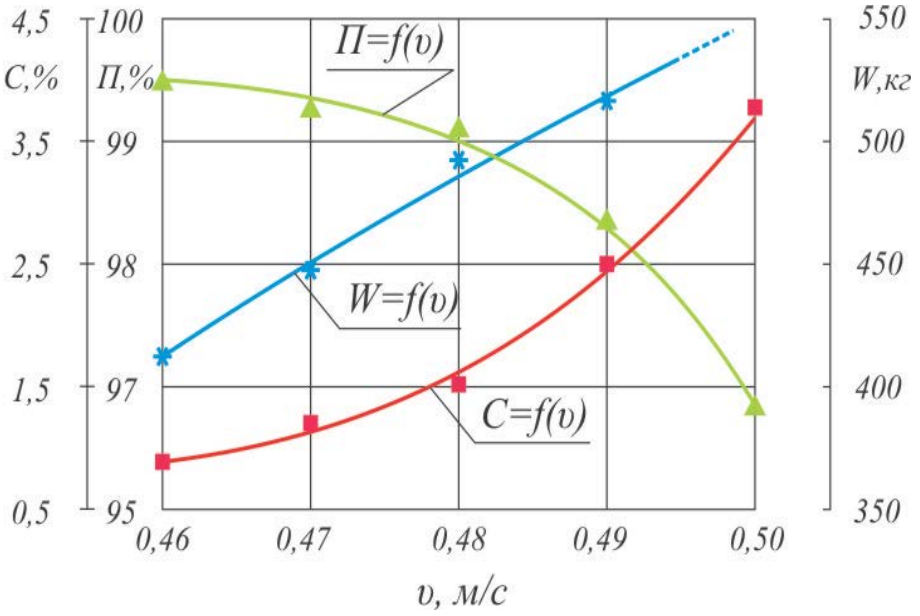


Рис. 3. **Вытираемость (П), повреждаемость (С) и производительность (W) в зависимости от окружной скорости (V) лопасти барабана**

Библиографический список

1. Йўлдошев Х.Й. Люцерна // Ташкент: Меҳнат. 1990. 224 с.

2. Алдошин Н.В. Индустриальная технология производства кормов // М., Агропромиздат. 1986. 175 с.

3. Разработка технологии и обоснование комплекса технических средств для уборки семенников люцерны с разработкой устройства для вытирания семян из бобов / Отчет УзМЭИ. Гульбахор. 2005. 101 с.

4. Алдошин Н.В. Исследование технологических процессов в растениеводстве при помощи стохастических матриц // Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 3. С. 45-47.

5. Алдошин Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. №3. С. 5-7.

6. Разработка рациональной технологии, доработка технического устройства для послеуборочной обработки семенного вороха люцерны и обоснование комплекса машин для очистки семян от карантинных включений / Отчет УзМЭИ. Гульбахор. 2008. 69 с.

7. Алдошин Н.В. Анализ технологических процессов в растениеводстве // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 1. С. 34-36.

8. Мўминов С.М. Беда уруғини ажратувчи қурилманинг иш режими ва параметрларини асослаш: Дисс. … техн. фан. номз. Янгийўл. 2005. 138 с.

9. Алдошин Н.В., Золотов А.А., Цыгуткин А.С., Малла Бахаа Механизация уборки смешанных посевов зерновых // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 10. С. 41-45.

УДК 631.358

СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ УБОРОЧНЫХ АППАРАТОВ

Шарипов *Конгратбай Авезимбетович, доктор технических наук, профессор, Ректор Туринского политехнического университета в г. Ташкенте, k.sharipov@polito.uz, info@polito.uz*

Ли Афанасий*, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации гидромелиоративных работ, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, as_lee@mail.ru*

Аннотация. *В данной статье рассматривается о актуальности разработки стенда испытания уборочных аппаратов хлопкоуборочных машин, которая позволит проводить исследования кинематики и динамики привода уборочного аппарата.*

Ключевые слова: *стенд испытания, уборочный аппарат, хлопкоуборочная машина, исследования, кинематика, динамика, привод.*

Abstract. *In given article it is consider revising about an urgency of working out of the stand of test of harvest devices of cotton-picking cars, which will allow conducting researches of kinematics and dynamics of a drive of the harvest device.*

Keywords: *the test stand, the harvest device, the cotton-picking car, researches, kinematics, dynamics, a drive.*

В Узбекистане основной сельскохозяйственной культурой была и остается хлопок. Хлопок имеет неоценимые агротехнические достоинства, благодаря которым она является основной продукцией переработки и экспорта, и соответственно основным валютным источником РУз.

В настоящее время хлопок в Узбекистане возделывается на площади порядка 1,3 млн. га и валовый сбор составляет порядка 4 млн. тонн. При благоприятных условиях и правильной эксплуатации, одна хлопкоуборочная машина «МХ-1,8» способна собрать за сезон около 100 тонн хлопка-сырца. Отсюда следует, что для сбора хотя бы немногим менее половины урожая хлопка-сырца 1,5 млн. тонн необходимо иметь 15 тыс. единиц хлопкоуборочных машин. Производство такого количества хлопкоуборочных машин должно осуществляться на основе научно-обоснованного подхода [1, 2].

В ходе «X Международной узбекской хлопковой и текстильной ярмарки в Ташкенте» была озвучена информация, что в 2015 году на хлопковых полях Республики Узбекистан работали более 1200 хлопкоуборочных машин «МХ-1,8» отечественного производства [3, 4]. Хлопкоуборочная машина «МХ-1,8» по компоновке и конструкции существенно отличается от аналогов зарубежных машин и предусматривает иной, более эффективный способ монтажа на

трактор – полуприцепной, при этом высвобождая последний для других сезонных сельскохозяйственных работ, что является немаловажным фактором для небольших фермерских и дехканских хозяйств.

На сегодняшний день, сильно возросли требования агротехники возделывания хлопчатника и текстильной промышленности к биологическому сырью, и в этом аспекте консенсус совершенствования рабочих органов, разработка новых технологических и технических решений с целью повышения эффективности применения уборочных аппаратов и в целом хлопкоуборочных машин остаются весьма актуальными задачами.

При этом главной целью модернизаций конструкций хлопкоуборочных аппаратов были и остаются агротехнические показатели – повышение полноты сбора, сокращение потерь и засоренности хлопка-сырца в бункере, а также сохранения природных качеств урожая хлопка-сырца, рост стабильности технологического процесса и надежности машин. Полнота сбора хлопка-сырца от созревшего урожая хлопкоуборочной машины по агротехническим требованиям должна составлять 85%, сбивания хлопка-сырца на землю от общего урожая – не более 8% и повреждение семян – не более 1% [5, 6].

Однако следует отметить преимущество зарубежных хлопкоуборочных машин фирм «Кейс» и «John Deere» (США) по многим агротехническим показателям. Данное событие – повышение агротехнических показателей, можно объяснить существенными отличиями (по компоновке и конструкции) хлопкоуборочных машин отечественного производства, как ранних, так и последней модели от хлопкоуборочных машин производства США. Также следует отметить о высоком надежности и качестве изготовления хлопкоуборочных машин производства США.

Анализ ранее проведенных исследований показал, что не маловажным фактором, влияющим на полноту сбора, являются кинематика и динамика уборочных аппаратов. От точности соотношения заложенных параметров (обороты шпиндельного барабана, шпинделей и т.д.) в конечном счете, зависят агротехнические показатели хлопкоуборочной машины в целом [7, 8].

Сказанное выше свидетельствует о том, что в настоящее время очень важно и актуально провести исследования над уточнением кинематических и динамических параметров уборочного аппарата применением высокоточных средств измерений и приспособлений. Однако, проведение этих исследовании невозможны из-за отсутствия специальных технических средств - испытательного стенда уборочных аппаратов хлопкоуборочных машин в Узбекистане. При этом следует отметить, что приобретение испытательного стенда уборочных аппаратов за рубежом задача не простая и является экономически невыполнимой задачей для НИИ и заводов, занимающихся разработкой, модернизацией и исследованием конструкций хлопкоуборочных машин. В Центральной Азии основное производство хлопкоуборочных машин сконцентрировано в РУЗ, следовательно, с учетом того, что разработкой испытательного стенда уборочных аппаратов в странах СНГ никогда не занимались, то решение данной проблемы остается весьма актуальной.

Разработкой испытательного стенда уборочных аппаратов занимались сотрудники Среднеазиатского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства (САИМЭ, а ныне Научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства) и АН Узбекской ССР (ныне АН Республики Узбекистан) в конце 70-х и начале 80-х годов. Разработанные стенды удовлетворяли требованиям исследований уборочных аппаратов хлопкоуборочных машин того времени и той эпохи машиностроения. Однако, по происшествий более 40 лет эти разработки подвержены не только физическому, но и моральному износу и не отвечают современных требованиям по конструктивности, технологичности, эргономичности и средствам измерений.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, для кардинального и качественного исследования кинематических и динамических параметров и выявления недостатков конструктивного и технологического характера в уборочном аппарате, необходимо разработать и изготовить стационарный испытательный стенд уборочных аппаратов.

Внедрение испытательного стенда уборочных аппаратов в производство, позволит повысить показатели надежности, эксплуатационно-технологические и агротехнические показатели работы современных хлопкоуборочных машин, которые имеют важное народнохозяйственное значение Республики Узбекистан.

Идея разработки данного стенда возникло в ходе выполнения государственного инновационного проекта: №И-2015-2-15/1 «Изготовление прицепной хлопкоуборочной машины и выдача рекомендаций к внедрению» (2015-2016 гг.) [9, 10].

Задачей научно-технической проблемы проекта является разработка конкретных предложений по улучшению: полноты сбора, сокращению потерь и засоренности хлопка-сырца в ходе обработки куста хлопчатника, а также изготовление и внедрение стационарного испытательного стенда для исследования кинематических и динамических параметров уборочных аппаратов хлопкоуборочной машины.

Исходя из вышеизложенного научными сотрудниками Туринского политехнического университета в г. Ташкенте согласно государственного инновационного проекта №И-2017-2-15 «Изготовление и внедрение испытательного стенда для исследования динамики и кинематики уборочного аппарата хлопкоуборочной машины» начаты разработки испытательного стенда. Следует отметить, в разрабатываемом стенде, будут включены доминирующие элементы и механизмы серийной хлопкоуборочной машины МХ-1,8 и усовершенствованный привод аппаратов и вентиляторов [5, 8].

Пуск и изменение режимов работы осуществляется через электронный блок управления 8. Привод уборочных аппаратов 1 осуществляется гидромоторами 2, соединенные гидроарматурой с гидрораспределителем 5, баком 6, системой охлаждения масла 7, гидронасосом 4 связанный электродвигателем 3 (рисунок 1).

Рис. 1. **Стенд для испытания уборочных аппаратов:**
1 – уборочный аппарат, 2 – гидромотор, 3 – электродвигатель, 4 – гидронасос,
5 – гидрораспределитель, 6 – бак, 7 – система охлаждения, 8 – панель управления

В настоящее время проведены ОКР, разработаны КД и подготовлены рабочие чертежи и другие технические документации (ИТ и ТЗ) для изготовления стенда. После приобретения стандартных изделий и перечня необходимых узлов и механизмов будет начата монтаж стенда.

Решение данной задачи позволит проводить научным работникам НИИ, конструкторам и специалистам машиностроительных заводов исследования по улучшению конструкции уборочного аппарата.

Библиографический список

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации хлопкоуборочной машины МХ-1,8. 2016. 32 с.

2. Алдошин Н.В. Исследование технологических процессов в растениеводстве при помощи стохастических матриц // Техника в сельском хозяйстве. 2007. № 3. С. 45-47.

3. Отчёт научно-исследовательской работы по проекту № И-2015-2-15/1 «Изготовление прицепной хлопкоуборочной машины и выдача рекомендаций к внедрению». Ташкент. 2015. 34 с.

4. Алдошин Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. №3. С. 5-7.

5. Отчет НИР по хоздоговорной теме: № 130/87 САИМЭ «Разработка и изготовление макетного образца микропроцессорной системы автоматического управления гидрообъемной трансмиссией трактора МТЗ-80 ХБ в агрегате с хлопкоуборочной машиной в зависимости от урожая». Янгиюль. 1987. 54 с.

6. Алдошин Н.В. Анализ технологических процессов в растениеводстве // Техника в сельском хозяйстве. 2008. № 1. С. 34-36.

7. Алдошин Н.В., Золотов А.А., Цыгуткин А.С., Малла Бахаа Механизация уборки смешанных посевов зерновых // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 10. С. 41-45.

8. Шарипов К., Ли А., Каниев Дж. О модернизации хлопкоуборочной машины «МХ-1,8» // «Молодой ученый». 2016. № 4. ч.2. С. 96-98.

9. Алдошин Н.В., Дидманидзе Р.Н. Инженерно-техническое обеспечение качества механизированных работ // М.: Издательство РГАУ-МСХА. 2015. 188 с.

10. Ризаев А.А., Йулдашев А.Т. и др. Гидропривод для прицепной хлопкоуборочной машины // «Агроилм». 2015. № 4. С. 96-97.

УДК 631.243.42

ХРАНИЛИЩЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

***Борычев Сергей Николаевич**, доктор технических наук, заведующий кафедрой строительства инженерных сооружений и механики, ФГБОУ ВО РГАТУ имени П.А. Костычева, 89066486088@mail.ru*

***Колошеин Дмитрий Владимирович**, ассистент кафедры строительства инженерных сооружений и механики, ФГБОУ ВО РГАТУ имени П.А. Костычева, dkoloshein@mail.ru*

***Аннотация**. Приведены сведения об усовершенствовании напольных воздуховодов системы вентиляции картофелехранилищ, позволяющих улучшить сохранность картофеля.*

***Ключевые слова:** картофель, картофелехранилище, хранение, система вентиляции, напольный воздуховод.*

***Abstract**. Provides information about improving outdoor air duct ventilation systems for potato storages that can improve the safety of potatoes.*

***Keywords:** potatoes, potato storage, storage, ventilation system, floor duct.*

Картофель в Российской Федерации является одной из основных продовольственных культур, не уступающих по своей ценности зерну [1]. В РФ на сегодняшний день сохраняется дефицит картофелехранилищ [2].

Во время уборки, транспортировки и закладки на хранение клубни получают механические повреждения. Степень механических повреждений и потерь при хранении (таблица) зависит от типа применяемой технологии [3-6].

Таблица 1

Механические повреждения клубней в зависимости от применяемой технологии, % [4]

Виды повреждений	Технология		
	поточная	перевалочная	прямоточная
Обдир кожуры до 1/2 поверхности клубня	16,5	6,9	5,5
Обдир кожуры более 1/2 поверхности клубня	22,6	5,7	4,6
Трещины, вырывы и порезы мякоти клубней	9,3	6,8	2,9

Потемнение мякоти клубней размером и глубиной более 5 мм (от ударов)	18,0	11,9	7,2
ИТОГО повреждений	66,4	31,3	20,2
Общие потери за 8 месяцев хранения, %	32,2	18,7	8,3
Отходы при очистке клубней, %	26,0-28,0	20,0-22,0	13,0-15,0

Анализ таблицы показал, что процент повреждений влияет на величину потерь клубней при хранении. Наибольший процент потерь приходится на поточную технологию. При прямоточной технологии эти виды повреждений ниже, соответственно ниже и потери.

На сохранность картофеля также влияет микроклимат, создаваемый системой вентиляции хранилища. Однако распределение воздуха от напольных воздуховодов в насыпь происходит неравномерно, что ведет к порче клубней.

На основании чего нами были разработаны усовершенствованные напольные воздуховоды [7, 8].

Основания напольного воздуховода из усеченных треугольных пирамид (рисунок 1) крепятся к деревянным брусьям, через равное расстояние. Изменяющаяся форма зазора между деревянными брусками способствует обдуву воздуха всей насыпи клубней, что улучшает микроклимат и увеличивает лежкость. Указанная конструкция напольного воздуховода из усеченных треугольных пирамид позволяет выдерживать создаваемую нагрузку картофеля [7].

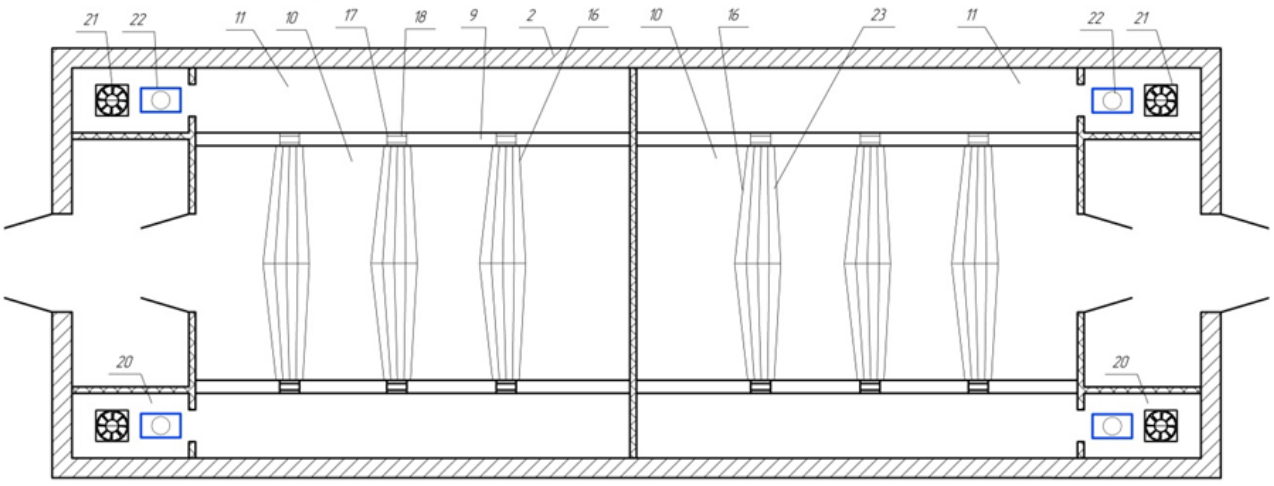


Рис. 1. **План картофелехранилища с усовершенствованным воздуховодом**
2 – ограждение в виде арочного бескаркасного утепленного свода, 9 – опорная стенка, 10 – камера для закладки продукции, 11 – магистральный канал, 16 – воздуховоды, 17 – окна, 18 – регулирующие заслонки, 20 – силовая установка кондиционирования воздуха, 21 – вентиляторы, 22 – тэны, 23 – зазоры между брусками

Опираясь на полученные исследования по обдуву всей насыпи картофеля, появилось принципиально новое решение данной проблемы.

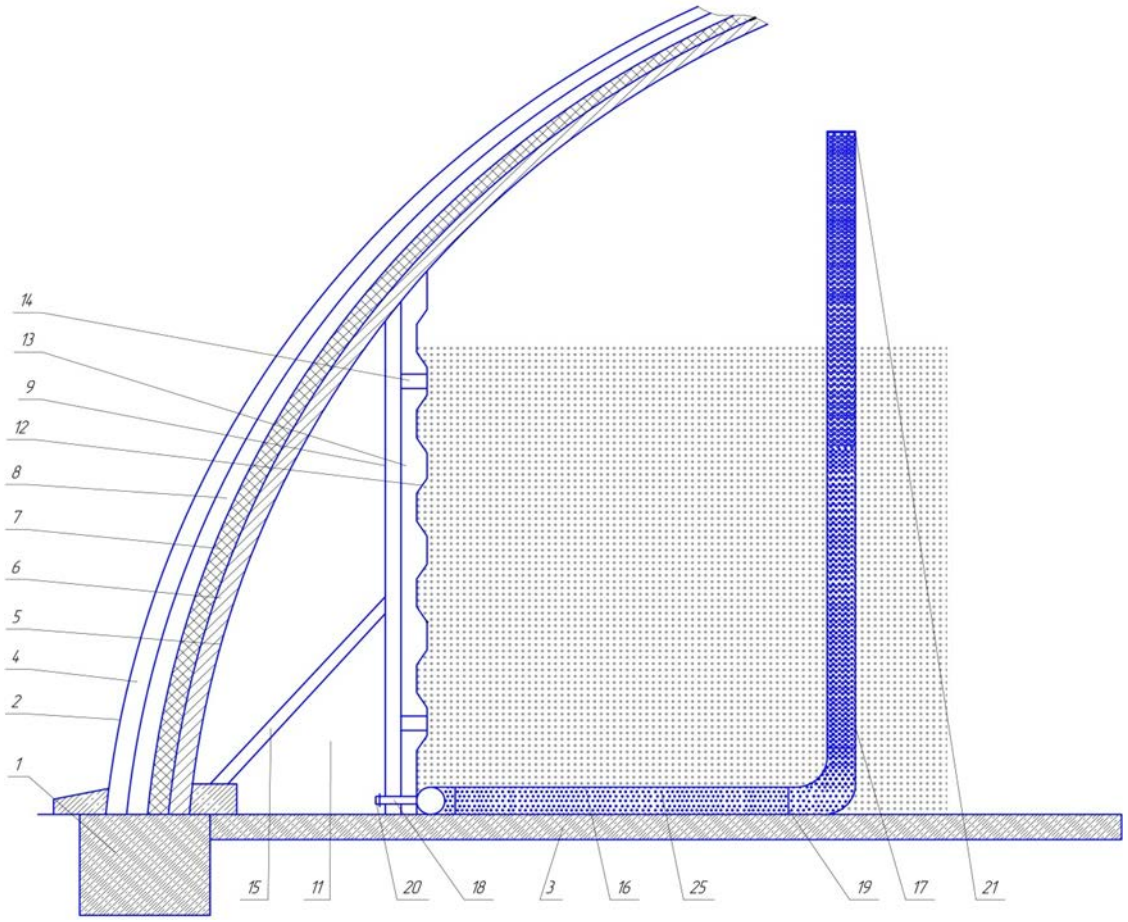


Рис. 2. **Конструкция картофелехранилища с воздуховодом в виде цилиндрических труб**

1 – фундамент, 2 – бескаркасный утепленный свод, 3 – бетонный пол, 4 – наружный гнутый лист, 5 – внутренний гнутый лист, 6 – теплоизоляционный вкладыш, 7 – изолирующий вкладыш, 8 – зазор, 9 – опорная стенка, 10 – камера для закладки продукции, 11 – магистральный канал, 12 – вертикальные стойки, 13 – металлические листы, 14 – прямоугольные трубы, 15 – контрфорсы, 16 – горизонтальный воздуховод, 17 – вертикальный воздуховод, 18 – окна, 19 – колено, 20 – регулирующая заслонка, 21 – цилиндрическая заглушка, 25 – вентиляционные отверстия

При работе хранилища сельскохозяйственной продукции воздушная смесь из силовой установки кондиционирования воздуха 22 с помощью вентиляторов 23 и тэнов 24 поступает в магистральные напорные каналы 11, из которых через заслонку 20 и окно 18 подается в горизонтальный воздуховод 16 и вертикальный воздуховод 17, состоящие из цилиндрических труб, на сторонах которых расположены вентиляционные отверстия 25, увеличивающие по длине и высоте насыпи. Воздушная смесь через вентиляционные отверстия 25 подается в насыпь сельскохозяйственной продукции.

Использование указанных напольных воздуховодов позволит улучшить условия хранения картофеля, путем лучшей подачи воздушной смеси по всему

объему насыпи, что улучшит сохранность сельскохозяйственной продукции в целом.

Библиографический список

1. Борычев, С.Н. Обоснование параметров и разработка ботвоудаляющего рабочего органа картофелеуборочных машин: дисс. канд. техн. наук // Рязань: РГСХА. 2000. 5 с.

2. Колошеин Д.В, Борычев С.Н., Бышов Н.В. и др. Эффективность внедрения усовершенствованной энергосберегающей технологии хранения картофеля // Сельский механизатор. 2016. № 11. С.16-18.

3. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей. РФ / Безносюк Р.В., Бышов Д.Н., Рембалович Г.К., Успенский И.А., Борычев С.Н. Патент № 95960, 2010.

4. Туболев С.С., Шеломенцев С.И., Пшеченков К.А., Зейрук В.Н. Машинные технологии и техника для производства картофеля // М.: Агроспас. 2010. С.5-7.

5. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины. РФ / Рембалович Г.К., Волченков Д.А., Бышов Н.В., Паршков А.В., Успенский И.А., Борычев С.Н. Патент № 2464765. 2011.

6. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей. РФ / Безносюк Р.В., Бышов Д.Н., Рембалович Г.К., Успенский И.А., Борычев С.Н. Патент № 95960, 2010.

7. Хранилище сельскохозяйственной продукции. РФ / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Липин В.Д., Колошеин Д.В., Савина О.А. Патент №158787. 2015.

8. Хранилище сельскохозяйственной продукции. РФ/ Бышов Н.В., Борычев С.Н., Липин В.Д., Успенский И.А., Колошеин Д.В. Патент №175783. 2017.

УДК 631.31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ

***Симдянкин Аркадий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор кафедры техническаяой эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО РГАТУ, seun2006@mail.ru*

***Успенский Иван Алексеевич**, доктор технических наук, заведующий кафедрой технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО РГАТУ, ivan.uspensckij@yandex.ru*

***Волченкова Виктория Александровна**, лаборант кафедры технической эксплуатации транспорта, ФГБОУ ВО РГАТУ, vol4enkova.97@mail.ru*

***Аннотация**. Приведена методика решения транспортной задачи на примере перевозки картофеля* с *целью улучшения транспортировки грузов с поля на склады, со складов потребителям и оптимизации других маршрутов перевозок сельскохозяйственных грузов.*

Ключевые слова: *картофель, транспортная задача, оптимизация маршрута, сельскохозяйственный груз.*

Abstract*. The technique for solving the transport problem is exemplified by the example of transporting potatoes in order to improve the transportation of goods from the field to warehouses, from warehouses to consumers and optimization of other routes for transporting agricultural cargo.*

Keywords*: potatoes, transport problem, route optimization, agricultural cargo.*

Роль транспорта в сельскохозяйственном производстве значительна. Он является связующим звеном в технологической цепи агропромышленного комплекса Российской Федерации (АПК РФ). Развитие сельскохозяйственного производства неизбежно влечет за собой возрастание объема перевозок. Поэтому вопросы повышения производительности труда и использование логистических методов при перевозке грузов АПК РФ приобретают в настоящее время большое значение [1].

В структуре АПК РФ сельское хозяйство является главным звеном. Оно производит свыше 45% объема продукции АПК, располагает 65% производственных основных фондов комплекса, в нем занято почти 56% работающих в производственных отраслях АПК.

Сбалансированное развитие всех звеньев АПК – необходимое условие решения проблемы обеспечения страны продовольствием и сельскохозяйственным сырьем. В настоящее время слабое развитие перерабатывающих отраслей АПК, производственной инфраструктуры комплекса приводят к огромным потерям продукции сельского хозяйства. Например, потери собранного зерна составляют 30%, картофеля и овощей – 40-45%. [2, 3].

Снижение темпов пополнения и обновления парка транспортных и погрузочных средств за последние годы привело к значительному ухудшению их технического состояния, работоспособности и логистического обслуживания производственных процессов в сельском хозяйстве [4, 5].

Для улучшения транспортного обслуживания АПК в сложившихся условиях необходимо совершенствовать технологии перевозок с применением методов логистики, пополнять и обновлять имеющийся парк. [6].

С целью улучшения транспортировки грузов с поля на склады, со складов потребителям и других перевозок предлагается при составлении маршрутов движения транспорта применять транспортные задачи. Данный вид задач позволяет довольно просто оптимизировать маршрут для уменьшения затрат на транспортировку грузов.

На простом примере рассмотрим решение транспортной задачи.

Для решения данной задачи будем использовать метод потенциалов, который подразумевает постепенное улучшение опорного плана.

Для обеспечения городов сельскохозяйственной продукцией, а именно картофелем, работают 3 хозяйства: "Полёт", "Колос" и "Звезда" с оборотом 40, 80 и 60 тонн картофеля, соответственно. В городе А необходимо 40 тонн

картофеля. Для города Б – 70 тонн. Для города В – 30 тонн. Для города Д – 40 тонн. Тарифы на перевозку Cij известны заранее.

1. В исходной таблице (таблица 1) указываем запасы поставщиков (Ai) и потребности потребителей (Bj). Так же указываем известные тарифы на перевозку Cij.

Таблица 1

Исходные данные транспортной задачи

Производители /Потребители	B1	B2	B3	B4	Запасы
A1	C_{11}=5	C_{12}=1	C_{13}=3	C_{14}=7	40
A2	C_{21}=1	C_{22}=3	C_{23}=2	C_{24}=5	80
A3	C_{31}=3	C_{32}=6	C_{33}=7	C_{34}=2	60
Потребности	40	70	30	40	

2. Составляем опорный план (таблица 2) по методу северно-западного угла. Получаемый план не обязательно будет оптимальным.

Таблица 2

Опорный план

	B1 потребность - 40	B2 потребность - 70	B3 потребность - 30	B4 потребность - 40
A1 запас - 40	X_{11}=40 C_{11}=5	C_{12}=1	C_{13}=3	C_{14}=7
A2 запас - 80	C_{21}=1	X_{22}=70 C_{22}=3	X_{23}=10 C_{23}=2	C_{24}=5
A3 запас - 60	C_{31}=3	C_{32}=6	X_{33}=20 C_{33}=7	X_{34}=40 C_{34}=2

Затраты по данному плану составят:

$$Z = 40 \times 5 + 70 \times 3 + 10 \times 2 + 20 \times 7 + 40 \times 2 = 650\,руб.$$

Проверим задачу на вырожденность: количество производителей (m) составляет 3, количество потребителей (n) – 4. m+n-1=6, однако базисных клеток только 5, значит, задача является вырожденной. Для того чтобы задача стала невырожденной добавим нулевую базисную клетку и вычислим потенциалы Ui и Vj

3. Для вычисления потенциалов принимается, что Cij=Ui+Vj, где величины Ui и Vj, соответственно, принадлежат поставщику (Ai) и потребителю (Bj).

Принимаем $U_1 = 0$, тогда $V_1 = C_{11} – U_1 = 5 – 0 = 5$. Аналогично вычисляем оставшиеся потенциалы (таблица 3).

Таблица 3

Вычисление потенциалов

	$V_1 = 5$ потребность - 40	$V_2 = 1$ потребность - 70	$V_3 = 0$ потребность - 30	$V_4 = -5$ потребность - 40
$U_1 = 0$ запас - 40	$X_{11}=40$ $C_{11}=5$	$X_{12}=0$ $C_{12}=1$	$C_{13}=3$	$C_{14}=7$
$U_2 = 2$ запас - 80	$C_{21}=1$	$X_{22}=70$ $C_{22}=3$	$X_{23}=10$ $C_{23}=2$	$C_{24}=5$
$U_3 = 7$ запас - 60	$C_{31}=3$	$C_{32}=6$	$X_{33}=20$ $C_{33}=7$	$X_{34}=40$ $C_{34}=2$

4. Проверим данное решение на оптимальность. Вычисляем для свободных клеток (табл. 4) ΔCij (Δij) = Cij – (Ui + Vj).

Таблица 4

Вычисление показателей ΔCij (Δij)

	$V_1 = 5$ потребность - 40	$V_2 = 1$ потребность - 70	$V_3 = 0$ потребность - 30	$V_4 = -5$ потребность - 40
$U_1 = 0$ запас - 40	$X_{11}=40$ $\Delta_{11}=0$ $C_{11}=5$	$X_{12}=0$ $\Delta_{12}=0$ $C_{12}=1$	$\Delta_{13}=3$ $C_{13}=3$	$\Delta_{14}=12$ $C_{14}=7$
$U_2 = 2$ запас - 80	$\Delta_{21}= -6$ $C_{21}=1$	$X_{22}=70$ $\Delta_{22}=0$ $C_{22}=3$	$X_{23}=10$ $\Delta_{23}=0$ $C_{23}=2$	$\Delta_{24}=8$ $C_{24}=5$
$U_3 = 7$ запас - 60	$\Delta_{31}= -9$ $C_{31}=3$	$\Delta_{32}= -2$ $C_{32}=6$	$X_{33}=20$ $\Delta_{33}=0$ $C_{33}=7$	$X_{34}=40$ $\Delta_{34}=0$ $C_{34}=2$

5. Так как ΔCij принимает отрицательные значения решение не оптимально. Перераспределяем план от ячейки с наименьшей отрицательной разностью (табл. 5). В нашем случае $\Delta_{31}= -9$.

Таблица 5

Составление цикла перераспределения по базисным клеткам

	$V_1 = 5$ потребность - 40	$V_2 = 1$ потребность - 70	$V_3 = 0$ потребность - 30	$V_4 = -5$ потребность - 40
$U_1 = 0$ запас - 40	$X_{11}=40$ $\Delta_{11}=0$ $C_{11}=5$	$X_{12}=0$ $\Delta_{12}=0$ $C_{12}=1$	$\Delta_{13}=3$ $C_{13}=3$	$\Delta_{14}=12$ $C_{14}=7$
$U_2 = 2$ запас - 80	$\Delta_{21}= -6$ $C_{21}=1$	$X_{22}=70$ $\Delta_{22}=0$ $C_{22}=3$	$X_{23}=10$ $\Delta_{23}=0$ $C_{23}=2$	$\Delta_{24}=8$ $C_{24}=5$
$U_3 = 7$ запас - 60	$\Delta_{31}= -9$ $C_{31}=3$	$\Delta_{32}= -2$ $C_{32}=6$	$X_{33}=20$ $\Delta_{33}=0$ $C_{33}=7$	$X_{34}=40$ $\Delta_{34}=0$ $C_{34}=2$

Перераспределенный план будет выглядеть следующим образом (таблица 6):

Таблица 6

Перераспределенный план

	B1 потребность - 40	B2 потребность - 70	B3 потребность - 30	B4 потребность - 40
A1 запас - 40	$X_{11}=20$ $C_{11}=5$	$X_{12}=20$ $C_{12}=1$	$C_{13}=3$	$C_{14}=7$
A2 запас - 80	$C_{21}=1$	$X_{22}=50$ $C_{22}=3$	$X_{23}=30$ $C_{23}=2$	$C_{24}=5$
A3 запас - 60	$X_{31}=20$ $C_{31}=3$	$C_{32}=6$	$C_{33}=7$	$X_{34}=40$ $C_{34}=2$

6. Повторяем действия 3 - 5 пунктов (таблица 7).

Таблица 7

Вычисление потенциалов, ΔCij и перераспределение

	$V_1 = -1$ потребность - 40	$V_2 = 1$ потребность - 70	$V_3 = 0$ потребность - 30	$V_4 = -2$ потребность - 40
$U_1 = 0$ запас - 40	$X_{11}=20$ $\Delta_{11}=0$ $C_{11}=5$	$X_{12}=20$ $\Delta_{12}=0$ $C_{12}=1$	$\Delta_{13}=3$ $C_{13}=3$	$\Delta_{14}=3$ $C_{14}=7$
$U_2 = 2$ запас - 80	$\Delta_{21}= -6$ $C_{21}=1$	$X_{22}=50$ $\Delta_{22}=0$ $C_{22}=3$	$X_{23}=30$ $\Delta_{23}=0$ $C_{23}=2$	$\Delta_{24}= -1$ $C_{24}=5$
$U_3 = 4$ запас - 60	$X_{31}=20$ $\Delta_{31}=0$ $C_{31}=3$	$\Delta_{32}=7$ $C_{32}=6$	$\Delta_{33}=9$ $C_{33}=7$	$X_{34}=40$ $\Delta_{34}=0$ $C_{34}=2$

Вновь перераспределенный план будет выглядеть следующим образом (таблица 8):

Таблица 8

Проверка на оптимальность нового плана

	$V_1 = -1$ потребность - 40	$V_2 = 1$ потребность - 70	$V_3 = 0$ потребность - 30	$V_4 = -2$ потребность - 40
$U_1 = 0$ запас - 40	$\Delta_{11}=6$ $C_{11}=5$	$X_{12}=40$ $\Delta_{12}=0$ $C_{12}=1$	$\Delta_{13}=3$ $C_{13}=3$	$\Delta_{14}=9$ $C_{14}=7$
$U_2 = 2$ запас - 80	$X_{21}=20$ $\Delta_{21}=0$ $C_{21}=1$	$X_{22}=30$ $\Delta_{22}=0$ $C_{22}=3$	$X_{23}=30$ $\Delta_{23}=0$ $C_{23}=2$	$\Delta_{24}=5$ $C_{24}=5$
$U_3 = 4$ запас - 60	$X_{31}=20$ $\Delta_{31}=0$ $C_{31}=3$	$\Delta_{32}=1$ $C_{32}=6$	$\Delta_{33}=3$ $C_{33}=7$	$X_{34}=40$ $\Delta_{34}=0$ $C_{34}=2$

Все $\Delta Cij \geq 0$ план, а значит план, представленный в таблице 9 является оптимальным. Минимальные затраты составят:

$$Z = 40 \times 1 + 20 \times 1 + 30 \times 3 + 30 \times 2 + 20 \times 3 + 40 \times 2 = 350\,руб.$$

Таблица 9

Оптимальное решение

	город А потребность - 40	город Б потребность - 70	город В потребность - 30	город Д потребность - 40
«Полет» запас - 40	$C_{11}=5$	$X_{12}=40$ $C_{12}=1$	$C_{13}=3$	$C_{14}=7$
«Колос» запас - 80	$X_{21}=20$ $C_{21}=1$	$X_{22}=30$ $C_{22}=3$	$X_{23}=30$ $C_{23}=2$	$C_{24}=5$
«Звезда» запас - 60	$X_{31}=20$ $C_{31}=3$	$C_{32}=6$	$C_{33}=7$	$X_{34}=40$ $C_{34}=2$

Проведя анализ полученного оптимального плана, можно увидеть, что достигнута теоретически заложенная эффективность.

Итак, применяя при перевозках сельскохозяйственных грузов логистические методы можно сократить расходы, а так же уменьшить дистанцию перевозки, что позволит сократить повреждаемость грузов.

Библиографический список

1. Успенский И.А., Юхин И.А., Колупаев С.В., Жуков К.А. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах // Техника и оборудование для села. 2013. № 12. С. 12-15.

2. Ежевский А.А. Техническая и технологическая обеспеченность сельскохозяйственного производства Росси на 2013-2020 годы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2014. № 1. С. 3-6.

3. Тульчеев В.В., Симаков Е.А., Пшеченков К.А., Прямов С.Б., Ягфаров О.М. Конкурентоспособность и импортозамещение картофеля и продуктов его переработки в Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 2. С. 58-60.

4. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А. и др. Перспективы повышения эксплуатационных показателей транспортных средств при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ. 2012. № 04(078). С. 475-486. – IDA [article ID]: 0781204041. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/41.pdf, 0,75 у.п.л.

5. Кокорев Г.Д., Кулик С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А. Надежность сельскохозяйственного транспорта при выполнении транспортных и погрузочно-разгрузочных работ // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств. Часть 2. Материалы VI международной научно-практической конференции. г. Пенза. 2010. С. 47-51

6. Успенский И.А., Юхин И.А., Жуков К.А. Предпосылки к разработке универсальных транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: материалы международной научно-практической конференции ППС, научных сотрудников и аспирантов СПбГАУ, Ч.1, Санкт-Петербург – Пушкин, 24-26 января 2013. Спб. : Изд-во Политехн. ун-та. 2013. С. 397-399.

УДК 631.01.020.05.

УКЛАДЧИК КАПЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ НА БАЗЕ ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЯ GRIMME GF75/4

***Мартынова Наталья Борисовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yourim2@rambler.ru*

***Корнеев Алексей Юрьевич**, инженер кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, redos32@gmail.com*

***Аннотация**. Обосновано применение капельного орошения для поддержания оптимального водно- воздушного баланса в течении всего срока вегетации картофеля. Доработана конструкция гребнеобразователя для укладки капельной ленты. Рассчитан режим орошения и выбрана схема полива при выращивании семенного картофеля. Система капельного полива была испытана на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА им. Тимирязева.*

***Ключевые слова:** контур увлажнения, капельное орошение, режим орошения, расход воды, прикорневая зона, скорость потока.*

***Abstract**. Application of drip irrigation for maintenance of optimum water and air balance during the whole period of potato vegetation is proved. The design of combs for laying the drip tape has been modified. The irrigation regime was calculated and the irrigation scheme was chosen for growing seed potatoes. The irrigation scheme has been tested at the Field experimental station of Russian state agrarian University named after Timiryazev.*

***Keywords:** circuit of moisture, drip irrigation, sprinkler irrigation, water consumption, basal area, flow rate.*

Применение капельного орошения при выращивании картофеля позволит доставить воду в корнеобитаемую зону, что позволит поддерживать оптимальный водно – воздушный баланс в течение всего срока вегетации. При этом существенно сократится расход воды, так как при данном способе полива испарение поливной воды практически отсутствует, а также замедлится рост сорняков, так как междурядья при капельном поливе увлажняются слабо [1].

Для выбора оптимального режима орошения следует определить необходимый расход поливной воды [2].

Полная поливная влагоемкость на исследуемом участке Полевой опытной станции РГАУ-МСХА им. Тимирязева была определена объемно- весовым методом и составила в среднем 29%. Как показывают исследования, оптимальной для роста и развития растения является режим увлажнения, составляющий 70% от полной поливной влагоемкости [3-6]. Следовательно, влажность активного слоя почвы перед поливом составит:

$$W_n = W_{нв} \cdot 0{,}7 = 29 \cdot 0{,}7 = 20{,}3\%$$

$W_{нв}$ – предельная поливная влагоемкость, %.

Рассчитаем поливную норму:

$$m = 100 \cdot h \cdot \alpha \cdot S \cdot (W_{нв} - W_n) =$$

$$= 100 \cdot 0{,}25 \cdot 1{,}27 \cdot 0{,}6 \cdot (29 - 20{,}3) = 166 м^3/га$$

h – глубина активного слоя, м;

α – плотность почвы, т/м^3;

S – доля площади, подлежащей увлажнению.

Для укладки в картофельный гребень была выбрана капельная лента с расходом 1,6 л/ч на капельницу, расстояние между капельницами 300 мм.

Как показывают данные исследований, потребность в воде в начальный период развития у картофеля невелика, растение использует влагу материнского клубня [7, 8]. В дальнейшем, потребность в поливной воде возрастает, достигая максимальных значений в период цветения и окончания роста ботвы. Следовательно, укладку капельной ленты целесообразно провести совместно с гребневанием, которое проводится на 10-14 день со времени посадки картофеля. На гребнеобразователь Grimme GF75/4 было установлено рабочее оборудование для укладки капельной ленты в картофельный гребень на глубину 20мм. Масса машины выросла на 7,5%, тяговое усилие также увеличились незначительно. Установка дополнительного оборудования не повлияла на эксплуатационные показатели машины (рисунок 1).

Рис. 1. **Укладчик капельной ленты на базе гребнеобразователя Grimme GF75/4**

Были уложены капельные ленты на 16 картофельных гребнях и смонтировано капельное оборудование.

Длина капельных линий составила 108м. Поливная вода с подавалась раз в 4 дня в течении часа на каждую линию. Расход поливной воды составил 1м^3 на линию [7, 8].

Для борьбы с насекомыми на 12 картофельных гребнях был использован укрывной нетканый материал «агроспан».

На опытном поле выращен картофель сортов «Жуковский» и «Ред

Скарлетт». Урожайность по сравнению с контрольным полем выросла на 44% (рисунок 2).

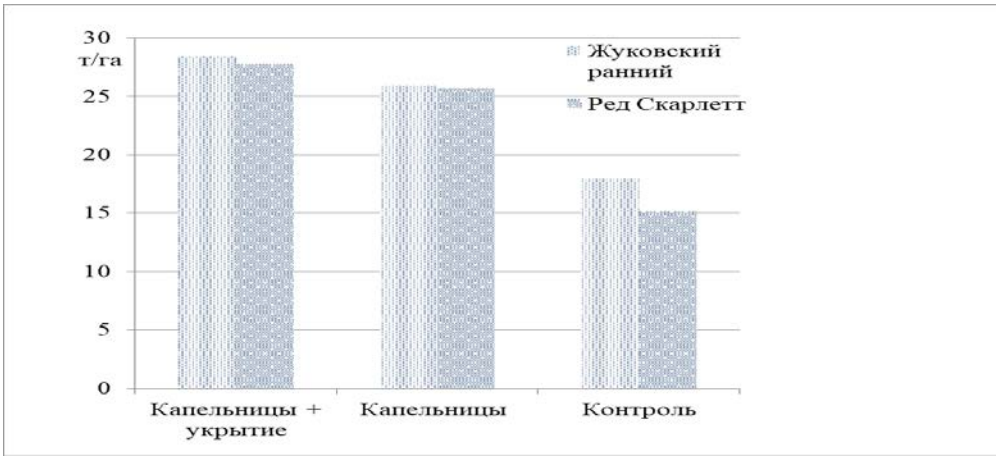


Рис. 2. **Урожайность исследуемых сортов картофеля при различных схемах полива**

Применение капельного орошения позволило сократить расход поливной воды, так как ее доставка осуществлялась непосредственно в прикорневую зону. Установка оборудования для укладки капельной ленты на гребнеобразователь Grimme GF75/4 позволила совместить соответствующие технологические операции, что значительно сократило машинное время и повысило производительность производства работ.

Библиографический список

1. Андрианов А.Д. Капельное орошение раннего картофеля // Мелиорация и водное хозяйство. 2008. № 3. С. 37-40.

2. Ахмедов А.Д. Закономерности влияния поливной нормы на динамику формирования контура увлажнения в зависимости от конструкции увлажнителя // Мелиорация: этапы и перспективы развития. М.: ВНИИГиМ, 2006. С. 66-70.

3. Бутов А.А., Штанько А.С., Слабунов В.В., Шепелев А.Е. Капельное орошение и перспективы его развития // Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы их решения. Новочеркасск, 2003. Ч. 1. С. 194-198.

4. Григоров М.С., Жидков В.М., Захаров В.В. Дифференцированный режим орошения картофеля при капельном поливе // Картофель и овощи. 2009. № 9. С. 19-20.

5. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Лытов М.Н., Белик О.А. Особенности водного режима почвы при капельном орошении сельскохозяйственных культур // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 4. С. 22-25.

6. Икромов И.И. Формирование контура и полосы увлажнения почвы при разной технологии микроорошения // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы

сельскохозяйственного производства. Рязань: Рязанский ГАУ. 2009. Вып. 8. С. 240-244.

7. Кружилин И.П., Навитняя А.А., Гиченкова О.Г. Режим орошения и продуктивность раннего картофеля // Вопросы семеноводства и селекции орошаемых сельскохозяйственных культур: Сб. науч. тр. Волгоград: ВНИИОЗ, 2001. С. 93-98.

8. Мелихов В.В., Новиков А.А. Коэффициент водопотребления как критерий эффективного промышленного производства раннего картофеля // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. № 4. С. 38-40.

УДК 631.36

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ

***Панова Татьяна Васильевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, panovatava@yandex.ru*

***Панов Максим Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры математики, физики и информатики, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, pmv-1980@yandex.ru*

***Аннотация**. Представлена оптимизация процесса послеуборочной обработки посредством внедрения малогабаритной зерносушилки.*

***Ключевые слова:** зерно, зернозаготовка, обработка. зерносушилка, машины.*

***Abstract.** The optimization of the post-harvest processing process by introducing a small grain dryer is presented.*

***Keywords:** grain, grain, processing. grain dryers, machines.*

В общем производственном процессе возделывания, уборки и послеуборочной обработки урожая зерновых и других культур, основные затраты приходятся на послеуборочную обработку, заключающуюся в очистке, сушке и доведении до требуемых кондиций по чистоте, влажности и другим показателям зерна и семян.

Одной из причин низкой урожайности зерновых в нашей стране является плохое качество семян. По данным Госсеминспекции, за последние 5 лет в России высевают не более 20 % высококлассных семян, а некондиционных - до 34,9%. За счет повышения качества семян можно снизить нормы высева и, как следствие, сократить семеноводческие посевы и получить дополнительно 17...19 млн. т зерна, что сопоставимо с общим объемом высеваемых семян [1].

Для планомерного и обоснованного принятия технических решений необходимо знать объемы, которые предполагается получить в предстоящем годовом периоде. Прогнозирование урожайности зерновых культур в хозяйствах ЦФО РФ до 2020 года показало, что будет регулярный рост

урожайности за счет сбалансированности и учета производственно-технологических, природно-климатических составляющих [2].

Наличие роста урожайности делает вопрос послеуборочной обработки зерно еще более актуальным, так как необходимо эффективно обрабатывать зерно с наименьшими его потерями в качестве и количестве.

Мы предлагаем схему послеуборочной обработки зерна (рисунок 1) с циклом, позволяющим максимально сохранить качественные и количественные показатели зерна.

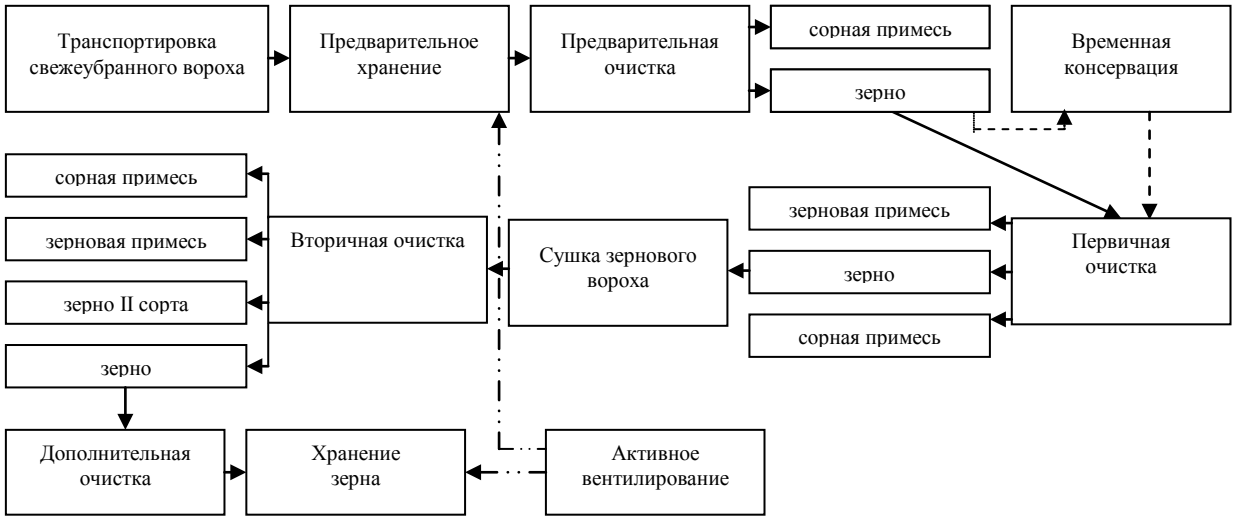


Рис. 1. **Схема послеуборочной обработки зерна**

До начала уборки урожая составляют план размещения с учетом нового урожая и фактически ожидаемого объема производства, а также план заготовок и реализации продукции.

Партии семян хранят отдельно по культурам, сортам, репродукциям, категориям сортовой чистоты, а также с учетом показателей качества по засоренности и влажности. Перед заготовкой зерна зачистят складские помещения, оборудование и территорий зернотока от остатков урожая прошлого года.

На зернотоке для хранения семенного зерна имеется зернохранилище, снабженное активным вентилированием. Период временной конспирации зерна составляет непродолжительное хранение в течение допустимых сроков. Это вынужденное хранение зерна, прошедшего предварительную очистку в ожидании начала или повторных прогонов через сушку. Этот период бывает во влажные годы. Сразу после обмолота зерна проходит стадию временного хранения на токах или на складах. Временное хранение зерна составляет два этапа, в частности, это хранение свежеубранного зерна в бункерах, оборудованных активным вентилированием и временное хранение зерна прошедшего полный цикл послеуборочной обработки по чистоте и иногда по влажности. Временное хранение зерна, прошедшего полный период или сокращенный цикл послеуборочной обработки, но не доведено до норм

стандарта по засоренности или по влажности. Когда его обработка задерживается из-за необходимости обрабатывать другие менее стойкие партии убранного зерна. Такое зерно направляется в хранилище, технологически оборудованное транспортными средствами с зернообрабатывающим агрегатом или поточной линией. После окончания уборки такие партии зерна возвращаются на повторную обработку.

Предварительную очистку зернового вороха проводят на машинах типа БЦР-6 для обеспечения благоприятных условий при выполнений последующих операции послеуборочной обработки зерна. На ворохоочистительных машинах из зернового вороха выделяют крупные примеси, что повышает сыпучесть зерновой массы, повышает устойчивость к самосогреванию. Предварительная очистка наиболее эффективна только в том случае, если проводится сразу же при поступлении зерна на ток. Задержка с очисткой даже на ночь, связана с опасностью самосогревания зерна, снижения качества, кроме того, происходит быстрое перераспределение влаги между зерном и ворохом, в результате чего увеличивается влажность зерна. Для предварительной очистки применяются машины ОВС-25 с воздушной очисткой. Машины предварительной очистки должны выполнять очистку свежеубранного вороха, влажностью до 40%, содержание отделимой примеси 20%. в том числе соломиной до 5%. В процессе очистки должно выделиться не менее 50% сорной примеси, в том числе вся соломистая [3].

Сушка является основной технологической операцией по приведению зерна в стойкое состояние. Сушку зерна поводят для снижения влажности до пределов, обеспечивающих стойкость его при хранении, а также для борьбы с зараженностью вредителями. При сушке на сушилках применяются продувание слоя зерна горячей смесью поточных газов с наружных воздухом с помощью вентиляции.

Практика показывает, что сушка зерна и семян во многих хозяйствах является затратным процессом. Это происходит не только потому, что используют менее производительные сушилки. но и вследствие недостаточно четкой организации зерносушения. неправильной эксплуатации зерносушилок, несоблюдения рекомендуемых режимов сушки, отсутствия поточных линий. Поэтому. кроме того, что зерносушилка должна быть компактной, несложной по устройству, приспособленной для работы на местном топливе, она должна обеспечивать высокую эффективность сушки с соблюдением установленных режимов сушки зерна, учетом его влажности, целевого назначения и других особенностей [4].

Нами предложена малогабаритная зерносушилка для крестьянских (фермерских) хозяйств, представленная на рисунке 2.

Малогабаритная зерносушилка состоит из корпуса 1. приемного канала 2 и патрубков 3, равномерно, распределяющих загружаемое сырьё в контейнер 4, из перфорированных листов, с перфорацией, имеющей форму ромба, системы воздухоподачи. состоящей из горизонтальных 9 и вертикальных перфорированных труб 10 с расположенными на них датчиками влажности 11 и

теплогенератора для подачи теплого воздуха 12. горизонтальных водухоотводов 5. снабженных обратными клапанами 6. днища в виде центрального затвора, открывающегося при выгрузки высушенного сырья. Также для выгрузки высушенных зерновых культур имеется выгрузной канал 7. ограниченный стенками со всех сторон и шнековый транспортер 8. Для транспортировки малогабаритная зерносушилка монтируется на платформе 13. снабженной механизмом сцепления с автомобилем [5].

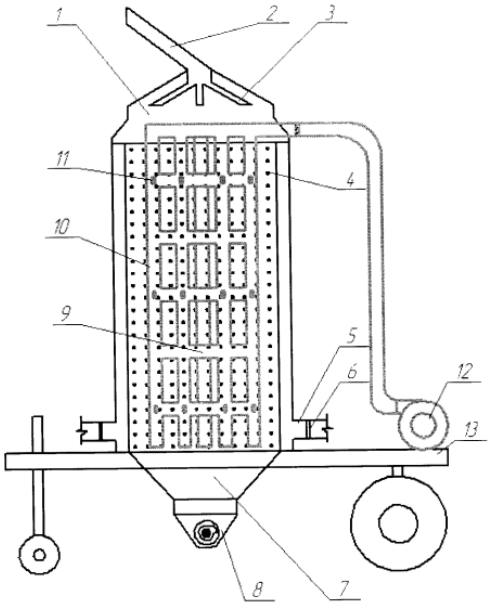


Рис. 2. **Малогабаритная зерносушилка**

Контейнер через приемный канал равномерно заполняют сырьем нуждающимся в высушивании и включают теплогенератор. Теплый воздух, проходя по системе воздухоподачи, распределяется равномерно по сырью, благодаря равномерно расположенным горизонтальным и вертикальным перфорированным трубам, затем, проникая сквозь него теплый воздух, поступает в корпус из которого посредством горизонтальных водухоотводов удаляется в атмосферу или направляется на обогрев или повторное использование. При достижении необходимого значения влажности теплогенератор автоматически выключается, открывается днище, выполненное в виде центрального затвора и по выгрузному каналу сырье попадает в шнековый транспортер, по которому происходит перемещение и выгрузка сырья. Таким образом, происходит максимально эффективное высушивание зерновых культур [6].

Малогабаритную зерносушилку предполагается применять в крестьянских (фермерских) хозяйствах в виду её малой стоимости и оптимальной производительности для хозяйств малой форм собственности.

Библиографический список

1. Трубилин Е.И., Федоренко Н.Ф., Тлишев А.И. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян // Краснодар: Кубанский ГАУ. 2009. 96 с.

2. Горбачев И.В., Панова Т.В., Панов М.В. Прогнозирование урожайности зерновых и зернобобовых культур в хозяйствах ЦФО РФ до 2020 года // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. Брянск: БГСХА. 2014. № 2. С. 43-45.

3. Панова Т.В., Панов М.В., Ляхова Л.А.Технологическая схема заготовки зерна с применением малогабаритной зерносушилки на примере зерна яровой пшеницы // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии Брянск: БГСХА. 2014. № 3. С. 16-20.

4. Панова Т.В., Панов М.В. Малогабаритная зерносушилка для малых предприятий АПК // Агроконсультант. 2013. № 3 (2013). С. 31-33.

5. Патент на полезную модель РФ № 147015Малогабаритная зерносушилка / Панова Т.В., Панов М.В. Заявка: 2014127587/13, 07.07.2014. Опубл. 27.10.2014 Бюл. № 30.

6. Панова Т.В., Панов М.В. Малогабаритная зерносушилка // Сельский механизатор. 2016. № 10. С.18-19.

УДК 631.243

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА III И IV ЭТАПАХ СЕЛЕКЦИИ И ПЕРВИЧНОГО СЕМЕНОВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТЕЙНЕРНОЙ ТАРЫ

***Степанов Кирилл Александрович**, инженер лаборатории транспортной логистики и погрузочно-разгрузочных работ, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 89999878895@mail.ru*

***Крюков Михаил Львович**, ведущий специалист лаборатории транспортной логистики и погрузочно-разгрузочных работ, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, krumil52@mail.ru*

***Иванов Максим Викторович**, инженер лаборатории транспортной логистики и погрузочно-разгрузочных работ, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, maks.ivanov.1992@mail.ru*

***Аннотация**. В статье описаны проблемы, лежащие в области селекции и первичного семеноводства. Предложена технология, способная снизить временные и финансовые затраты, повысив уровень механизации на этапе уборки, транспортировки, сушки и хранения селекционного зерна. Повышение уровня механизации достигается за счёт применения контейнеров на каждой операции технологической цепи вместо мешочной тары, использующейся в базовой технологии.*

Ключевые слова: *селекция, первичное семеноводство, механизация, проблемы, мешки, контейнеры.*

Abstract*. The article describes the problems in the field of selection and primary seed production. The proposed technology that can reduce the time and financial costs, increasing level of mechanization at the stage of harvesting, transporting, drying and storage of grain selection. Increasing the level of mechanization is achieved through the use of containers at each щзукфешщт of the technological chain instead of bag containers used in the basic technology.*

Keywords*: selection, primary seed production, mechanization, problems, bags, containers.*

Одним из важнейших вопросов в селекции и первичном семеноводстве является уборочно-транспортный процесс. Оптимизация этого процесса напрямую влияет на широкий спектр затрат: трудовых, эксплуатационных, энергетических. Высокие затраты связаны, в основном, с низким уровнем механизации селекции и первичного семеноводства [1]. Это обусловлено спецификой селекционно-семеноводческого дела: для выполнения разнообразных операций необходимы различные машины. К примеру, если в начале селекционного процесса достаточно сеялки для посева отдельных семян, то на этапе конкурсного сортоиспытания – сложная многорядковая машина [1]. Основанием для развития селекционно-семеноводческого дела является Стратегия Национальной Безопасности Российской Федерации, в которой было сказано о необходимости “ускоренного развития и модернизации агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, промышленности и инфраструктуры внутреннего рынка”, а также о “развитии племенного дела, селекции, семеноводства и аквакультуры” [2].

В настоящее время наиболее распространённым способом при выполнении уборочно-транспортного процесса в селекционно-семеноводческих работах является применение мешочной тары (рисунок 1). При использовании мягкой тары выполняются вручную ряд технологических операций:

1. Подготовка мешкотары для заготовки образцов семян;
2. Доставка мешкотары в поле, складирование, распределение;
3. Затаривание мешков, сбрасывание их на поле или складывание в штабель 4 х 3 на столе комбайна;
4. Подбор мешков с поверхности поля или перегрузка мешков в транспортное средство на расстояние 1,5-3,0 м (переброска мешков при остановке ТС вплотную к комбайну);
5. Перегрузка мешков из ТС на площадку временного хранения на расстояние 1,5-3,0 м;
6. Перегрузка мешков с площадки временного хранения на сушилку на расстояние 1,5-3,0 м;
7. Перегрузка мешков из сушилки в сортировальную машину пересыпанием зерна из мешков в приёмный бункер сортировальной машины на расстояние 1-5 м;

8. Приём зерна из сортировальной машины и затаривание его в мешки;

9. Взвешивание и укладка мешков на поддоны.

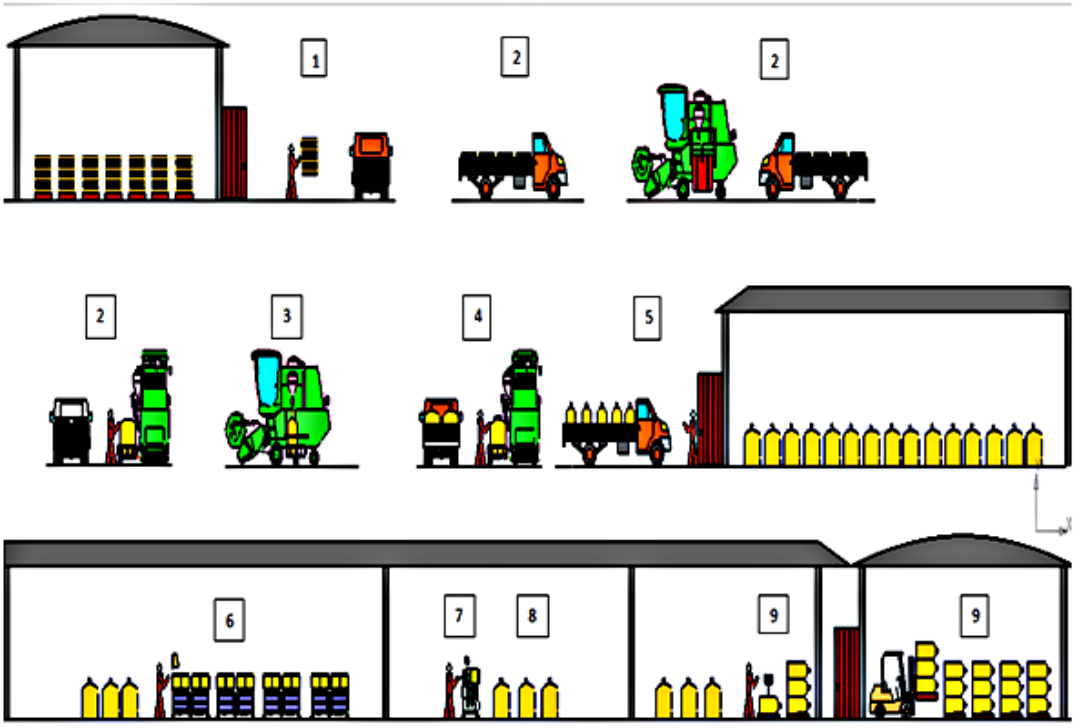


Рис. 1. **Базовая технология уборки семян в мешки**

Традиционный способ уборки селекционных семян в мешки имеет свои вполне конкретные преимущества, где мешки играют ключевую роль: они дешёвые, многоразовые, позволяют совмещать операции, обладают определённой герметичностью и безразмерностью. Однако мешочная упаковка имеет ряд существенных недостатков. Даже если мешок заполнен полностью, он всё равно будет иметь сложную, неопределённую форму, что не позволит складировать материал слишком высоко друг на друга, что отрицательно скажется на ряде экономических показателей. Велик риск случайных механических повреждений, а сама структура мешковины в недостаточной степени защищает материал от вредителей. Самое главное, что предметами неопределённой формы сложнее манипулировать, что заведомо ограничивает число возможно доступных технических средств – чаще всего, их роль выполняет человек.

В целях установления этой доли ручного труда в уборочно-транспортном процессе селекции и первичного семеноводства, специалистами ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в 2016 году во Владимирском НИИСХе был проведён хронометраж времени на этапе уборки зерновых культур, который показал, что подавляющее число операций, где выполняется перевалка мешков или зерна, выполняется вручную и составляет более 25% [3]. Такая организация процесса с точки зрения логистики неизбежно влечёт за собой увеличение трудовых и временных затрат.

Однако стоит отметить, что не столько само устранение ручного труда позволит повысить эффективность уборочно-транспортного процесса, сколько создание тары, которую способен без риска поднять обычный вилочный погрузчик, в которой можно сушить, не пересыпая зерна, которая позволит хранить зерно, не опасаясь повреждений и не прибегая к использованию человека.

На основании вышеуказанных проблем, и с целью их устранения, была разработана концепция контейнерной технологии для уборки, транспортировки, сушки и хранения селекционного зерна при уборке сплошных посевов (рисунок 2). Такое техническое устройство отвечает необходимости комплексной механизации, поскольку контейнерная тара, присутствующая на каждой операции технологической цепи, не только сохраняет, но и расширяет охват возможных совмещаемых операций, благодаря которой отпадает необходимость вручную пересыпать и перемещать материал: если мешочная упаковка позволяла только упаковывать и хранить материал, то контейнер позволит убирать, сушить, хранить, не извлекая материал, а также выполнять короткие механизированные перевозки, за счёт возможности выполнения в них удобных карманов-захватов.

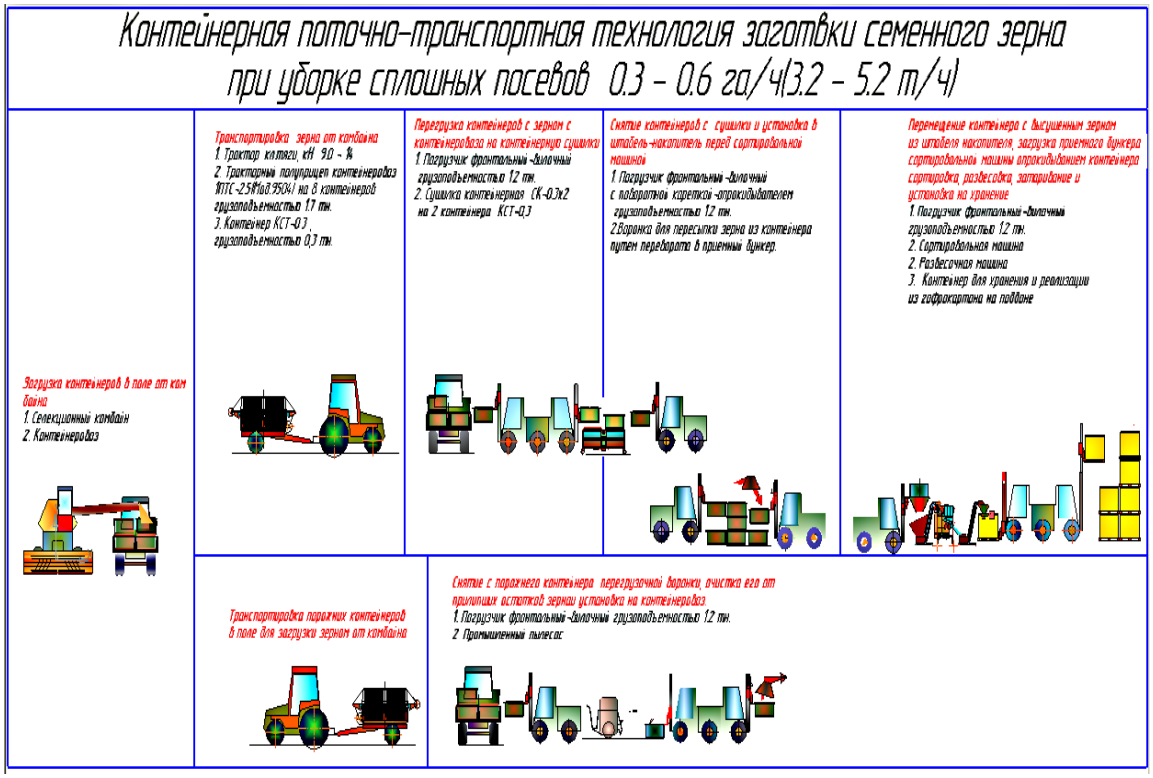


Рис. 2. **Контейнерная технология уборки семян**

Таким образом, целью исследования является механизация транспортно-технологического процесса уборки и переработки селекционных семян с применением контейнеров при первичном размножении, и для достижения этой цели, исследовательская работа разбита на несколько задач:

1. Для имеющегося перечня технических средств разработать экономико-математическую модель процесса уборки и послеуборочной переработки селекционных семян с применением контейнеров;

2. Разработать партию контейнеров для работы при первичном семеноводстве;

3. Экспериментально, с использованием экономико-математической модели, оценить количественное изменение эксплуатационных характеристик при уборке зерна в контейнерах.

Такая цель вполне реализуема за 2-3-х летний период. Однако стоит помнить, что работая с селекционным зерном, мы работаем с живым материалом, который необходимо бережно доставить от комбайна, через сушку, до места хранения.

Библиографический список

1. Домрачеев В.А., Шевченко А.П.. Разработка научных основ механизации селекционно-опытного дела // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 12. С. 51-52.

2. Указ президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683. “О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации” [Электронный ресурс] // Законы, кодексы и нормативно-правовые акты в Российской Федерации. – URL: http://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot-12052009-n-537/ (20.03.2018).

3. Жалнин Э.В., Крюков М.Л., Шилова Е.П., Иванов М.В., Кынев Д.Н., Власова С.В., Царькова Т.В.. Разработка инновационных технологий, высокоэффективных комплексов автоматизированных машин и оборудования для селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: Отчёт о научно-исследовательской работе. – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. 2017. 79 с.

УДК 631.33.023

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОРУДИЯ В АГРЕГАТЕ

***Семичев Степан Владимирович**, младший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Noks_89@mail.ru*

***Смирнов Игорь Геннадьевич**, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ,rashn-smirnov@yandex.ru*

***Аннотация.** Рассматриваются способы автоматизации управления траекторией движения объектов в агрегате с целью повышения точности позиционирования рабочих органов орудия на задаваемой линии обработки почвы.*

***Ключевые слова**: траектория движения, позиционирование, RTK станция, объект регулирования.*

***Abstract.** The author considers ways to automate the control of the trajectory*

of objects in the unit in order to improve the accuracy of positioning of the tool's working organs on the given line of tillage.

Keywords: *trajectory, positioning, RTK station, object of regulation.*

Автоматизация тракторного агрегата на пропашных работах может быть осуществлена как за счет автоматизации вождения трактора, так и за счет автоматизации управления орудием. Выбор объекта автоматизации зависит от расположения орудия на тракторе.

Навесные сельскохозяйственные орудия могут агрегатироваться с тракторами в основном двумя способами:

1. Орудие располагается за задними колесами трактора.
2. Орудие располагается за передними колесами трактора.

При расположении сельскохозяйственного орудия за задними колесами трактора, трактор и орудие в процессе вождения отклоняются в противоположные стороны. При чем, эти отклонения являются значительными.

Повышение рабочих скоростей и стремление уменьшить защитные зоны ограничиваются возможностями тракториста, который не может успешно направлять трактор по заданной линии обработки почвы.

Автоматизация агрегата за счет автоматического вождения трактора с жестко закрепленным сзади навешенным сельскохозяйственным орудием является более трудно осуществимой задачей, чем автоматизация управления орудием [1]. К примеру, при посадке картофеля с использованием комбинированного агрегата (культиватор + картофелесажалка) траектории движения их рабочих органов будут отличаться друг от друга (рисунок 1).

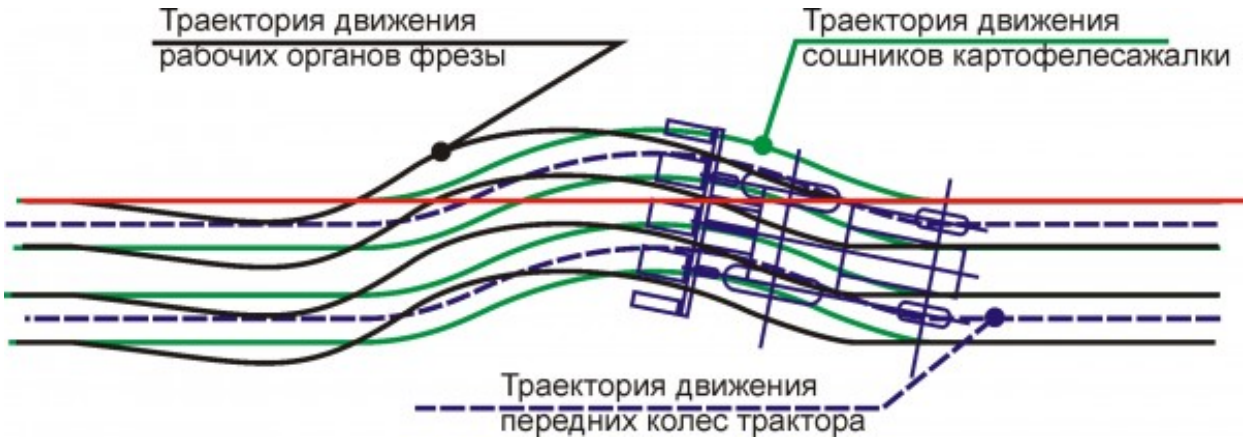


Рис. 1. **Траектории движения агрегатов при посадке и нарезке гребней**

При прямолинейных рядках можно ограничиться автоматизацией управления трактором и добиться положительных результатов при существующих защитных зонах. Однако произвести прямолинейные посевы очень трудно, так как траектории движения осей трактора и рабочих органов сажалки не совпадают. При малейшем маневрировании трактора, сажалка получит значительное отклонение [2]. К тому же заднее навесное оборудование

трактора имеет конструктивную особенность, при которой в транспортном положении, нижние тяги трактора стягиваются между собой, тем самым исключая свободный поперечный ход орудия, а в рабочем положении тяги ослабляются, что способствует произвольному перпендикулярному отклонению орудия относительно направления движения трактора.

При расположении сельскохозяйственного орудия перед передними колесами трактора (в случае навески нескольких агрегатов), маневрирование трактором также затруднено. При отклонении колес трактора на 7°, отклонение орудия происходит только на 3°. В этом случае трактор наезжает ведущими колесами на гребень, образованной фронтально навешенном гребнеобразователем. Процесс движения может быть возможен либо по прямому участку гона, либо при движении по синусоиде [3-5].

Исходя из этого, объектом регулирования является совокупность управления как сельскохозяйственным орудием, так и трактором.

Структурная схема управления МТА показана на рисунке (рисунок 2), где *Smp(t)* – задающее воздействие (изменение кривизны траектории трактора);

Sop(t) – задающее воздействие (изменение кривизны траектории орудия);

F(t) – внешнее возмущающее воздействие;

ΔX – отклонение от заданной линии обработки почвы.

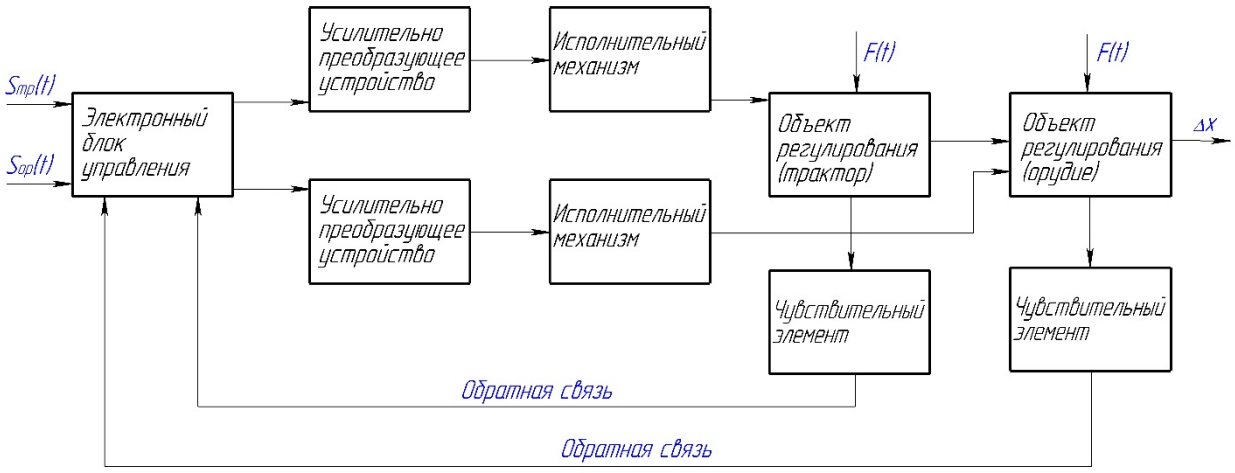


Рис. 2. **Структурная схема автоматического управления сельскохозяйственным орудием**

Возмущающим воздействием данной системы является кривизна траекторий и сигнал, поступающий со спутников, описываемых трактором *Smp(t)* и орудием *Sop(t)*.

Для работоспособности такой схемы применяются исполнительные механизмы, обеспечивающие перпендикулярное смещение орудия относительно задаваемой линии движения.

На сегодняшний день использование систем навигации позволяет снизить отклонение от заданной линии движения до ±2 см. Достигаются такие показатели за счет использования поправок базовых станций RTK (Real Time Kinematic) [6].

При движении трактора, сигнал подается со спутников. RTK станция передает поправки на антенну, установленную на тракторе и далее на ЭБУ (электронный блок управления). ЭБУ анализирует сигнал, полученный со спутников и RTK станции, и дает команду на усилитель преобразующее устройство и далее на исполнительный механизм о смещении объекта регулирования. На передней оси трактора установлен чувствительный элемент в виде потенциометра, который фиксирует угол поворота колес трактора и передает этот параметр на ЭБУ, для определения положения рулевого механизма трактора.

Навешенное за задними колесами трактора орудие также имеет навигационное оборудование. Сигнал со спутников также подается на антенну, установленную на орудии. RTK станция уточняет этот сигнал. ЭБУ анализирует полученные данные, сравнивает с данными о положении трактора, принимая во внимание данные полученные с потенциометра, установленного на тракторе. Далее подается команда с ЭБУ на усилитель преобразующее устройство и на исполнительный механизм орудия. Потенциометр, установленный на орудии, также фиксирует смещение орудия относительно трактора и передает полученные данные на ЭБУ. Сбор и обработка данных ЭБУ происходит постоянно и со всех объектов МТА.

Таким образом, автоматизация управления траекторией движения всех составляющих МТА позволит снизить защитные зоны обрабатываемых культур, тем самым снизить энергоемкость последующих операций обработки почвы. В целом применение автоматизации управления траекторией движения объектов МТА на всех операциях, от предпосевной обработки до уборки включительно, позволит повысить урожайность и снизить затраты на возделывание данной культуры. К примеру автоматизация уборки картофеля позволит снизить количество сепарируемой клубненосной массы, что приведет к снижению затрат на горюче-смазочные материалы.

Библиографический список

1. https://fermer.ru/sovet/rastenievodstvo/25528.
2. http://www.dissercat.com/content/povyshenie-upravlyaemosti-mashinno-traktornogo-agregata-s-frontalno-naveshennym-kultivatorom.
3. Отчет по теме № 2202 «Автоматическое управление рабочими органами пропашных культиваторов при работе на повышенных скоростях», 1960 г.
4. Донцов И.Е. Устройства для повышения устойчивости движения комбинированных машино-тракторных агрегатов // Вестник КрасГАУ. 2009. № 1. С.113-117.
5. Курсов И.В., Площаднов А.Н., Маршалов Э.С. Влияние способа фронтального соединения трактора с сельхозорудием на показатели управляемого движения машино-тракторного агрегата // Труды Рубцовского индустриального института: Выпуск 13: Техническое науки. Под. Ред.

Кутышкина А.В. /Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск: РИО. 2003. С.79-91.

6. http://www.geomir.ru/pg_publications5.html

УДК 631.58:681.5

ЛОКАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ

***Димитров Димитр Миланов**, доктор технических наук, академик РАН, профессор, office@dimitrov.ca*

***Сабиров Ильяс Харресович**, ЗАО «Космос Комплект», office@dimitrov.ca*

Аннотация. *На основании совместных теоретических и практических исследований в области автоматизации и роботизации сельскохозяйственных работ с применением информационных и навигационных технологий в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева совместно с фирмой «Космос комплект» предложена концепция и разработана эскизная компоновка агротехнологического мобильного роботизированного комплекса – GreenBot. Предлагаемый подход решения основан на применении модельного ряда проблемно-ориентированных программно-аппаратных модулей, при помощи которых комплектуется существующая полевая техника, что позволяет довести уровень ее роботизации вплоть до эксплуатации в автоматическом режиме.*

Abstract. *On the basis of joint theoretical and practical research in the field of automation and robotization of agricultural works with the use of information and navigation technologies at the Russian State Agrarian University - MAA named after K.A. Timiryazev together with the company «Kosmos Komplekt» proposed a concept and developed a sketch layout of the agrotechnical mobile robotic complex - GreenBot.The proposed solution approach is based on the application of a model range of problem-oriented software and hardware modules, with which the existing field equipment is completed, which makes it possible to bring the level of its robotization up to operation in an automatic mode.*

Ключевые слова: *сенсорные системы, навигационные технологи, координатное (точное) земледелие, агротехнологический роботизированный комплекс, GreenBot.*

Key words: *sensory systems, navigation technology, coordinate (precision) agriculture, agricultural technology, robotic complex, GreenBot.*

Разработка, испытания и производство новых видов сельскохозяйственной техники, ее автоматизация и роботизация, а также внедрение высокотехнологичных приемов ведения сельского хозяйства на основе навигационных технологий, таких как точное (координатное) и органическое земледелие, в том числе на основе отечественной глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНААС, способствует выходу

агропромышленному комплексу нашей страны на новый инновационный путь развития, что в свою очередь повышает продовольственную безопасности страны [1-7].

Всё большее внимание уделяется внедрению различных роботизированных систем, особенно для работы в системах закрытого грунта, такие как оранжереи, зимние сады, а также газоноведения, в том для газонов спортивных сооружений и других.

В связи с этим задача по созданию программно-аппаратной среды для ввода автономного режима эксплуатации сельскохозяйственных полевых систем приобретает существенные экономические и социальные измерения.

Основными трендами развития роботизированных платформ и агрегатов является развитие сборочных производств электронных модулей с применением в сельскохозяйственном производстве. Другим направлением работ является разработка сенсорных систем (модулей) на основе технологий «система в корпусе» и «система на кристалле» для их оснащения многофункциональными и высокоэффективными зондо-сенсорными блоками, обладающими следующими свойствами: системная микроминиатюризация с возможностью встраивания в различных узлах и подсистемах; много-функциональность; увеличение «интеллекта» в единице конструкторского объема; децентрализация при полной функциональной обособленности; самодиагностика; повышенные требования к надежности; непосредственное подключение к системам приводов.

Методология разработки и выпуска зондо-сенсорных систем для локальных роботизированных машин сельскохозяйственного назначения заключаются в следующем:

1. Обработка и преобразование аналогового сигнала.

Аналоговые мультиплексоры, усилители разного назначения и точности, прецизионные источники тока и напряжения, конверторы, коммутаторы, фильтры и др.

2. Цифровая коррекция сигнала.

АЦП/ЦАП, автокалибраторы, корректоры смещения и усиления, дрейф компенсаторы, диагностические блоки и др.

3. Обработка сигнала.

Компьютерная обработка и хранение информации – контроллеры, процессоры, памяти, сигнальные процессоры, спектральные анализаторы, цифровые фильтры и др.

4. Анализ и синтез новых данных.

Модули машинного зрения, модули распознавания образов, модули аппроксимации и корреляционного анализа, модули сигнального анализа, модули выявления и обработки нештатных ситуации и др.

На основании совместных теоретических и практических исследований в области автоматизации и роботизации сельскохозяйственных работ с применением информационных и навигационных технологий в Российском государственном аграрном университете-МСХА имени К.А. Тимирязева

совместно с фирмой «Космос комплект» предложена концепция и разработана эскизная компоновка агротехнологического мобильного роботизированного комплекса – GreenBot (рисунок 1) [1-7].

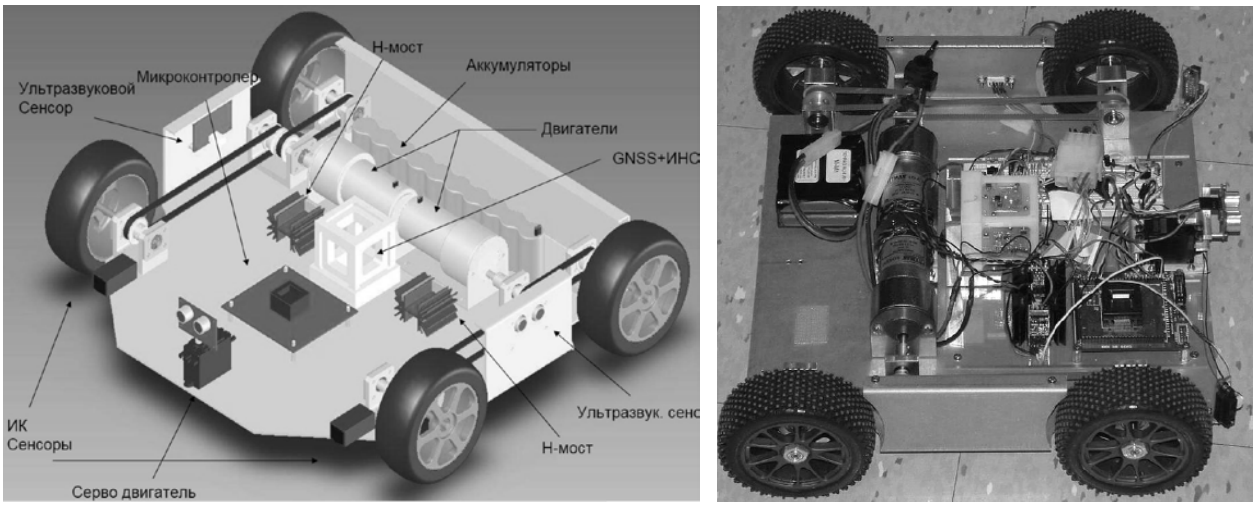


Рис. 1. **Эскизная компоновка и внешний вид агротехнологического роботизированного комплекса GreenBot**

Предлагаемый подход решения основан на применении модельного ряда проблемно-ориентированных программно-аппаратных модулей, при помощи которых комплектуется существующая полевая техника, что позволяет довести уровень ее роботизации вплоть до эксплуатации в автоматическом режиме.

GreenBot – автономный мобильный робот, состоящий из платформы и зондо-сенсорной системы. Платформа обеспечивает его универсальные функции – общий бортовой контроль, перемещение по RFID меткам или GPS/ГЛОНАСС-координатам, электропитание всех подсистем с возможностью подзарядки по фиксированным позициям, считывание, обработка и хранение информации с сенсоров, управление универсальным манипулятором, поддержка информационно-коммуникационных каналов, обеспечение автодиагностики и аварийной сигнализации.

Зондо-сенсорная система представляет для данной версии робота – набор из шести модулей на базе технологии «система в корпусе», которые просто присоединяются к платформе при помощи стандартного механического интерфейса: сбор данных об окружающей среде, анализ почвы, рыхление, полив, лазерная прополка, уборки урожая.

У всех модулей унифицированный CAN интерфейс. К универсальному манипулятору при помощи унифицированного крепления можно подсоединять инструменты для рыхления, лазерной прополки и полива. Платформа запитана от аккумуляторов и самостоятельно подзаряжает их от источника 220В/50Гц, который находит по предварительно заданной позиции.

Между роботами на одной площадке предусмотрен обмен данных. Коммуникация с роботом проводится с применением компьютерной техники, где и накапливаются все генерируемые роботом данные. Замена блоков или

модулей во время эксплуатации проводиться просто неквалифицированным персоналом с применением соответствующего ЗИП после получения диагностического сообщения.

Все модули зондо-сенсорной системы выполнены в виде узлов с унифицированным механическим интерфейсом для быстрого присоединения к манипулятору или платформе**.** Во всех модулях и подсистемах платформы применяется CAN интерфейс.

К универсальному манипулятору так же унифицированным соединением можно подключить инструменты для рыхления, лазерной прополки и полива.

Основные конкурентные преимущества агротехнологического робо-тизированного комплекса GreenBot следующие:

1. Отсутствие зарубежного аналога выполненного в виде универсальной платформы с широким набором функции. Для реализации представленного набора функций потребуется применить 3 или 4 типа зарубежных роботов.

2. Управление перемещением зарубежных аналогов требует либо маркировки, либо GPS. Предлагаемый робот использует ГЛОНАСС и RFID метки.

3. Алгоритм распознавания на основе модуля распознания GreenVision апробирован в спутниковых системах для ДЗЗ и поэтому гарантирует качество селекции и уборки урожая более 95%.

4. Модульное исполнение электроники робота (технология «система в корпусе») обеспечивает системную миниатюризацию всех узлов и систем, высокую повторяемость их характеристик, дешевые модификация, производство и воспроизводство.

Разработка приняла участие и является победителем конкурса инновационных проектов Международной выставки сельскохозяйственной техники АГРОСАЛОН-2016 (Крокус Экспо, г. Москва).

В настоящее время проводятся опытно-конструкторские работы и тестовые испытания действующего прототипа серийного роботизированного комплекса *GreenBot*, производство которого может быть организовано на одном из российских машиностроительных предприятий.

Библиографический список

1. Балабанов В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии // Агротехника и технологии. 2016. № 5. С. 50-53.

2. Балабанов В.И. Нужно заново учиться работать на селе // Новое сельское хозяйство. – М.: № 4. 2010. С. 56-57.

3. Баутин В.М., Балабанов В.И., Березовский Е.В. // Умные кадры для «умных ферм» // Вестник ГЛОНАСС. 2012. № 1. С. 41-44.

4. Балабанов В.И., Федоренко В.Ф. и др. Технологии, машины и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2016. 240 с.

5. Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств

навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли: Монография // М.: Изда-во РГАУ – МСХА. 2016. 286 с.

6. Балабанов В.И., Железова С.В, Березовский Е.В., Беленков А.И., Егоров В.В. Навигационные системы в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. [Учебное пособие] // М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2013. 143 с.

7. Балабанов В.И., Березовский Е.В. Технологии точного земледелия и опыт их применения в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева // Вестник ГЛОНАСС. 2011. № 2. С. 56-68.

УДК 631.459.2

О СНИЖЕНИИ ЭРОЗИИ ПОЧВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ ПРОТИВОСКОЛЬЖЕНИЯ НА ТРАКТОРАХ С КОЛЕСНЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ

Славкин Владимир Иванович*, доктор технических наук, профессор кафедры механики и технических систем, ФГБОУ ВО РГАЗУ,*
mansur.mahmutov@yandex.ru
Махмутов Мансур Магфурович, *доктор технических наук, профессор кафедры механики и технических систем, ФГБОУ ВО РГАЗУ,*
mansur.mahmutov@yandex.ru
Хисматуллина Юлдус Рахимзяновна, *кандидат физических наук, профессор кафедры механики и технических систем, ФГБОУ ВО РГАЗУ,*
mansur.mahmutov@yandex.ru

Аннотация. *Современные технологические процессы и сельскохозяйственная техника, предназначенные для эффективного ведения растениеводства, входящие в систему точного (координатного) земледелия подразумевает комплекс мероприятий с применением наукоемких технологий, последних достижений техники, новейших методов управления. Изменением параметров колесного движителя (диаметра и ширины колеса, давления в шине и нагрузки на колесо), можно добиться повышения функциональных качеств и снижения вредного воздействия агрегата на почву за счет увеличения площади контакта колеса с почвой. Улучшение реологических свойств шин понижают максимальное давление, приближая его к среднему и т.д.*

Ключевые слова: *почва, эрозия, колесный движитель.*

Abstract. *Modern technological processes and agricultural machinery designed for effective crop management, which are part of the system of precise (coordinate) agriculture, imply a complex of measures with the use of high technology, the latest achievements in technology, and the newest methods of management. By changing the wheel drive parameters (wheel diameter and width, tire pressure and wheel load), it is possible to increase the functional qualities and reduce the harmful effect of the unit on the soil by increasing the area of contact*

between the wheel and the soil. Improving the rheological properties of tires lower the maximum pressure, bringing it closer to the average, etc.

Key words: *soil, erosion, wheel movement.*

Современные технологические процессы и сельскохозяйственная техника, предназначенные для эффективного ведения растениеводства, входящие в систему точного (координатного) земледелия подразумевает комплекс мероприятий с применением наукоемких технологий, последних достижений техники, новейших методов управления. Фундаментальной частью (точного) координатного земледелия является развитие и адаптация стратегии и практики ведения сельского хозяйства в современных условиях. Главное при этом – измерить, понять и использовать на практике факторы, влияющие на растения, такие как водно-физические и химические свойства почвы, в том числе снижения ее разрушения под действием ходовых систем сельскохозяйственной техники, ландшафт, семена, применяемая технология, сроки сева и уборки, болезни и вредители, сорняки, агроклиматические условия [1-5].

Почва – сложнейшая биологическая среда, обеспечивающая бесценным свойством – плодородием. Если рассматривать ее как среду, обеспечивающую только реализацию тягового усилия трактора и функцию несущего основания, то последствиями такого подхода будут переуплотнение, разрушение структуры почвы, эрозия, ухудшение плодородия и снижение урожайности сельскохозяйственных культур [6].

Процессы колееобразования и буксования движителей приводят к таким отрицательным эффектам, как ветровая и водная эрозия. Так, после работы одного трактора Беларусь на 1 га поля остается 14…15 т пыли и ежегодно с полей страны уносится 1,5 млрд. т почвы [7].

Изменением параметров колесного движителя (диаметра и ширины колеса, внутришинного давления и нагрузки на колесо), можно добиться повышения функциональных качеств и снижения вредного воздействия агрегата на почву за счет увеличения площади контакта колеса с почвой. Улучшение реологических свойств шин понижают максимальное давление, приближая его к среднему и т.д.

Практика показывает, что почва наиболее сильно уплотняется в состоянии высокой пористости и влажности. Если движители с увеличенной площадью контакта колеса с почвой, улучшенными реологическими свойствами шин, обладают неплохими почвосберегающими свойствами (ПСС), то тягово-сцепные свойства (ТСС) имеют низкие показатели. Поэтому наиболее целесообразным выходом из данного положения является оборудование движителей быстросъемными и выдвижными зацепами, позволяющие повысить ТСС ведущих колес за счет контакта зацепов с более уплотненными слоями почвы и ПСС агрегата за счет уменьшения удельного давления на почву в горизонтальном направлений рабочей поверхности зацепа [8].

На основании экспериментальных исследований интересным

представляется режим работы зацепов, когда они не полностью внедряются в почву по причине больших размеров или одновременно несколько участвующих в реализации ТСС агрегата. В данном режиме работы колесо не контактирует с почвой и функцию несущего основания, благодаря силам трения, выполняют также съемные зацепы.

С целью повышения устойчивости при данном режиме работы агрегата ведутся теоретические и экспериментальные работы, разрабатываются новые устройства противоскольжения, которые проникнув в более плотные подпахотные слои почвы, образуют опору, воспринимающие массу трактора. При этом верхний плодородный слой не подвергается уплотняющему воздействию движителя и ТСС агрегата реализуются за счет более твердого подпахотного слоя почвы [4-5].

Библиографический список

1. Балабанов В.И., Федоренко В.Ф. и др. Технологии, машины и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2016. 240 с.

2. Баутин В.М., Балабанов В.И., Березовский Е.В. Умные кадры для «умных ферм» // Вестник ГЛОНАСС. 2012. № 1. С. 41-44.

3. Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли: Монография // М.: Из-во РГАУ-МСХА. 2016. 286 с.

4. Балабанов В.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Беленков А.И., Егоров В.В. Навигационные системы в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. [Учебное пособие] // М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2013. 143 с.

5. Балабанов В.И., Березовский Е.В. Технологии точного земледелия и опыт их применения в Российском государственном аграрном университете– МСХА имени К.А. Тимирязева // Вестник ГЛОНАСС. 2011. № 2. С. 56-68.

6. Ксеневич И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая систе-ма – почва – урожай. М.: Агропромиздат. 1985. 304 с.

7. Водяник И.И. Пути снижения вредного воздействия ходовых систем МТА на почву в условиях Юго-Запада Украины: Учебное пособие // Каменец-Подольский СХИ. Кишинев. 1987. С. 64.

8. Махмутов М.М. О тягово-сцепных и почвосберегающих свойств сельскохозяйственных агрегатов // Совершенствование конструкции и технологии использовании сельскохозяйственной техники: Сб. науч. тр. / СГСХА. Самара. 1999. С 186-187.

УДК 635.21

ПРИЁМЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ

Старовойтова Оксана Анатольевна, *кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии и инновационных проектов, ФГБНУ ВНИИКХ, agronir2@mail.ru*

Старовойтов Виктор Иванович, *доктор технических наук, заведующий отделом технологии и инновационных проектов, ФГБНУ ВНИИКХ, agronir1@mail.ru*

Манохина Александра Анатольевна, *доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexman80@list.ru*

Воронов Николай Вячеславович, *кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и физики природной среды, ФГБОУ ВО РГГУ, 7777777@mail.ru*

Аннотация*. В современных природных условиях основных зон возделывания картофеля для успешного развития отрасли картофелеводства требуется: точный учёт (анализ) почвенно-климатических условий и продолжительности вегетационного периода, подбор наиболее пластичных сортов, выбор хорошо окультуренных полей под специализированные картофельные севообороты, включающие занятые пары, внесение сбалансированных доз минеральных удобрений, некорневое опрыскивание в период вегетации микроэлементами, регуляторами роста и антистрессовыми препаратами.*

Ключевые слова: *органическое земледелие, картофель, сидераты, удобрения, регуляторы роста, биологически активные вещества, севооборот, сорт.*

Abstract*. In the modern natural conditions of the main areas of potato cultivation for the successful development of the potato industry requires: accurate accounting (analysis) of soil and climatic conditions and the duration of the growing season, the selection of the most plastic varieties, the choice of well-cultivated fields for specialized potato crop rotations, including occupied pairs, the introduction of balanced doses of mineral fertilizers, non-root spraying during the growing season with trace elements, growth regulators and anti-stress drugs.*

Keywords: *organic farming, potatoes, green manure, fertilizers, growth regulators, biologically active substances, crop rotation, variety.*

Введение. Органическое земледелие является одним из самых перспективных направлений в мире. Интерес к органическому питанию вызван заботой о здоровье и долголетии. Здоровая пища человека включает в себя два аспекта: биологическую полноценность и отсутствие токсинов, отрицательно влияющих на человеческий организм. То есть производство продукции связано с отказом (ограничением) от использования технологий выращивания растений, способствующих накоплению токсических веществ в растительных клетках и тканях [1, 2].

Цель и задачи работы – провести сравнительную оценку основных зон возделывания картофеля и обосновать требования для успешного развития отрасли картофелеводств в современных природных условиях.

Производство картофеля по технологии органического земледелия включает 7 этапов работ: 1). Поиск заказчика органической продукции; 2). Подбор поля, техники и инфраструктуры; 3). Введение поля в органический севооборот, аттестация; 4). Подбор сортов картофеля устойчивых к болезням для условий органического земледелия; 5). Разработка технологической карты выращивания; 6). Выращивание органического картофеля; 7). Уборка и подготовка для реализации, сертификация. Наиболее ответственные этапы: 2-5.

Современная адаптивная стратегия производства органического картофеля включает в себя: определение общих требований к картофелю с установлением предельно допустимых концентраций (ПДК) всех токсичных и радиоактивных веществ, аккумулируемых в картофеле; разработка специфических севооборотов, способствующих поддержанию сбаланси-рованных естественных биоценозов препятствующих бесконтрольному размножению возбудителей болезней и вредителей; разработка технологий поддержания стабильно высоких урожаев, структуры урожая, формы и размеров клубней, отсутствия токсичных веществ сельскохозяйственных культур, участвующих в специфических севооборотах, в частности для картофеля; разработка технологий поддержания и сохранения определённых биохимических и физиологических параметров у различных сортов картофеля (сухое вещество, амилопектины, антиоксиданты, балластные вещества, витамины, клетчатка, крахмал, нередуцирующие сахара (макро- и микроэлементы), пектины и др.

Результаты и их обсуждение. Большой интерес представляют сорта, которые устойчивы к нематоде, вирусным и бактериальным заболеваниям: Вымпел, Гранд, Гулливер, Метеор, Фаворит, Фиолетовый, Фрителла.

Однако собственной устойчивости сортов к болезням и вредителям не всегда достаточно, поэтому необходимо использовать биопрепараты для защиты картофеля. Важной составляющей в органическом картофелеводстве является использование сидератов: люпина, вико-овсяной смеси, козлятника, горчицы и др. Хорошим дополнением является использование современных органических удобрений: биогумуса, гуматов, микробиологических препаратов.

Для активизации борьбы с патогенными организмами разработаны биологически активные вещества (антифидантного, аттрактивного, репеллен-тного действия и др.), микробиологические энтомопатогенные и микробио-патогенные препараты бактериального, вирусного, грибного, гельминтного и другого происхождения, культуры энтомофагов поедающих вредных насекомых (экзогенные и эндогенные паразитирующие членистоногие, хищные членистоногие и др.).

В случае проникновения патогенов необходимо применять известные и вновь разрабатываемые биоэкологические методы защиты растений с применением естественных регуляторов численности как в микромире

(препараты, изготовляемые из патогеностатических бактерий, грибов, вирусов, простейших, фагов), так и в макробиоценозах (препараты, изготовляемые из энтомопатогенных бактерий, грибов, вирусов, микрогельминтов (энтомопатогенные нематоды), простейших, фагов; членистоногих (насекомые – Божьи коровки, верблюдки, жужелицы, златоглазки, ктыри, мухи-сирфиды, мухи-тахины и др.). Изучать их биологию, способов применения и удержания в системе агробиоценозов.

Борьба с сорняками осуществляется за счет подбора полей, использования сидератов и механических обработок. ФГБНУ ВНИИКХ разработал эффективные механических рабочие органы на культиватор АК 2,8 для нарезки гребней, довсходовых и послевсходовых обработок, которые позволяют уничтожать до 95% сорняков. В особенности эффективны довсходовые обработки [3, 4].

Повышение температуры в зимнее время способствует увеличению биологического разнообразия патогенов картофеля. В связи с изменением климата в сторону потепления увеличивается зависимость продуктивности картофеля от плодородия и влагообеспеченности почв, соблюдения технологической дисциплины, специализированных севооборотов и других агроприёмов.

Первоочередная задача, которая вытекает из требований картофеля к почвенным условиям, сводится к тому, что необходимо не только правильно выбрать почву под посадки картофеля, но и проводить мероприятия по эффективному использованию имеющихся почв под культуру картофеля [5, 6]. За прошедшие годы (с 2000 по 2017 гг.) значительные исследования ученых были направлены на изучение новых видов органоминеральных удобрений на основе местных агроруд; экологической оценке и разработке оптимальных доз известь содержащих отходов промышленности; сочетанию химической и биологической мелиорации в овощных и картофельных специализированных севооборотах; адаптации качества продукции, минерального питания и плодородия почвы к изменяющимся почвенно-климатическим условиям [7-9]. В опыте ВНИИКХ (2000-2005 гг.) была установлена высокая агроэкологическая эффективность средних доз новых видов органоминеральных удобрений [«Фермерского» – на основе бурого угля и вермикомпоста (биогумуса) – на основе птичьего помета] по сравнению с традиционными минеральными удобрениями. Последействие этих органоминеральных удобрений на показатели плодородия почвы и формирование урожайности культур овощного и картофельного севооборота было более ощутимым и продолжительным. В стационарном опыте за 2003-2006 гг. определены оптимальные дозы новых видов известковых мелиорантов: прибавка звена севооборота от внесения 4-12 т торфяной золы была очень существенной и составила 2,8-3,9 т зерн. ед.; от 4,0-8,0 т металлургического шлака – 2,9-3,3 т зерн. ед.; от 4 т известняковой муки – 2,5 т/га зерн. ед. Торфяная зола обладала мягким действием на стабилизацию кислотности почвенного раствора, не вызывала парши обыкновенной и способствовала формированию высоких урожаев картофеля с отличным вкусом и лежкостью [10].

Применение бактериальных удобрений позволяет повысить урожайность на 15-35% большинства с/х культур, а также резко снизить нормы внесения минеральных удобрений. Биопрепараты повышают биологическую активность почвы, улучшают ее агротехнические и экологические характеристики, ускоряют накопление гумуса, разложение внесённых ранее пестицидов, гербицидов и других ядохимикатов. Поэтому продукция, выращенная с использованием биопрепаратов, экологически чистая, обогащена витаминами, микроэлементами, содержит больше белка, а содержание нитратов в ней снижено в 2,0-2,5 раза. Бактериальные удобрения также существенно снижают поражение клубней паршой обыкновенной, ризоктониозом и бактериальными гнилями [9].

Снижению доз минеральных удобрений и оптимизации продукционного процесса овощей и картофеля способствует также применение регуляторов роста растений на основе хитозана и кремнийорганических соединений. Сочетание микробиологических удобрений (экофит, бактофосфин) и регуляторов роста растений Экогель (на основе лактата хитозана) и Мивал-Агро (кремнийорганические соединения) на фоне пониженных доз минеральных удобрений, позволит разработать элементы высокоточной, адаптивнобиологизированной технологии возделывания картофеля в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв Центрального Нечерноземья [10]. В зависимости от того, возделывают сидераты в чистом виде или совместно с другими культурами, различают самостоятельные и промежуточные посевы. При промежуточных посевах различают подсевную или пожнивную культуру сидератов. В первом случае сидераты подсевают под предшествующую основную культуру, во втором – сеют сразу после уборки основной культуры. Подсевной способ предпочтителен в районах с более коротким вегетационным периодом. Сидеральные бобовые растения характеризуются более высоким содержанием азота (0,53%) при относительно меньшем содержании фосфора (0,12%) и калия (0,21%). Поэтому при запашке бобовых сидеральных культур дозы азотных удобрений под картофель во избежание недобора урожая, крахмалистости и ухудшения сохранности клубней следует уменьшать наполовину и более, одновременно повышая дозы фосфорно-калийных удобрений в 1,5…2,0 раза.

Биологические мелиоранты (пожнивное зеленое удобрение, измельченную солому) при возделывании картофеля целесообразно применять в звеньях севооборота:

– озимые + сидераты пожнивно – картофель – однолетние травы (на сено или зеленую массу);

– однолетние травы на зеленый корм + сидераты поукосно – картофель – зерновые.

Иногда (при теплой осени) для разложения соломы даже не требуется дополнительного внесения азотных удобрений.

Выводы. В современных природных условиях основных зон возделывания картофеля для успешного развития отрасли картофелеводства требуется: точный учёт (анализ) почвенно-климатических условий и продолжительности вегетационного периода, подбор наиболее пластичных сортов, выбор хорошо окультуренных полей под специализированные картофельные севообороты, включающие занятые пары, внесение сбалансированных доз минеральных удобрений, некорневое опрыскивание в период вегетации микроэлементами, регуляторами роста и антистрессовыми препаратами.

Библиографический список

1. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Инновационное развитие производства картофеля и топинамбура-вектор развития новых продуктов питания // в сборнике: современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции сборник статей по материалам III научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского государственного аграрного университета. 2017. С. 606-614.

2. Манохина А.А., Старовойтова О.А. Использование нетрадиционных сельскохозяйственных культур для повышения продовольственной безопасности // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, А.В. Дедова и др. 2015. С. 233-237.

3. Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А. Эффективная борьба с сорняками в органическом земледелии // В сборнике: Научные инновации – аграрному производству материалы Международной науч.-практич. конф., посвященной 100-летнему юбилею Омского ГАУ. Омск. 2018. С. 402-411.

4. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2015. № 1 (65). С. 15-19.

5. Старовойтов В.И., Минин В.Б., Устроев А.А., Логинов Г.А., Воронов Н.В. Технические вопросы обеспечения органического земледелия в России // В сборнике: Картофелеводство Материалы науч.-практич. конф. Под редакцией С.В. Жеворы. 2017. С. 130-133.

6. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Проблемы органического земледелия в картофелеводстве // Сб. статей IX Международной науч.-практич. конференции. Брянск: Брянский ГАУ. 2018. С. 404-411.

7. Коршунов А.В., Бутов А.В. Биологические мелиоранты повышают урожай / Картофель и овощи. 1996. № 4. С. 24.

8. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Влияние

агрохимикатов на урожайность и потемнение мякоти клубней картофеля // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2015. № 5 (69). С. 7-14.

9. Кравченко А.В., Федотова. Л.С. Перспективные направления биологизации картофелеводства // Актуальные проблемы современной индустрии производства картофеля. Материалы науч.-практич. конфер. «Картофель-2010». – Чебоксары: КУП ЧР «Агро-Инновации». 2010. С141-142.

10. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Воронов Н.В., Воронова, Г.С., Манохина А.А. Пути повышения пищевой ценности картофеля // В сборнике: Агротехнологии XXI века Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова. Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова. 2015. С. 48-53.

УДК 635.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЕЛАТНЫХ УДОБРЕНИЙ В КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ

Старовойтова Оксана Анатольевна, *кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела технологии и инновационных проектов, ФГБНУ ВНИИКХ, agronir2@mail.ru*

Манохина Александра Анатольевна, *доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexman80@list.ru*

Старовойтов Виктор Иванович, *доктор технических наук, заведующий отделом технологии и инновационных проектов, ФГБНУ ВНИИКХ, agronir1@mail.ru*

Чайка Валерия Александровна, *инженер отдела технологии и инновационных проектов, ФГБНУ ВНИИКХ, agronir2@mail.ru*

Аннотация*. В статье приведены данные исследований по: оценке влияния инновационного препарата «Хелатон Экстра» на урожайность картофеля среднеспелого сорта Колобок. Применение препарата Хелатон Экстра повысило значение товарной урожайности на 3,5 т/га (13,5%). Что говорит о целесообразности применения данного препарата при выращивании картофеля.*

Ключевые слова*: инновационный препарат «Хелатон Экстра», микроэлементы в хелатной форме, картофель, урожайность клубней.*

Abstract*. The article presents research data on: assessing the impact of innovative drug "Hilton Extra"on the yield of potatoes of medium-grade Kolobok. The use of Hilton Extra increased the value of commercial yield by 3.5 t / ha (13.5%). What he says about the usefulness of this drug in the cultivation of potatoes.*

***Keywords**: innovative preparation "Chelaton Extra", microelements in chelated form, potatoes, yield of tubers.*

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Картофель в Российской Федерации является важным продуктом питания населения страны. На основе данных официальной статистики Россия практически полностью обеспечивают свои потребности в картофеле за счет собственного производства. Среднегодовой объем производства картофеля составляет 28-30 млн. тонн. Среднее потребление картофеля на душу населения оценивается на уровне 100-105 кг [1]. В структуре потребления картофеля свыше 50% от общего объема его производства используется на продовольственные цели для приготовления разнообразных картофельных блюд непосредственно в домашних условиях и в современной индустрии общественного питания [2]. В России потенциал урожайности сортов не реализован даже на 50%, поэтому продолжается поиск и обоснование технологий возделывания, повышающих урожайность и качество картофеля [3]. Необходимо рассмотреть варианты внекорневых обработок [4]. В связи с этим проведение исследований по разработке технологии выращивания картофеля с использованием инновационного препарата «Хелатон Экстра» для повышения эффективности производства высоко-качественного продовольственного картофеля является актуальной задачей.

Цель исследований – оценка влияния инновационного препарата «Хелатон Экстра» на урожайность картофеля.

Исследования проводили с использованием элитного материала сорта картофеля Колобок – среднеспелый в 2016-2017 годах на междурядьях 75 см. В задачи исследований входило установление зависимости изменения урожайности клубней от применения инновационного препарата «Хелатон Экстра», содержащего микроэлементы в хелатной форме: железо, цинк, марганец, медь, молибден, кобальт, бор. Густота посадки – 44,4 тыс. шт./га. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднеокультуренная, по гранулометрическому составу супесчаная. Поисковый опыт закладывали в условиях двухпольного севооборота согласно схеме методом систематического размещения делянок. Предшественник картофеля – зерно-травяные. Повторность опыта – четырёхкратная. Площадь учетной делянки составляла – (0,75 м × 7,5 м) 5,6 м^2. С целью улучшения качества посадочного материала, стимуляции и улучшения роста прорастания почек перед посадкой клубни были обработаны водой (контроль) и инновационным препаратом «Хелатон Экстра». Расход рабочего раствора 10 л/т клубней (разбавление 30 мл препарата на 10 л воды). Посадку проводили 09 июня 2016 года агрегатом МТЗ-82 + СКТС-2 (сажалка для посадок картофеля и топинамбура в системе оригинального семеноводства) и 15 мая 2017 года агрегатом МТЗ-82 + СН-4БК в предварительно нарезанные гребни на глубину 12-14 см, непророщенными клубнями средней фракции размером 30…50 мм по наибольшему поперечному диаметру [5].

Осенняя подготовка почвы состояла из вспашки на глубину 18-25 см (МТЗ-82+ПЛН-3-35). Весенняя предпосадочная подготовка почвы включала рыхление на глубину 12-16 см (МТЗ-82 + БДТ-3,0). Опыт проводили на фоне минерального удобрения ½ рекомендуемой нормы Азофоски (16%:16%:16%), внесенной дробно-локально перед посадкой при нарезке гребней – $N_{40}P_{40}K_{40}$ (МТЗ-82 + КРН -4,2) и при уходе за посадками- $N_{100}P_{100}K_{100}$ (МТЗ-82 + КРН - 4,2).

В течение периода вегетации согласно схеме, проводили опрыскивание по всходам и в фазу бутонизация - начало цветения: водой и водорастворимым инновационным препаратом «Хелатон Экстра». Расход рабочего раствора 300 л/га (разбавление 15 мл препарата на 10 л воды). При борьбе с сорняками вносили гербициды: Зенкор, Маис, Н90. Против колорадского жука выполняют одноразовое опрыскивание средством «Актара» в дозе 60 г/га. В течение вегетации выполняли химические обработки против фитофтороза и альтернариоза: 1-3 раза (в зависимости от условий года) препаратом Ридомил Голд. Первую в период цветения, последующие – через каждые 10-14 дней. Выполняли штанговой аппаратурой ОН-600 с нормой расхода рабочей жидкости 300 л/га.

Закладка полевого опыта, учеты и наблюдения проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта [6] и «Методики исследований по культуре картофеля» [7].

Средняя температура воздуха за вегетационный период 2017 года составила 16,2 ^{o}C, при норме 16,5 ^{o}C (в 2016 г. – 18,6 ^{o}C). Всего осадков за вегетационный период 2017 г. выпало 378,4 мм или 145,3 % от нормы (260,5 мм) (в 2016 г. – 470,2 мм или 180,5% от нормы). ГТК 2017 года составил 2,06 (влажная) при климатической норме 1,3…1,4 (в 2016 г. – 2,16 (очень влажная)).

Урожайность – основной критерий оценки мероприятий по возделыванию культуры [8-10]. В среднем за два года масса товарных клубней в фазу цветения оказалась примерно одинаковой на всех вариантах – 0,151…0,157 г/куст, а при уборке уже видна значительная разница между контрольными вариантами и вариантами с применением исследуемых препаратов.

Обычно уборку проводим во вторую декаду августа, т.е. более чем через 90 дней после посадки. Но в 2016 году данный опыт был посажен значительно позже, поэтому и уборочную копку проводили 01 сентября, т.е. через 83 дня после посадки. Ботва была еще зеленая и только начинала увядать, что означает, что клубнеобразование не достигло конечной стадии. Следовательно, фактическая урожайность могла бы быть значительно выше. Тем более, что Колобок – сорт среднеспелый.

Анализируя данные таблицы 1, получено, что применение препарата Хелатон Экстра позволяет повысить урожайность на 0,6…6,3 т/га, чем на контрольном варианте. В то время как варианты с водой не дали достоверной прибавки урожая. В 2017 году так же, как и в 2016 году, урожайность на вариантах с водой оказалась ниже, чем на контроле. Видимо сказались

метеоусловия. Как 2016, так и 2017 году условия оказались очень влажными в течение периода вегетации.

В среднем за два года применение препарата Хелатон Экстра повысило значение урожайности на 3,5 т/га (13,5%). Что говорит о целесообразности применения данного препарата при выращивании картофеля.

В условиях дождливого 2016 г. средний процент товарности составил 97%, в условиях 2017 года – 98%.

ВЫВОДЫ. 1. Масса товарных клубней в фазу цветения оказалась примерно одинаковой на всех вариантах – 0,151…0,157 г/куст, а при уборке уже видна значительная разница между контрольными вариантами и вариантами с применением исследуемого препарата.

2. Применение препарата Хелатон Экстра повысило значение урожайности на 3,5 т/га (13,5%). Что говорит о целесообразности применения данного препарата при выращивании картофеля.

Библиографический список

1. Манохина А.А., Старовойтова О.А. Использование нетрадиционных сельскохозяйственных культур для повышения продовольственной безопасности // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, А.В. Дедова и др. 2015. С. 233-237.

2. Старовойтов В.И., Минин В.Б., Устроев А.А., Логинов Г.А., Воронов Н.В. Технические вопросы обеспечения органического земледелия в России // В сборнике: Картофелеводство Материалы научно-практической конференции. Под редакцией С.В. Жеворы. 2017. С. 130-133.

3. Старовойтов В.И., Павлова О.А. Основные направления развития современного картофелеводства // Ваш сельский консультант. 2007. № 3. С. 12.

4. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А. Влияние агрохимикатов на урожайность и потемнение мякоти клубней картофеля // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2015. № 5 (69). С. 7-14.

5. Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Воронов Н.В., Воронова, Г.С., Манохина А.А. Пути повышения пищевой ценности картофеля // В сборнике: Агротехнологии XXI века Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова. Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова. 2015. С. 48-53.

6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований // 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

7. Методика исследований по культуре картофеля // М.: НИИКХ. 1967.

263 с.

8. Арнаутов В.В., Ильин В.Ф. и др. Агротехника картофеля // Огиз Сельхозгиз. 1945. ч. 3. 160 с.

9. Лорх А.Г. Динамика накопления урожая картофеля // М.: Сельхозиздат. 1948. 191 с.

10. Шпаар Д., Иванюк В., Шуман П., Постников А. и др.Картофель // Под ред. Д. Шпаара. Мн.: ФИАинформ. 1999. 272 с.

УДК 631.15, 330.342.24

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Цветков Илья Викторович, *доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vbalabanov@rgau-msha.ru*

Жогин Иван Михайлович*, заведующий Полевой опытной станцией, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vbalabanov@rgau-msha.ru*

Романенкова Мария Сергеевна, *инженер кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vbalabanov@rgau-msha.ru*

Балабанов Иван Викторович, *инженер кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vbalabanov@rgau-msha.ru*

Аннотация. *В статье рассматривается методика оценки экономической эффективности внедрения информационных технологий в АПК в виде числового ИТ индекса в условиях перехода к цифровой экономике. Индекс ИТ имеет комплексную структуру и состоит ид дифференциальных индексов ИТ, отражающих отдельные аспекты информатизации хозяйств и интегрального ИТ индекса, оценивающего уровень применения ИТ технологий в целом.*

Ключевые слова: *Информационные технологии, сельское хозяйство, цифровая экономика, пятый технологический уклад, оценка степени внедрения, трансфер технологий.*

Abstract*. The article considers the methodology for assessing the economic efficiency of introducing information technologies in the agroindustrial complex in the form of a numerical IT index in conditions of transition to a digital economy. The IT index has a complex structure and consists of differential IT indices reflecting certain aspects of computerization of farms and an integrated IT index that assesses the level of application of IT technologies in general.*

Keywords: *information technology, agriculture, digital economy, the fifth technological structure, assessment of the degree of implementation, technology transfer*

Задача увеличения объемов производства и переработки сельскохозяйственной продукции с одновременным снижением общих затрат не может быть решена без достаточно полного и рационального использования ресурсов хозяйствующего субъекта. Для решения такой не простой задачи необходимы новые информационные технологии. Информационные технологии – это совокупность методов, производственных и программно-технологических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации [1]. Информационные технологии – это процесс, использующий совокупность средств и методов сбора, обработки и передачи данных (первичной информации) для получения информации с новыми характеристиками и обладающей иными качественными свойствами (информационного продукта) [2].

Одной из ключевых задач развития экономики Российской Федерации является существенное увеличение доли отраслей и производств, работающих в рамках Пятого технологического уклада (Информационного). Пятый уклад опирается на достижения в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, генной инженерии, новых видов энергии, материалов, освоения космического пространства, спутниковой связи и т. п. Происходит переход от разрозненных фирм к единой сети крупных и мелких компаний, соединенных электронной сетью на основе Интернета, осуществляющих тесное взаимодействие в области технологий, контроля качества продукции, планирования инноваций, интернета вещей [1-10]. В настоящее время российская экономика в этой области существенно отстает от наиболее развитых стран и сокращение отставания в информационной области представляет собой первоочередную задачу. Решением этой задачи является строительство цифровой экономики, соответствующей пятому технологическому укладу.

Перспектива развития информационно-компьютерных технологий хозяйствующих субъектов невозможна без государственной поддержки. Существующий алгоритм – финансовое обеспечение и поддержка хозяйствующих субъектов, выделение льготных кредитов и инвестиций государства - не даст максимального эффекта, если часть этих средств не будет направлена на развитие и внедрение информационных технологий [3].

В некоторых хозяйствующих субъектах требуется внедрение информационных технологий (ИТ), в некоторых их совершенствование. Прежде, чем приступить к информатизации хозяйствующих субъектов, необходимо определить, на каком уровне находится тот или иной хозяйствующий субъект с точки зрения обеспеченности ИТ. Оценка этого уровня в хозяйствующих субъектах является одной из задач государства для адресного и точного распределения ресурсов по поддержке хозяйствующих субъектов [3]. Таким образом, для внедрения, совершенствования и развития ИТ в хозяйствующих субъектах необходима научно обоснованная оценка

эффективности использования ИТ в управлении хозяйствующими объектами.

Для оценки эффективности деятельности сельхозпредприятий необходима разработка методов, основанных на системном подходе к анализу деятельности их отдельных направлений. Эта задача решается при помощи вовлечения в анализ все большего числа показателей и выделения из их числа таких, которые в большей степени отражают результативность работы коллектива предприятия [3].

В рамках цифровой экономики и развития цифрового сельского хозяйства важнейшей проблемой является разработка индекса, который в количественной форме показывает качественный вклад ИТ в повышение эффективности сельскохозяйственного производства [1].

ИТ-индекс позволяет оценивать эффективность от внедрения средств информационных технологий в комплексе, так как увеличение прибыли от их использования складывается из нескольких составляющих, зачастую значительно разнесенных во времени: экономия затрат на производство, повышение производительности и дисциплины труда, усиление эффективности производства в результате использования накопленных знаний [4].

Первым этапом в разработке ИТ-индекса является выделение аспектов сельскохозяйственного производства, на которые положительно влияет внедрение информационных технологий.

Ввиду разнообразия аспектов применения информационных технологий в сельском хозяйстве и для корректности учета положительного влияния каждого из них вытекает необходимость введения комплексного коэффициента, позволяющую всесторонне и корректно оценить влияние информационных технологий.

Необходимо отметить, что отдельные факторы могут иметь различный эффект, как быстрый, так и долговременный. Оценка этих факторов может осуществляться с использованием дифференциальных и интегральных коэффициентов.

Предлагаемые авторами дифференциальные коэффициенты позволяют оценить эффективность применения различных видов информационных технологий.

Описываемый в статье интегральный коэффициент выступает в качестве агрегатора всех факторов, характеризующих оснащенность сельскохозяйственных предприятий элементами цифровых технологий. Интегральный коэффициент может рассчитываться в нескольких вариациях – с максимальным краткосрочным эффектом (от одного до двух лет), среднесрочным (от трех до пяти лет) и долгосрочный (пять лет и более).

Суммарный индекс ИТ складывается из отдельных критериальных индексов (степени внедрения ИТ, количества программного обеспечения отечественного производства, экономической эффективности внедрения, повышения экономической активности хозяйства и.т.) с учетом весовых коэффициентов для каждого из аспектов.

Общий интегральный индекс внедрения ИТ (индекс ИТ) для различных

отраслей сельского хозяйства определяет степень оснащённости хозяйств ИТ с учетом их эффективности. Индекс может быть определен как для отдельных хозяйств, так и для групп хозяйств, отраслей в целом или территорий.

Для *n* аспектов суммарный индекс ИТ определяется по формуле:

$$I_{IT} = \sum_{i=1}^{n} W_i \cdot I_i \qquad (1)$$

где: W_i – весовой коэффициент, I_i – индекс по *i* – аспекту.

Состав критериальных индексов может меняться исходя из отраслевой или территориальной специфики. Каждый из частных индексов, в свою очередь, может представлять из себя аналогичную сумму аспектов с весовыми коэффициентами.

Оценка производится на основе анализа фактических данных по хозяйствам, в которых внедрялись методы интенсивного земледелия до и после внедрения. Кроме того, в индексе учитывается суммарный экономический эффект по всем аспектам внедрения новых технологий. Критериальный характер индексов позволит проводить сравнительный анализ как отдельных хозяйств, так и территорий в целом, по степени внедрения средств ИТ и их экономической эффективности.

Важным моментом является возможность адаптации предлагаемого алгоритма расчета индекса в зависимости от фактических данных.

Индекс ИТ отражает взаимосвязь внедрения (использования) информационных технологий и эффективности агропромышленный комплексов субъектов Российской Федерации (муниципальных образований - их около 18 000, крупных сельхоз холдингов и сельскохозяйственных предприятий) [5].

Величина весового параметра изменяется от 0 до 1 с шагом 0,1 путем анализа отдельных критериев по каждому фактору. Весовой коэффициент определяется на основе суммы оценок по критериям одного фактора. Сумма всех весовых коэффициентов должна быть равна 1.

Величины весовых коэффициентов определяются на основе зафиксированного вклада каждого из аспектов внедрения ИТ. Величины оценивают из подробной финансовой статистки предприятия. Оценивается экономический эффект от внедрения определенного аспекта ИТ. Предварительный коэффициент по *а-му* аспекту определяется по формуле:

$$K_a = \frac{D_a}{(D_a - D_0)} \qquad (2)$$

где D_a – доходность хозяйства до ИТ нововведения, D_0 – доходность хозяйства за базовый период.

После определения величин коэффициентов *K* производится пропорциональное их приведение к весовым коэффициентам W_i таким образом, чтобы сумма W_i была равна 1. Например, если величины К составили 800, 1000 и 200 единиц, то величины весовых соответствующих коэффициентов составят 0,4, 0,5 и 0,1.

По схожему принципу нормируются и дифференциальные индексы.

Если исследуется группа предприятий, или предприятия определенной

территории, то используется средневзвешенная величина с учётом объема производства каждого предприятия.

$$W_{sum} = \sum_{i=1}^{n} \frac{W_{ia} \cdot D_i}{D_{sum}} \quad (3)$$

где D_a – доходность *i-го* хозяйства, D_{sum} – доходность всех хозяйств группы.

В случае, если определить величины весовых коэффициентов на основе эконометрических данных не представляется возможным или данными не являются полными, то используется метод экспертных оценок.

Естественно, более предпочтительным является эконометрический метод.

Заключение

Интегральный индекс ИТ позволяет провести сравнительный анализ как отдельных хозяйств, так и территорий по суммарной степени внедрения средств ИТ и их экономической эффективности. Составной частью интегрального индекса является оценка прибыльности внедрения ИТ как в растениеводческие, так и в животноводческие хозяйства.

Несомненно, применение интегрального индекса в разрезе отраслей и регионов позволит оптимизировать мероприятия, связанные с внедрением технологий пятого технологического уклада (Цифровая экономика) в российском сельском хозяйстве и способствовать ликвидации отставания в этой области.

Библиографический список

1. Балабанов В.И., Федоренко В.Ф. и др. Технологии, машины и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2016. 240 с.

2. Землянский А.А. Информационные технологии // М.: «КолосС» 2011. 142 с.

3. Государственная программа «Информационное общество», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 декабря 2011 г. № 2161-р.

4. Баутин В.М., Балабанов В.И., Березовский Е.В. // Умные кадры для «умных ферм» // Вестник ГЛОНАСС. 2012. № 1. С. 41-44.

5. Федеральная служба государственной статистики /Центральная база статистических данных. URL: http://www.gks.ru/.

6. Бердичевский А.И. Информационные технологии управления // М., 2005. 62 с.

7. Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли: Монография // М.: Изда-во РГАУ-МСХА. 2016. 286 с.

8. Балабанов В.И., Железова С.В, Березовский Е.В., Беленков А.И., Егоров В.В. Навигационные системы в сельском хозяйстве. Координатное земледелие. [Учебное пособие] // М.: Из-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,

2013. 143 с.

9. Балабанов В.И., Березовский Е.В. Технологии точного земледелия и опыт их применения в Российском государственном аграрном университете-МСХА имени К.А. Тимирязева // Вестник ГЛОНАСС. 2011. № 2. С. 56-68.

10. Козубенко И.С., Балабанов И.В. «Интернет вещей» в управлении агропромышленным комплексом // Техника и оборудование для села. 2017. № 8. С. 46-48.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И СЕРВИС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 631.12

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН

***Юнусбаев Наиль Муртазович**, кандидат технических наук, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, junusbaev@mail.ru*

***Аннотация.** В статье рассматриваются современные вопросы уровня обеспечения агропромышленного комплекса ряда зарубежных стран, России сельскохозяйственными машинами, их загруженность, современное состояние системы обеспечения работоспособности машин в целом.*

***Abstract.** The article deals with modern issues of the level of providing the agro-industrial complex of a number of foreign countries, Russia with agricultural machines, their workload, the current state of the system for ensuring the working capacity of machines in general.*

***Ключевые слова:** машиностроение, парк сельскохозяйственных тракторов и комбайнов, зарубежная техника, обновление, система технического обслуживания и ремонта.*

***Keywords:** Machinery, a fleet of agricultural tractors and combines, foreign machinery and equipment, renovation, maintenance and re-assembly system.*

По данным различных источников [1-4] за последние 25 лет наблюдается сокращение целого ряда различных марок парка автотракторной и сельскохозяйственной техники в системе АПК страны. Например, с 1990 года уровень оснащенности АПК сельскохозяйственной техникой упал в 4…5 раз (рисунок 1). Низкая обеспеченность безусловно губительно влияет на уровень развития всего АПК. В основном темпы снижения показывают сельскохозяйственные тракторы (на 7% тракторы и на 8% зерноуборочные комбайны соответственно) [1, 2].

Динамика снижения парка сельскохозяйственных тракторов и комбайнов показывает резкий спад в конце 90-х годов и дальнейшее последовательное снижение в 2000-х. При этом существующая в АПК сельскохозяйственная техника по оценкам экспертов изношена физически до 70%, морально до 90%.

К сожалению, это также относится и приобретенной сравнительно недавно (последние 10 лет) зарубежной технике. По данным Минпромторга России 85% тракторов, 58% зерноуборочных комбайнов и 41% кормоуборочных комбайнов старше 10 лет, то есть работают с истекшими сроками эксплуатации [1-5]. Следствием использования изношенной техники является значительные потери сельскохозяйственных и кормовых культур и снижения темпов производства сельскохозяйственной продукции.

Анализ импорта зарубежной сельскохозяйственной техники показал значительную ее разномарочность. За годы импорта техники в Россию тракторы импортируют 12 фирм (150 моделей), зерноуборочные комбайны 8 фирм (96 моделей). Безусловным лидером импорта сельскохозяйственной техники является Германия (28%), затем Беларусь (16%) и США (11%). Не смотря на мировой финансовый кризис, темпы роста импорта сельскохозяйственной техники в Россию не падают, а наоборот только ежегодно растут на 5% [1-5].

Рис. 1. **Количество тракторов (на 1000 га пашни) и комбайнов (на 1000 га посевов), коэффициент обновления техники в РФ в период 2000-2016 гг. [1-4]**

По данным ассоциации «Росагромаш» [4] анализ экономических показателей основных игроков на российском рынке производителей импортной сельскохозяйственной техники показал, что наиболее крупную группу глобальных зарубежных производителей сельхозтехники составляют следующие производители John Deere, CNH, Class, AGGO, SDF, у которых на территории России организовано сборочное производство. Они же имеют наибольшую выручку на российском рынке. При эксплуатации зарубежной техники появляются трудности в снабжении дорогостоящими запасными частями и найме сервисных специалистов необходимой квалификации [1-5].

В то же время, отечественное сельскохозяйственное машиностроение, является базовым фундаментом для развития АПК в будущем по всей стране. За последние 20 лет в машиностроении России произошли значительные

изменения по перевооружению производственных мощностей, при этом испытано более 780 новых сельскохозяйственных машин отечественного производства для различных отраслей АПК.

Безусловно одним из основных преимуществ отечественного сельскохозяйственного производства является лояльная ценовая политика и наличие запасных частей на российском рынке. Однако существенный спад производства сельскохозяйственных машин и тракторов в 90-х годах привел к объемному отставанию в развитии производства и выпуска конкурентоспособных машин. Российские заводы перестали выпускать традиционную продукцию и перешли на крупноузловую сборку тракторов МТЗ и выпуск комплектующих или на выпуск более простых почвообрабатывающих машин. Во многом это связано с низким уровнем технологической базы заводов и применяемых технологий изготовления и сборки [6].

Таким образом, отечественная продукция в значительной степени уступает позиции рынка и производства сельскохозяйственной техники (рисунок 2).

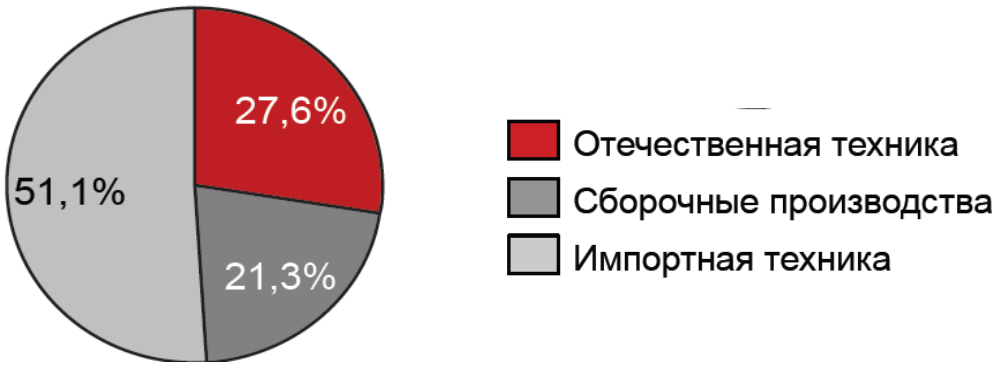


Рис. 2. **Структура рынка и производства сельскохозяйственной техники в Российской Федерации [1]**

В сложившихся тяжелых условиях эксплуатации техники на первый план выходят мероприятия по созданию условий для эффективного функционирования системы обеспечения работоспособности сельскохо-зяйственных машин. Для этого необходимо совершенствовать существующую ремонтно-обслуживающую систему и адаптировать ее к обслуживанию и ремонту разномарочной импортной и отечественной техники разных поколений производства.

Как известно, работоспособность машин определяется скоротечностью изменений заданных технических параметров, и как следствие изменения технического состояния машин. С учетом возрастающих требований современного аграрного производства, с каждым новым поколением выпускаемых машин, конструкции их машин и механизмов совершенствуются и усложняются. При этом предъявляются все более высокие требования к стабильности и продолжительности сохранения заданных технических параметров в допустимых пределах. Хотя необходимо отметить, что такт

производства современных сельскохозяйственной техники (от разработки и проектирования до серийного производства) сократился в несколько раз по сравнению с уровнем производства сельхозтехники прошлого столетия.

В период эксплуатации сельскохозяйственные машины испытывают повышенную нагрузку, особенно в напряженные периоды сельскохозяйственных работ, где бесперебойная работа техники является залогом успешного календарного выполнения запланированных работ и снижения экономических потерь. Поэтому совершенствование системы обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин ставится на первый план.

Существуют три перспективных направления по повышению работоспособности машин и механизмов [7-10].

1 Улучшение физико-механических свойств материалов, рабочих поверхностей деталей машин. Сюда относятся: снижение коэффициента трения сопрягаемых поверхностей деталей машин, повышение точности их изготовления, использование износостойких покрытий как на этапе производства, так и на этапе восстановления и реновации и др. различные воздействия повышающие показатели механических свойств. Исследованиями доказано, что все перечисленные мероприятия позволяют существенно снизить интенсивность износа поверхностей, изменение заданных параметров и характеристик технического состояния узлов, механизмов, увеличить ресурс составных частей и машины в целом. Отсюда снижается трудоемкость и продолжительность ТО и ремонта машин [9].

2 Создание адаптированной для современных условий системы технического обслуживания и ремонта, путем проведения системного анализа эксплуатационных показателей машин ведущими научно-исследовательскими институтами и вузами страны с целью их коррекции и установления гибких норм по обслуживанию и ремонту импортной сельскохозяйственной техники. Это позволит определить оптимальную модель периодичности технического обслуживания и ремонта, повысит количество и качество выполняемых регламентных работ, повысить уровень восстановления параметров при ремонте, предупредительной и своевременной замены изношенных деталей и т.д. В результате этого, увеличится наработка между отказами, снизится степень изменения технических и технологических характеристик машины в целом.

3 При производстве современных машин и машин последнего поколения реализуется концепция управления работой машины (машино-тракторного агрегата) как единого объекта с интеграцией в нее систем электронного управления агрегатов и узлов (трансмиссией, навесной системой, двигателем и др.), состоящих из различных конструкций. При этом разработка и конструктивное исполнение технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта, создание соответствующего программного обеспечения для этих целей в значительной степени отстает от производства техники. В этих условиях становится очевидным, что одним из направлений совершенствования системы обеспечения работоспособности сельско-

хозяйственных машин является внедрение и использование электронных средств и информационных технологий. Одним из основных условий реализация этого в ближайшей перспективе является использование цифровых баз данных, «облачных» IT-технологий, электронных сервисных книжек с доступом информации к значительным объемам технической, сервисной и при этом всегда актуальной информации [7].

Безусловно все эти мероприятия позволят создать благоприятные условия по обеспечению работоспособности сельскохозяйственных машин российского и импортного производства. Очевидно, то, что современное состояние системы обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин российского и импортного производства не возможна без разработок и инноваций в этой области. По мнению специалистов, в этой области реализовано наименьшее количество инноваций, что также является следствием низкой инвестиционной активности предпринимателей [10].

Библиографический список

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России до 2020 года М.: 2011.

2. Развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения на примере производства специальной техники для картофелеводства и овощеводства М.: 2011.

3. Аналитика. Показатели анализа. [Электронный ресурс]: Интерактивная витрина/Федеральная служба государственной статистики (Росстат) – Режим доступа: http://cbsd.gks.ru/#.

4. Лачуга Ю.Ф. и др. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года // М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2009. 80 с.

5. Бузун А.В. Анализ современного состояния и перспектив развития сельскохозяйственного машиностроения России // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края, [Электронный ресурс], № заказа 1644/отв. ред. О. А. Краев — Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2014.

6. Крылатых Э.Н., Строков С.Н. Перспективы развития мирового сельского хозяйства до 2050 года: возможности, угрозы, приоритеты. Аграрное обозрение. 2009. № 5. С. 10.

7. Черноиванов В.И., Габитов И.И., Неговора А.В. Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники // Материалы междунар. научно-техн. конф. «Интеллектуальные машинные технологии и техника в сельском хозяйстве». М.: РАН. ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. 2017. С. 18-20.

8. Аналитика. Экспресс-отчет. [Электронный ресурс]: Интерактивная витрина / Ассоциация «Росагромаш» – Режим доступа: http://www.rosagromash.ru/ru/express-report/51-express-report.

9. Нафиков М.З., Шакиров И.Р., Загиров И.И., Юнусбаев Н.М. Остаточные напряжения в металле покрытия, нанесенного электроконтактной приваркой двух растянутых проволок // Упрочняющие технологии и покрытия. 2018. Т. 14. № 1 (157). С. 19-22.

10. Габитов И.И., Портнов В.И. Особенности технического сервиса импортных мобильных сельхозмашин // Тракторы и с.-х. машины: теорет. и науч.-практ. журн. 2007. № 1. С. 52.

УДК: 621.436.44

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ АВТОТРАКТОРНОЙ И КОМБАЙНОВОЙ ТЕХНИКИ

***Габитов Илдар Исмагилович**, доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей и машинно-тракторных комплексов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, negovora@bsau.ru*

***Неговора Андрей Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей и машинно-тракторных комплексов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, negovora@bsau.ru*

***Аннотация.** Представлен анализ направлений развития технического сервиса дизельной топливной аппаратуры с электронным управлением, обусловленного внедрением цифровых технологий и оборудования, ужесточением размерных параметров прецизионных элементов, повышением требований к рабочим местам по ремонту и обслуживанию топливной аппаратуры.*

***Ключевые слова.** Топливная аппаратура, техническое обслуживание, ремонт, испытательные стенды, цифровые технологии.*

***Abstract.** The analysis of the directions of development of technical service of the diesel fuel equipment with electronic control which is caused by implementation of digital technologies and the equipment, increase in requirements to the sizes of precision elements and to jobs on repair of the fuel equipment is provided.*

***Keywords.** Fuel equipment, technical maintenance, repair, test stands, digital technologies.*

Перспективы развития технического сервиса топливной аппаратуры (ТА) автотракторных и комбайновых дизелей во многом определяются все возрастающей долей современных топливоподающих систем (ТПС) с электронным управлением. На сегодня фактически все производители отечественных двигателей КАМАЗ-Дизель, Ярославский и Заволжский моторные заводы комплектуют большинство моделей своих дизелей

топливоподающими системами с электронным управлением [1, 2]. Существенный прорыв наблюдается в последние три десятилетия в конструировании и технологиях производства ТПС, в связи с чем размерные допуски на их прецизионные элементы достигли пределов 0,001мм. [3, 4].

Развитие современных систем дизельного впрыска привело к повышению требований к их техническому обслуживанию и ремонту, как в количественном, так и в качественном отношении, а обеспечение абсолютной чистоты является категоричным требованием для разборки, дефектовки, сборки и испытания компонентов любой современной ТА. Например, гораздо жестче стали требования к помещению для ремонта агрегатов ТПС типа Common Rail в соответствии с концепцией [5], так называемой, «чистой комнаты» (рис.1 а). Двери помещения и тамбура должны быть изолирующими, воздухонепроницаемыми. Помещение должно иметь приточно-вытяжную вентиляцию с фильтром класса не ниже F5 с обеспечением воздухообмена не менее 10 объемов в час. Для исключения попадания загрязненного воздуха из ремонтной зоны, приток должен иметь превышение (в объеме) над вытяжкой в доле 10÷15%, что обеспечивает необходимый воздушный «подпор» при открытии двери. Локальная вентиляция должна обеспечивать максимальное снижение запыленности помещения, для чего забор воздуха производится на уровне не ниже 0,3 м. от пола. Пол во всех помещениях должен иметь износостойкое полимерное покрытие. Работа вентиляторов в помещениях не допускается. В тамбуре предусматривается вертикальное воздушное душирование входящего персонала (т.е. поток воздуха, с большой скоростью падающий вниз).

а) б)

Рис. 1. **Чистая комната (а) и рабочее место мастера-регулировщика электрогидравлических форсунок CR (б), оборудованные по стандартам фирмы-производителя ТА**

К рабочему месту по ремонту электрогидравлических форсунок CR предъявляются отдельные жесткие требования. Для ремонта форсунок необходимо изолированное помещение площадью не менее 10 кв. м. Пол должен быть кафельным или иметь износостойкое полимерное покрытие. Перед входом должен располагаться пылесборный коврик и пр. В помещении для ремонта форсунок CR должна быть обеспечена идеальная чистота и предусмотрена активная и пассивная вентиляция. Упакованные запчасти и агрегаты следует вносить только при отсутствии загрязнений снаружи

упаковки. Вход в помещение для ремонта инжекторов должен быть заблокирован для случайных людей. Рабочее место должно быть с покрытием из нержавеющей стали, все необходимое оборудование, приспособления и регулировочные шайбы должны располагаться в пределах досягаемости мастера (рисунок 1 б).

Постоянно повышаются требования к квалификации обслуживающего персонала, к организации их системного дистанционного и интерактивного обучения и переподготовки [6]. Обязательно знание оборудования, владение навыками выполнения технологических операций ремонта и регулировки, знание сервисных программных продуктов. Уровень мастера наладчика дизельных топливных систем с электронным управлением, в том числе и различных поколений Common Rail, достигается, как правило, после прохождения соответствующих обучающих курсов и не менее 3 лет практики в дизельных сервисных центрах. Таким образом, в настоящее время функции слесаря-механика переходят в новое качество слесаря-механотроника, владеющего навыками, основанными на синергетическом объединении знаний узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами.

Вопросы качественного обслуживания колоссального разнообразия обслуживаемых узлов и машин решаются применением новейших технологий сервисного обслуживания на основе облачных интернет-технологий, объединенных с возможностью обработки больших объемов данных. В этой связи получит дальнейшее развитие дистанционное тестирование испытуемых и настраиваемых агрегатов и систем по он-лайн связи в соответствии с назначенным заводом фирмы-изготовителя машин протоколом испытаний на стационарных стендах в авторизованных специализированных сервисных центрах. Современные испытательные стенды топливоподающих систем ведущих производителей предусматривают такую возможность. Для отдаленных от ведущих дизельных сервисов территориях (в частности, для азиатской части и Сибири России), использование дистанционных методов тестирования и настройки агрегатов по Интернет является реальным инструментом обеспечения их качественного технического сервиса.

Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта ТА обуславливают новые реалии и возможности для потребителей услуг в части контроля качества проведенных сервисным предприятием работ. Например, организация «личной электронной карточки» объекта обслуживания посредством облачных технологий Интернет. Здесь производится полная регистрация ремонтных работ с кратким описанием тест-планов и истории ремонтно-обслуживающих работ в системе контроля качества BQS (Bosch Quality Scan) в общей базе данных в общем сервере (рисунок 2).

Клиент, просканировав QR код через смартфон, может удостовериться, что ремонт агрегата произведен с соблюдением всех нормативных регламентов, а фирма-производитель гарантирует, что предприятие имеет сертифицированное и метрологически поверенное оборудование, доступ к технологиям

ремонта и тест-планы заводов-производителей, оригинальные запасные части, квалифицированный и обученный персонал.

Таким образом, дальнейшее развитие технического обслуживания и ремонта ТА направлено на снижение себестоимости и трудоемкости работ, повышение качества обслуживания и неразрывно связано с:

- применением современных средств и технологий технического обслуживания и диагностирования, электронной сервисной информации;
- повышением требований к квалификации обслуживающего персонала, организации их дистанционного и интерактивного обучения на местах;
- всемерным использованием возможностей дистанционного воздействия на объект через облачные интернет-технологии, организацией непрерывного мониторинга его функционирования и оперативной коррекции параметров работы при необходимости и пр.

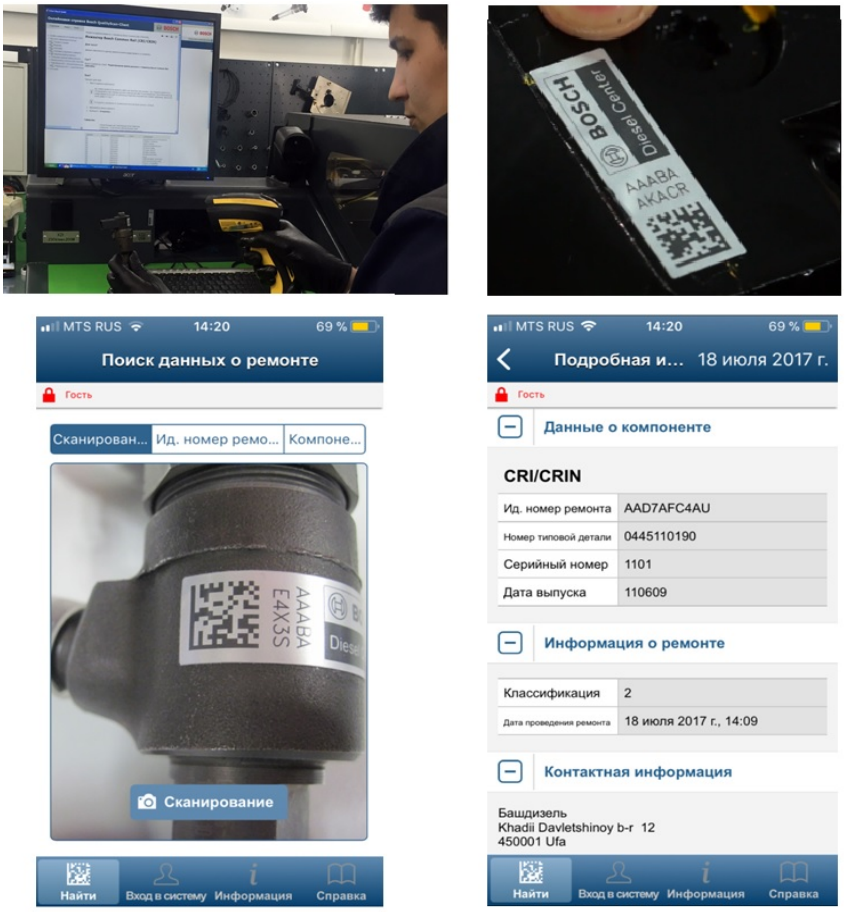


Рис. 2. **Регистрация ремонтно-настроечных работ электрогидравлической форсунки CR, фиксация бар-кода (QR код) на корпус форсунки, считывание информации на смартфоне**

Библиографический список

1. Черноиванов, В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2014. 124 с.

2. Соловьев С.А. О программе модернизации инженерно-технологического обеспечения АПК // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 117. С. 9-18.

3. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Измайлов А.Ю. и др. Технологические процессы диагностирования и технического обслуживания двигателей транспортных и транспортно-технологических машин. Учебное пособие // М.: ООО УМЦ «Триада». 2015. 109 с.

4. Габитов, И.И., Неговора А.В. Передовые технологии технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры дизелей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (35). С. 40-44.

5. Марков В.А., Мальчук В.И., Девянин С.Н., Сиротин Е.А. Повышение эффективности подачи и распыливания топлива в дизелях // Грузовик. 2003. № 6. С. 30-32.

6. Девянин С.Н. Особенности подготовки технических специалистов для АПК в современных условиях // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 289-1. С. 217-219.

УДК 621.437

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И РЕГУЛИРОВКА ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ВПРЫСКЕ ТОПЛИВА В СРЕДУ С ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ

***Инсафуддинов Самат Зайтунович**, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики и физики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, insamat@mail.ru*

***Фархутдинов Тимур Талгатович**, инженер кафедры теплоэнергетики и физики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, insamat@mail.ru*

***Аннотация.** В статье предложен принципиально новый метод измерения цикловых подач топливных насосов высокого давления, при котором впрыск производится в среду с противодавлением, меняющимся аналогично давлению газов в цилиндре двигателя, а объем впрыснутого топлива измеряется электронным способом.*

***Ключевые слова:** двигатель дизельный; аппаратура топливная; стенд регулировочный; подача цикловая; противодавление впрыску; аккумулятор топлива.*

***Abstract.** In clause essentially new method of measurement of cyclic submissions of fuel pumps of a high pressure at which injection is made on Wednesday with the resistance of gases varying similarly to pressure of gases in the cylinder of the engine is offered, and the volume of injected fuel is measured by electronic way.*

***Keywords:** diesel engine; fuel equipment; Adjusting stand; feed cyclic; back pressure for injection; battery fuel.*

Технико-экономические показатели работы дизелей во многом определяются качеством работы их топливных систем. В связи с этим диагностированию, испытаниям и регулировкам топливных систем уделяется самое серьёзное внимание [1].

В настоящее время регулировку топливных систем проводят на стендах типов КИ-15711-01, КИ-921М, КИ-22210, Моторпал NC-110, Bosch EPS 815 и др. В них впрыск производится в пробирки, находящиеся в среде с атмосферным давлением [2].

Основной недостаток современных регулировочных стендов- регулировка производится при впрыске топлива в атмосферу, тогда как на дизеле- в цилиндр с высокими, причём возрастающими по мере впрыска давлением и температурой газов (участок 1-2 рисунок 1). Из-за этого при работе насоса на двигателе, отрегулированные на стенде параметры топливоподачи несколько искажаются.

Существенному повышению качества регулировок способствует, как показали наши исследования, модернизация ныне применяемых регулировочных стендов использованием предложенного нами устройства [3], особенность его – впрыск производится в среду с противодавлением, меняющимся аналогично давлению газов в цилиндре двигателя.

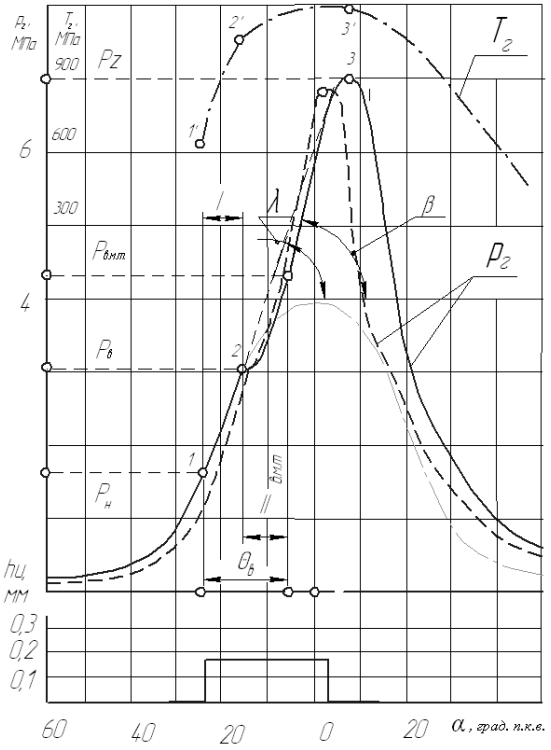


Рис. 1. **Развернутая индикаторная диаграмма дизеля С11 Cat N_e=11,3 кВт (сплошная кривая) и давление в измерительной камере устройства (штриховая):**

Θ-опережение впрыска; $P_н$, $P_в$ и P_z – давления в началах впрыска, воспламенения и максимальное; I и II – периоды задержки самовоспламенения и ускоренного сгорания; β и λ – углы, соответствующие скоростям сгорания в цилиндре и возрастания давления в измерительной камере

Принцип работы устройства основан на том, что при введении порции топлива в замкнутый объем, уже заполненным топливом, давление в нем будет изменяться прямо пропорционально количеству поступившего топлива. Объем камеры, куда впрыскивается топливо, выбирается таким, чтобы он обеспечивал необходимую точность метода, а рост давлений в камере за процесс впрыска не превышал величины давлений в цилиндре двигателя [4]. Это возможно

реализовать за счет изменения объема камеры впрыска, например перемещением поршня или установки сменных камер [5].

Работа, совершаемая в процессе сжатия в двигателе (при изменении температуры) в устройстве приравнивается к работе совершаемой в процессе сжатия пружины плунжера создающего противодавление в предложенном нами устройстве [3].

При том величину средней скорости нарастания давления в измерительной камере устройства приближенно можно оценивать по углу λ

$$\text{tg}\,\lambda = \frac{\Delta P}{\Delta \alpha} = \frac{\Delta P}{\gamma},$$

Если для упрощения допустить, что λ≈β (рис. 1), то можно записать и следующее приближенное выражение:

$$\Delta P \approx \gamma \cdot \text{tg}\,\lambda \approx \gamma \cdot \text{tg}\beta \approx \left(\frac{dP}{d\alpha}\right)_{\max} \cdot \gamma,$$

По экспериментальным данным, жесткость процесса сгорания в зависимости от типа камер сгорания меняется в пределах 0,15…0,9 МПа /град.п.к.в [2].

Приняв $\left(\frac{dP}{d\alpha}\right)_{\max}=0{,}6\cdot 10^6$ Па/град п.к.в. (камера типа ЦНИДИ [4]) и γ=7 град.п.к.в было получено: $\Delta P=4{,}2\cdot 10^6$ Па.

Соответствующая этому давлению разность усилий сжатия пружины в моменты окончания и начала впрыска (в начале и в конце движения измерительного плунжера) определяется соответствующая рабочей деформацией пружины $\Delta X=X_1-X_0$ и составляет:

$$\Delta F = F_2 - F_1 = \frac{\pi \cdot d_{\partial}^{\,2}}{4} \cdot \Delta P,$$

где d_{∂} - диаметр плунжера измерительного датчика.

Для оценки качества работы аккумуляторов нами предложен параметр «жесткость аккумулятора». Он оценивается по характеру изменения давления в нем

$$C_{ак} = \frac{\Delta p}{\Delta V},$$

где Δp – возрастание давления;

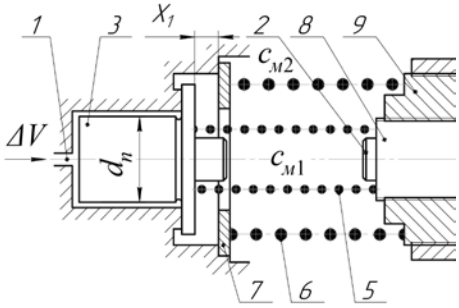
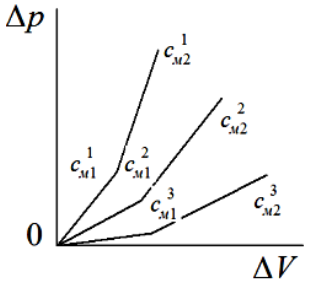
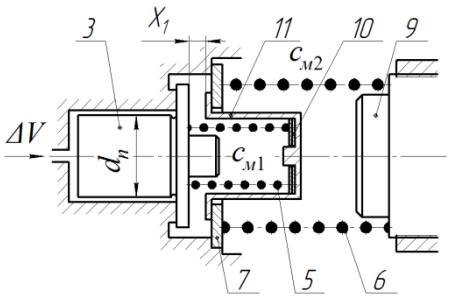
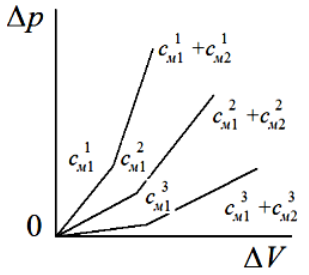
ΔV – количество поступившего топлива.

В процессе впрыска, первая порция топлива поступает при сжатии газов, а вторая при горении топлива, в связи с этим, давление во втором периоде возрастает интенсивнее, и соответственно характер изменения не линейный.

Нами предложены конструкции двухпружинных аккумуляторов (таблица 1). В этих аккумуляторах давление, аналогичное давлению в цилиндре в периоде сжатия газов создается первой пружиной, а в периоде горения топлива – второй.

Таблица 1

Варианты выполнения двухпружинных аккумуляторов и их жесткости

Вид	Схема выполнения	Жесткость $C_{ак}$, *Па/мм*^{3}	Условные зависимости $\Delta p=f(\Delta V)$
с последовательной работой механических пружин		До выбора зазора X_1 $\frac{1}{\beta\cdot\left(V_{ак}+\frac{\pi^2\cdot d_n^4\cdot\Delta p}{16\cdot c_{м1}}\right)+\frac{\pi^2\cdot d_n^4}{16\cdot c_{м1}}}$ После выбора зазора X_1 $\frac{1}{\beta\cdot\left(V_{ак}+\frac{\pi^2\cdot d_n^4\cdot\Delta p}{16\cdot c_{м2}}\right)+\frac{\pi^2\cdot d_n^4}{16\cdot c_{м2}}}$	
с последовательно-параллельной работой механических пружин		До выбора зазора X_1 $\frac{1}{\beta\cdot\left(V_{ак}+\frac{\pi^2\cdot d_n^4\cdot\Delta p}{16\cdot c_{м1}}\right)+\frac{\pi^2\cdot d_n^4}{16\cdot c_{м1}}}$ После выбора зазора X_1 $\frac{1}{\left(\beta\cdot\left(V_{ак}+\frac{\pi^2\cdot d_n^4\cdot\Delta p}{16\cdot(c_{м1}+c_{м2})}\right)+\right.}$ $\left.+\frac{\pi^2\cdot d_n^4}{16\cdot(c_{м1}+c_{м2})}\right)$	

В табл. указаны: 1 – камера впрыска; 2 – упор; 3 – поршенек; 5 и 6 – первая и вторая пружины; 7 – опорная шайба; 8 и 9 – регулировочные винты соответствующих пружин; 10 и 11 – регулировочные шайбы и обоймы первой пружины.

Воспользовавшись полученными данными в качестве примера определили параметры пружины для двигателя Cat C11 приняв β=γ=7 град п.к.в; η_m=0,85; $(\frac{dP}{d\alpha})_{max}$=0,6·10^6 Па/град п.к.в; h=0,0022 м; d_n= 0,008 м; $d_д$= 0,005 м; $g_ц$= 74 мм^3/цикл.

Как считает Б.Н. Файнлейб, при использовании камеры впрыска с достаточно малым объемом, сжимаемостью топлива можно пренебречь [4]. Однако, понятие «достаточно малый объем», на наш взгляд нуждается в уточнении. Объем не может быть меньше какого-то минимального значения, определяемого количеством форсунок, их расположением и габаритными размерами носка распылителя. Форсунки могут устанавливаться как крестообразно, так и в ряд. Минимальная камера впрыска возможна при крестообразной установке форсунок (рисуунок 1).Объем аккумулятора при установке четырех форсунок и минимально возможным исполнении камеры впрыска определяется по выражению [2]

$$V_{ак}=V_{кв}+i\cdot(V_n+V_к),$$

где $V_{кв}$ – центральный объем камеры впрыска;

i – количество форсунок;

V_n – объем между распылителем и гнездом для него;

$V_к$ – объем канала между распылителем и центральным объемом.

Предлагаемый комбинированный гидромеханический аккумулятор применен в нашем устройстве противодавления впрыску [3]. Оно может встраиваться в стенд любой марки. Для примера на рисунке 2 изображена схема стенда КИ-22210 с предложенным устройством противодавления впрыску.

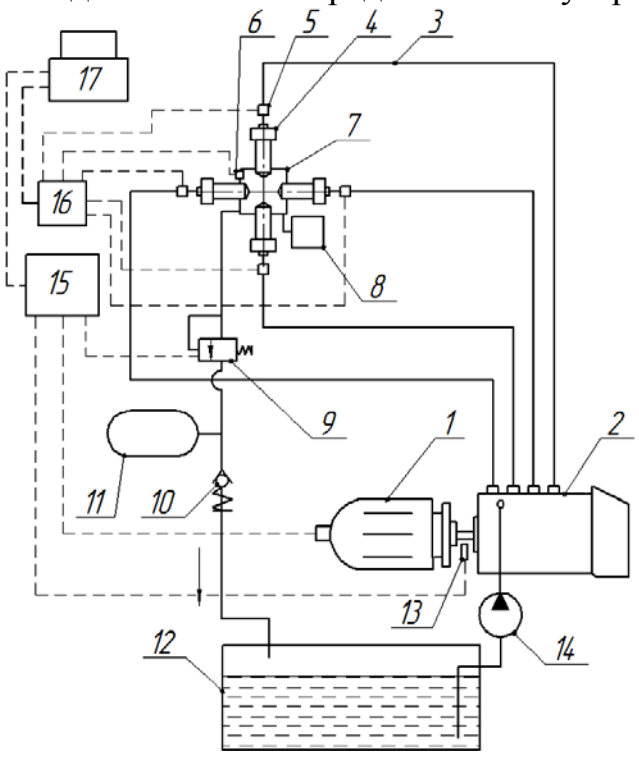


Рис. 2. **Стенд КИ- 22210, модернизированный предложенным устройством противодавления впрыску:**
1 – электродвигатель; 2 – ТНВД; 3 – топливопроводы; 4 – форсунки; 5, 6 – тензометрические датчики давления серии МД; 7 – камера впрыска; 8 – двухпружинный механический аккумулятор; 9 – разгрузочный электромагнитный клапан; 10 – клапан с регулируемым предварительным затягом пружины; 11 – гидроаккумулятор остаточного давления; 12 – топливный бак; 13 – датчик угловой метки; 14 – подкачивающий насос; 15 – микропроцессорный блок управления; 16 – микропроцессорный блок закона топливоподачи; 17 – ЭВМ.

Стенд работает под контролем ЭВМ 17 (получающим сигналы с микропроцессорных блоков 15 и 16, к которым подключены управляющие и сигнальные цепи стенда, датчик угловой метки 13, датчики давления 5, 6) следующим образом.

Насос высокого давления 2 подает топливо к форсункам 4 по топливопроводам 3. Форсунки впрыскивают топливо в камеру впрыска 7 аккумулятора устройства противодавления впрыску. Давления в камере впрыска 7 и в топливопроводах 3 регистрируются датчиками давления 6 и 5.

Сигналы с датчиков давления поступают в микропроцессорный блок 16.

Микропроцессорный блок закона топливоподачи 16, работающий по предложенной нами и заложенной в него программе (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613126 «Диагностика топливных систем дизелей при впрыске в среду с противодавлением»), определяет интегральную характеристику топливоподачи по давлению в камере впрыска.

ЭВМ определяет максимальные, номинальные и минимальные подачи топлива и опережения впрыска, максимальные и средние давления впрыска, межцикловую, межсекционную и общую неравномерности топливоподачи.

После прекращения подачи топлива микропроцессорный блок 15 подает сигнал на разгрузочный электромагнитный клапан 9, который открываясь, сообщает полость камеры впрыска 7 через гидроаккумулятор 11 и клапан 10 с

линией слива. Гидроаккумулятор 11 совместно с клапаном 10 обеспечивает остаточное давление в камере впрыска 7, соответствующее давлению начала последующего впрыска.

Испытания на двигателе «Caterpiller C11» показали, что при регулировке на модернизированном стенде с подобранной таким образом пружиной противодавления, существенно повышается точность регулирования топливной аппаратуры и, в итоге, на 3% снижается удельный расход топлива.

Библиографический список

1. Грехов Л.В., Габитов И.И., Неговора А.В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей // Москва. 2013.

2. Ерохин М.Н. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике научное издание // Москва. 2011. 248 с.

3. Баширов Р.М., Инсафуддинов С.З., Сафин Ф.Р., Костенко Л.Н. Стенд для испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры // Патент на изобретение № 2429373.24.02.2010. С. 3.

4. Дидманидзе О.Н., Мельник В.Г. Основы дистанционной диагностики систем тягово-транспортных средств // Москва, 2017. 80 с.

5. Девянин С.Н. Использование расхода топлива на режимах холостого хода в качестве диагностического параметра ДВС // в сборнике: Международная научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 100-летию Шатилова И.С. Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов. 2017. С. 313-314.

УДК 631.25.02

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ ПАРАЛЕЛЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ

***Галлямов Фаил Наилович**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительные, дорожные, коммунальные и сельскохозяйственные машины ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, galfail@mail.ru*

***Галиуллин Рустам Рифович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой электроснабжения и применения электрической энергии в сельском хозяйстве ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, rustam6274@mail.ru*

***Аннотация:** В данной статье рассмотрены методики и технические средства проведения испытаний систем параллельного вождения. На основе анализа используемых ГОСТов обоснованы конструктивно технологические параметры пенного маркера, изготовлена лабораторная установка и проведены лабораторно- стендовые испытания.*

***Ключевые слова:** система параллельного вождения, пенный маркер, компрессор, перильстатический насос, широтно- импульсная модуляция, пенный концентрат.*

Abstract: *In this article methods and technical means of conducting tests of parallel driving systems are considered. Based on the analysis of the GOSTs used, design parameters of the foam marker are justified, a laboratory installation was made and laboratory bench tests were carried out.*

Keywords: *parallel driving system, foam marker, compressor, peristaltic pump, pulse width modulation, foam concentrate.*

В настоящее время в мире наблюдаются тенденции развития систем точного земледелия [1, 2]. Сложные условия работы (туман, пыль, дождь, темное время суток) ухудшают эффективность проведения сельскохозяйственных работ. Для интенсивного прироста урожая и корректной обработки требуется точное вождение агрегатов, чтобы избежать огрехов и повторных обработок. При огрехах необработанные растения страдают от повреждения вредителями и болезнями, угнетаются сорняками, хуже развиваются, урожай получается низким. При перехлесте проходов посевы получают двойную дозу препаратов. В результате наблюдается угнетение, а в ряде случаев, например, при внесении гербицидов – и гибель культурных растений.

Предлагаемое навигационное оборудование для сельского хозяйства такими лидерами как Trimble, Teejet, Mullerelectronik и других оказывается достаточно дорогостоящими [3, 4]. Относительно низкую стоимость 55-130 тыс. руб. имеют системы – комплексы, выпускаемые российскими производителями, где программная часть собственной разработки, а аппаратная часть в большинстве импортного производства. В настоящее время Россия в результате объявленных санкций провозгласило курс на импортозамещение, в том числе в производстве и применении навигаторов и систем точного земледелия.

Нами создан аппаратно-программный комплекс для параллельного вождения с перспективой дальнейшего применения для дифференцированного внесения удобрений [5, 6].

Как показал анализ имеющейся нормативной документации, отсутствуют методики (ГОСТЫ, ОСТы и ТУ) для сравнительной оценки различных систем параллельного вождения.

Цель работы – разработка методики и технических средств проведения испытаний систем параллельного вождения

За основу взяли ГОСТ 53053-2008 Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. Рабочую ширину захвата машины определяем как средне арифметическое значение и вычисляем по зависимости

$$B_{\text{р}} = \frac{B_{\text{р}}^{/}}{\text{n}_{\text{р}}} \qquad 1$$

где $B_{\text{р}}^{/}$ – общая рабочая ширина захвата за $n_{\text{р}}$ рабочих проходов машины, м.

$n_{\text{р}}$ – число рабочих проходов на поле.

Рабочую ширину захвата за определенное число проходов измеряем рулеткой с погрешностью +-1 см. Число проходов для опрыскивателей шириной захвата до 24м составляло не менее 10, для опрыскивателей шириной захвата свыше 24 м – не менее трех.

Как видно из анализа, в ГОСТе не прописаны методика определения количественных характеристик точности вождения – величин огрехов и перекрытий при обработке.

Для определения точности вождения необходимо, чтобы на стыках между проходами агрегата оставался хорошо заметный след. Для этого применяется пенный маркер. Как показал анализ, пенные маркеры выпускаются только иностранными производителями и также недешевы, при этом оставляют «шапки» пены на некотором расстоянии друг от друга, что затрудняет замеры между проходами агрегата. В нашем случае необходимо, чтобы линии проходов- маркерные полосы были сплошными, пена должна сохраняться на протяжении 20-30 мин. Для реализации этих требований разработан и изготовлен пенный маркер.

На рисунке 1 лабораторная установка пенного маркера, вид спереди, на рисунке 2 вид установки сзади.

Конструктивно пенный маркер состоит из источника питания, перильстатического насоса, двухфазного распылителя, блока управления, бака для раствора, соленоидного электромагнитного клапана, манометра, компрессора, реле давления, обратного клапана, ресивера, пульта управления.

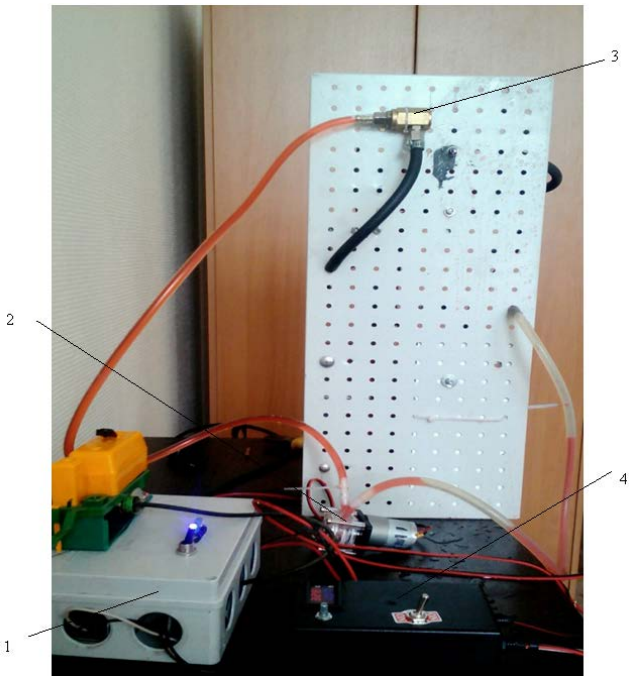


Рис. 1. **Пенный маркер для проведения испытаний вид спереди**
1 – блок питания 220В/12В, 2 – перильстатический насос, 3 – двухфазный распылитель, 4 – блок управления

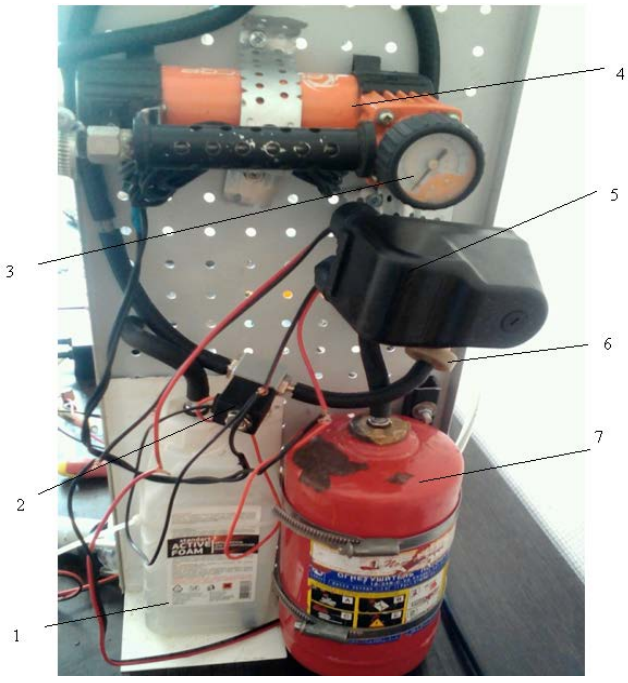


Рис. 2. **Пенный маркер для проведения испытаний вид сзади**
1 – бак для раствора, 2 – соленоидный электромагнитный клапан, 3 –манометр,4 – компрессор, 5 – реле давления, 6 – обратный клапан, 7 – ресивер

Емкость бака рассчитана для маркирования на 5 часов работы, соответственно расход рабочей жидкости Q=0,016-0,025л/мин, диаметр трубопровода d=3,2 мм длина трубопровода l= 12 м, плотность перекачиваемой жидкости ρ=1000 кг/м³. По известным формулам гидравлики рассчитали мощность двигателя насоса, которая составила 15 Вт. Под эти параметры подобрали перильстатический дозирующий насос серии F PER1.1

Пульт управления располагается в кабине механизатора, а остальные аксессуары – на штанге и на раме опрыскивателя.

Управление маркером осуществляется с помощью пульта с кабины трактора. Для регулировки подачи жидкости использовали MP303F – регулятор мощности – оборотов двигателя постоянного тока 15А, +12/24В. Благодаря использованию в схеме управления метода ШИМ (широтно-импульсная модуляция), подключенные к устройству электродвигатель насоса может устойчиво работать даже на малых оборотах и обеспечивать подачу жидкости в требуемых пределах

В качестве рабочей жидкости – пенообразователей был применен алкилсульфат аммония 3%. В качестве прилипателя использовали корбаксиметил целлюлоза (КМЦ) 2% , который замедляет скорость испарения рабочего раствора и позволяет получить однородный рабочий раствор.

При выполнении экспериментальных исследований двухфазный распылитель для распыления жидкости с плотностью и другими характеристиками воды показал следующие характеристики: расход жидкости 1-1,5 литра в час, расход воздуха 20-30 литров в минуту. Конус распыла – 25-30 градусов, ширина полосы при установке на расстоянии 0,4 м от земли составило 0,2 м. Полученная пена сохранялась до 3-х часов, что вполне нас устраивает.

Библиографический список

1. Балабанов В.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Беленков А.И., Егоров В.В. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие // М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2013. 148 с.

2. Труханович А.Л. Аппаратно-программный комплекс навигационного оборудования для точного земледелия // Приборы и методы измерений. 2012. № 2 (5). С. 10-12.

3. TeeJet: Электроника для точного земледелия / журнал "Новое сельское хозяйство". 2011. № 4. С. 15.

4. https://www.mueller-elektronik.de/ru/unternehmen/historie.

5. Программа для параллельного вождения машин-тракторного агрегата с использованием планшета и GPS/GLONASS приемника: свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ №2018613106 Рос. Федерация от г Российская Федерация / Галиуллин Р.Р., Галлямов Ф.Н., Хасанов Э.Р., Аллаяров И.Ф; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет: заявл. 10.01.2018 ; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 02.03.2018. [1] с.

6. Программа для управления работой исполнительных устройств для дифференцированного внесения удобрений на базе аппаратной платформы STM32 (с использованием MS VISUAL C): свидетельство об офиц. регистрации программы для ЭВМ №2018612945 Рос. Федерация г Российская Федерация / Галиуллин Р.Р., Галлямов Ф.Н., Ахметьянов И.Д, Петров А.Д. заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет: заявл. 10.01.2018; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ от 01.03.2018. [1] с.

УДК 621.9.048.4

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО НАРАЩИВАНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

***Сайфуллин Ринат Назирович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ*
bashagregat@mail.ru

***Аннотация**. В обзоре приводятся современные зарубежные установки для электроискрового наращивания и упрочнения изделий и их ориентировочная стоимость. Дана собственная классификация аппаратов.*

***Ключевые слова**: электроискровая обработка, упрочнение, восстановление.*

***Abstract.** In this review, we present modern foreign installations for electric spark formation and hardening of products and their approximate cost. Our own classification of apparatus is given.*

***Keywords**: electric spark treatment, hardening, restoration.*

Метод электроискрового наращивания и упрочнения металлических поверхностей основан на использовании действия электрического разряда, проходящего между электродами. В результате искрового разряда между электродом (+) и деталью (-) происходит преимущественное разрушение материала электрода и перенос продуктов эрозии на поверхность изделия. Кратковременность действия искрового разряда (до 2 мс) обеспечивает несущественный нагрев изделия, при этом изменяется рельеф поверхности, состав и структура поверхностного слоя. Метод используется для упрочнения режущего и штампового инструмента, а также для восстановления размеров изношенных деталей (в последней области значимый вклад внесли Бурумкулов Ф.Х. и его сотрудники). Данный метод отличается универсальностью и возможностью полной автоматизации процесса.

Наиболее подробно об отечественном и зарубежном оборудовании для электроискрового легирования, упрочнения и наращивания описано в работах [1, 2]. В данной работе хотелось бы кратко остановиться на современном оборудовании для электроискровой обработки.

Аппараты для электроискровой обработки можно разделить на

индуктивные, конденсаторные и управляемые конденсаторные. В настоящее время выпускаются только конденсаторные и управляемые конденсаторные электроискровые аппараты. Индуктивные электроискровые аппараты не выпускаются и о них мало информации, поэтому один из таких действующих аппаратов показан на рисунке 1, который используется в Дюртюлинском филиале МТС «Центральная» для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Рис. 1. **Индуктивный электроискровой аппарат**

Рис. 2. **Цифровой электроискровой аппарат SparkDepo**

Несомненно, одним из лидеров по выпуску современного электроискрового оборудования является японская компания TechnoCoat Co., Ltd. В 2014 году компания представила свою последнюю разработку – цифровой аппарат SparkDepo, рисунок 2. Аппарат выполняет те же функции, что и предшественники, но имеет модернизированное управление (ориентировочная стоимость 2,5 млн. руб.).

Китайские производители электроискрового оборудования в 2016 году представили аналогичный аппарат SZ-8100, который по производительности не уступает вышеуказанному, рисунок 3, но значительно дешевле (ориентировочная стоимость 300 тыс. руб.).

Рис. 3. **Электроискровой аппарат SZ-8100**

Рис. 4. **Электроискровой аппарат Rocklinizer model 850**

Рис. 5. **Электроискровой аппарат Depositron-820**

Компанией Rocklin Manufacturing Co (США) в 2013 г. представлена модель Rocklinizer model 850/850E, рисунок 4 (ориентировочная стоимость 500 тыс. руб.), предназначенная для упрочнения изделий.

Еще одной японской компанией, производящей электроискровые аппараты является Sanwa Shoko Co., LTD. Одна из последних моделей этой компании аппарат Depositron-820 представлена на рисунке 5.

Как видно из изображений аппаратов, два из них (SparkDepo и SZ-8100) использует возможность защиты зоны обработки аргоном. Рабочий орган чаще всего вращается, но имеются модели, которые используют колебательные и ультразвуковые вибраторы.

Совершенствование аппаратов для электроискровой обработки за рубежом продолжается, чего нельзя сказать об отечественном опыте совершенствования методов и аппаратов электроискрового упрочнения и наращивания. Некоторые исследования ведутся в МИСиС (г. Москва), рук. – проф. Левашов Е.А.; ИМ ХНЦ ДВО РАН (г. Хабаровск), рук. – проф. Верхотуров А.Д.; ИПМ НАНУ (г. Киев) [2]. В целом работы по совершенствованию электроискровой обработки ведутся в области автоматического управления режимами обработки и подбора эффективных электродных материалов.

Библиографический список

1. Иванов В.И. Об использовании и развитии метода электроискрового легирования в России // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы». Институт механики и энергетики. Саранск, Изд-во Рузаевский печатник. 2016. С. 26-37.

2. Иванов В.И., Величко С.А. Электроискровые технологии и оборудование в России и за рубежом // Сельскохозяйственная техника: Обслуживание и ремонт. 2015. № 1. С. 44-57.

УДК 621.43

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НАГАРООБРАЗОВАНИЯ В ДВС

***Катаев Юрий Владимирович**, кандидат технических наук, заместитель директора по методической работе Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ykataev@mail.ru*

***Корнеев Виктор Михайлович**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ykataev@mail.ru*

***Аннотация.** Приведен анализ факторов, влияющих на нагарообразования в двигателях внутреннего сгорания и рассмотрены основные способы и*

методы очистки деталей двигателей от нагароотложений.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, нагароотложения, топливо, камера сгорания,*

Abstract. *The analysis of factors affecting carbon formation in internal combustion engines is given and the main methods and methods for cleaning engine parts from carbon deposits are considered.*

Keywords: *internal combustion engine, carbon deposits, fuel, combustion chamber*

Эффективность работы двигателей внутреннего сгорания, в первую очередь, можно оценить комплексом эксплуатационно-технических характеристик: уровнем форсирования и мощностными показателями, топливной экономичностью и токсичностью отработавших газов, динамическими и пусковыми качествами.

При эксплуатации машин энергетические, экономичностные и ресурсные показатели работы двигателей внутреннего сгорания выходят за пределы регламентированных значений. Отклонение этих показателей обусловлено множеством причин, в том числе и образованием на поверхностях деталей двигателя нагароотложений. Этим видам загрязнений подвержены камеры сгорания, клапаны, поршни, форсунки, проточные части турбокомпрессоров, выпускные коллекторы и другие детали [1, 2].

Образование нагара и смолистых отложений в камерах сгорания, на днищах поршней, тарелках клапанов, стенках впускного тракта, распылителях форсунок зависит не только от состояния и режима работы дизелей, но и является естественным явлением, обусловленным физико-химическими процессами, происходящими в топливе и масле под воздействием высоких температур и недостатка кислорода.

Способность топлива не загрязнять систему подачи, детали двигателя и не вызывать образования отложений является одним из важнейших его эксплуатационных показателей [3, 4].

Образование нагара в камере сгорания повышается в результате неполного испарения и плохого распыливания вследствие большой вязкости топлива с тяжелым фракционным составом.

Рис. 1. **Механизм образования нагароотложений в ДВС**

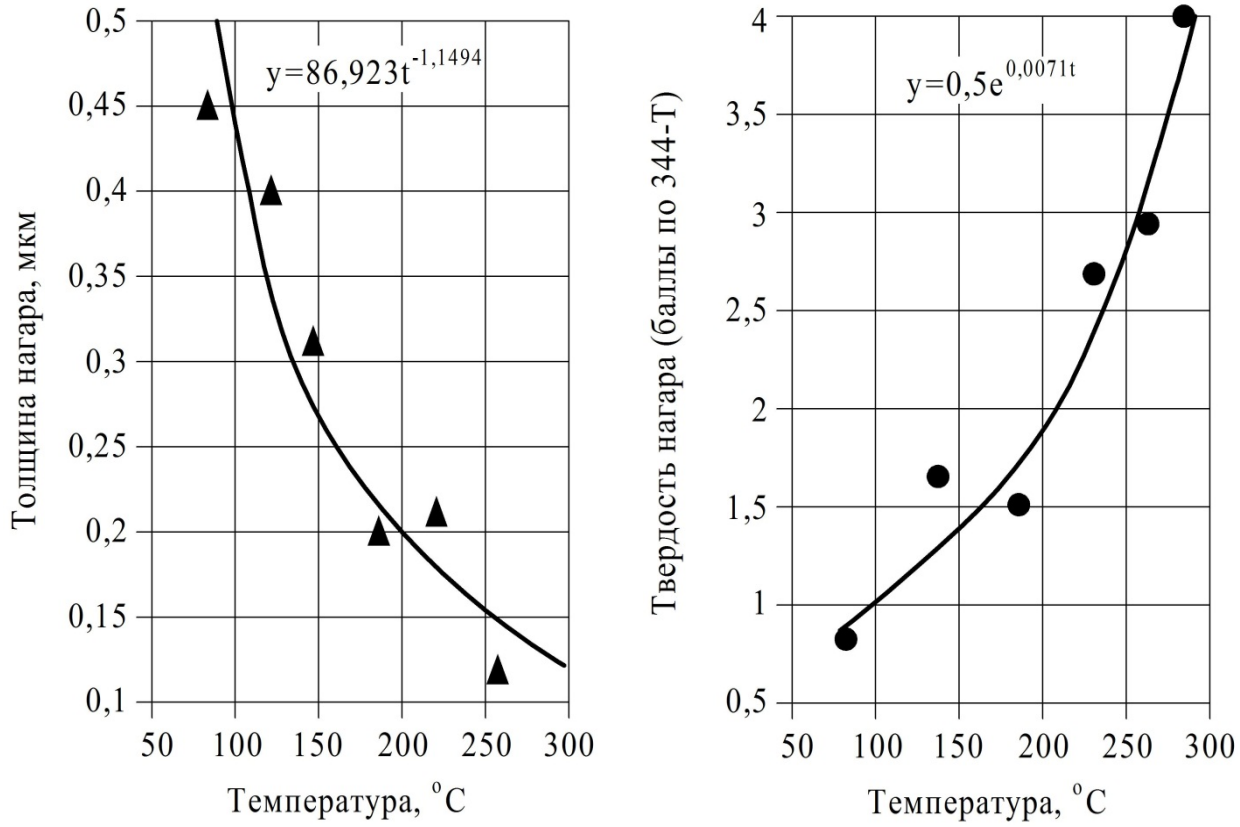
На процесс нагарообразования оказывает также влияние количество неорганических механических примесей, содержащихся в топливе.

Динамика накопления нагара определяется коксовым числом, т.е. зависит от содержания в топливе серы, фактических смол, его зольности и склонности к лакообразованию.

Сущность процесса образования нагароотложений в двигателях внутреннего сгорания заключается в следующем. Во время работы двигателя в результате неполного сгорания топлива и термоокислительных превращений углеводородов масла в нем накапливается сажа, а также соединения, содержащие карбонильные, карбоксильные и гидроксильные функциональные группы, ненасыщенные соединения и нитроэфиры. Одновременно в результате сгорания серы, присутствующей в топливе, в цилиндрах конденсируется серная кислота [5, 6].

Высокая температура деталей цилиндропоршневой группы обеспечивает необходимую энергию активации, и в результате взаимодействия между функциональными группами образуются полимерные продукты. Присутствие в масле серы, кислорода и других элементов способствует переводу их в нерастворимые полимерные структуры - лак и смолы. Действие серной кислоты на пленку масла в кольцевом поясе поршней также приводит к образованию отложений, содержащих серу и кислород.

Отложения, связанные с высокотемпературным режимом двигателя откладываются в основном в виде нагаров и лаков на поверхностях деталей с относительно высокой температурой (камера сгорания, распылитель форсунки).



а – толщина нагара; б – твердость нагара

Рис. 2. **Зависимости образования нагароотложений на поверхностях днищ поршней от их температур**

Исходя из вышеизложенного, следует, что накопление нагароотложений является неотъемлемой частью процесса работы двигателя. Наличие нагароотложений на деталях оказывает отрицательное влияние на энергетические, топливно-экономические, экологические и ресурсные параметры работы двигателя, что предопределяет необходимость разработки наиболее эффективных методов их удаления [7].

Традиционным методом очистки деталей двигателя от нагароотложений, является механическое воздействие. Для этого требуется частичная разборка двигателя, т.е. снятие сборочных единиц и деталей. Наряду с большой трудоемкостью к недостаткам механического способа очистки следует отнести возможность повреждения очищаемых поверхностей [8].

В настоящее время наиболее известные и применяемые методы безразборной очистки это использование водотопливных эмульсий (ВТЭ) и применение присадок. При использовании ВТЭ улучшается смесеобразование и предотвращается коксообразование, но при этом снижается надежность двигателя за счет обводнения масел, ухудшаются показатели эксплуатации,

возникает опасность коррозии отдельных деталей. Присадки улучшают процесс сгорания рабочей смеси, не допускают коагуляцию частиц сажи в крупные агломераты. Недостатком данного метода является удаление отложений, скопившихся в топливном баке, следовательно, выход из строя топливного насоса и форсунок [9].

Изучив имеющиеся методы и способы безразборной очистки деталей двигателей от нагароотложений, и проанализировав результаты проведенных исследований, можно сделать вывод, что наиболее эффективным рациональным и способом является подача воды в камеры сгорания двигателя в парообразном состоянии вместе с воздухом. При этом необходимо отметить, что подача пара гарантирует отсутствие капельной влаги в двигателе и, следовательно, не способствует процессам износа и коррозии – отрицательным побочным эффектам, имеющим место при использовании ВТЭ.

Также эффективным путем снижения образования нагара является обеспечение наиболее полного сгорания топлива при нанесении теплоизолирующих покрытий на детали камеры сгорания. Так при использовании покрытий на основе циркония толщиной слоя 0,1 мм на деталях цилиндропоршневой группы получено снижение загрязненности деталей камеры сгорания на 23% [10].

Таким образом, количество и состав нагароотложений на деталях двигателя приводит к нарушениям его работы, а в ряде случаев служит причиной аварийного выхода двигателей из строя.

Библиографический список

1. Дидманидзе О.Н., Корнеев В.М. Технический сервис в АПК // М.: УМЦ «Триада», 2015. 110 с.

2. Катаев Ю.В., Корнеев В.М. Актуальность очистки деталей двигателя от нагароотложений // Международный технико-экономический журнал. 2010. № 1. С. 63-65.

3. Катаев Ю.В., Корнеев В.М. Анализ способов удаления нагароотложений в системах двигателя // Сет. научн.-метод. электрон. Агрожурнал МГАУ. 2011. № 15. № гос. регистрации 0421100044/0011.

4. Катаев Ю.В. Безразборная очистка двигателя от нагара // Сельский механизатор. 2011. № 9. С. 34-35.

5. Корнеев В.М., Катаев, Ю.В. Влияние нагароотложений на работу двигателя // Сельский механизатор. 2011. № 1. С. 36-37.

6. Катаев Ю.В. Технология очистки двигателей от нагароотложений: дис… канд. техн. наук: 05.20.03: утв. 30.09.2013. М., 2013. 135 с.

7. Малыха Е.Ф., Катаев Ю.В., Вялых Д.Г. Дилерская форма организации технического сервиса машин // Наука без границ. 2017. № 8. С. 29-34.

8. Катаев Ю.В., Вялых Д.Г. Исследование механизма образования нагароотложений в двигателе // Сельский механизатор. 2015. № 1. С. 38-40.

9. Дорохов А.С., Катаев Ю.В. Кавитационное воздействие воды на нагароотложения в двигателях // Ремонт, восстановление, модернизация. 2014. № 9. С. 29-33.

10. Леонов О.А., Бондарева Г.И., Шкаруба Н.Ж. Применение технико-экономических критериев при выборе средств измерений в ремонтном производстве // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2008. № 1. С. 53-55.

УДК 621.923

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

***Голубев Иван Григорьевич**, доктор технических наук, заведующий отделом ФГБНУ Росинформагротех, golubev@rosinformagrotech.ru*
***Лялякин Валентин Павлович**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, gosniti@list.ru*

***Аннотация.** Показаны необходимость и перспективы развития восстановления деталей сельскохозяйственной техники. Рассматриваются тенденции развития технологий восстановления деталей и их применение.*

***Ключевые слова.** сельскохозяйственная техника, запасные части, детали, восстановление, методы, технологии, тенденции развития.*

***Abstract.** The necessity and prospects of development of restoration of details of agricultural machinery are shown. Tendencies of development of technologies of restoration of details and their application are considered.*

***Keyword.** agricultural machinery, spare parts, parts, rehabilitation, methods, technologies, development trends.*

Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы, утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. № 717 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 31 марта 2017 г. N 396) и изменения, которые вносятся в Государственную программу (утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 13 декабря 2017 г. № 1544) направлены на решение проблем развития агропромышленного комплекса страны и обеспечения ее продовольственной безопасности. Одной из главных причин ограничений по вводу в сельскохозяйственную практику инновационных технологий производства продукции является неразвитость инженерно-технической системы. Для ее модернизации необходимо обновление ее технической базы, в том числе за счет оснащения машинно-тракторного парка конкурентноспособной отечественной сельскохозяйственной техникой. Планируется,

что коэффициент обновления тракторов в сельскохозяйственных организациях в 2020 году составит 2,9 процента, зерноуборочных комбайнов ~~и~~ 4,7 процента, кормоуборочных комбайнов ~~и~~ 4,3 процента [1]. Для обновления устаревшего парка необходима техника соответствующая мировым тенденциям машинно-технологического обеспечения сельского хозяйства, а для ее проектирования, изготовления и ремонта новые технологии, в том числе цифровые.

Состояние парка техники оценивается по удельному весу основных видов сельскохозяйственной техники со сроком эксплуатации свыше 10 лет в общем объеме техники. Доля используемых сельскохозяйственных машин с вышедшими нормативными сроками амортизации и эксплуатации, то есть старше 10 лет, достигает 70 процентов, что приводит к их низкой производительности, срывам принятых агросроков и увеличению потерь продукции при уборке (по оценкам Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, потери продукции достигают 10-20 процентов валового сбора) [2]. Анализ национальных докладов "О ходе и результатах реализации в 2014, 2015 и 2016 годах Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы" показал, что обновление парка сельскохозяйственной техники в Российской Федерации происходит низкими темпами [3-5]. Динамика распределения основных видов техники со сроком эксплуатации более 10 лет в Российской Федерации показана в таблице 1

Таблица 1

Распределение основных видов техники со сроком эксплуатации более 10 лет в Российской Федерации, %

№пп	Техника	2013год	2014год	2015год	2016 год
1	Тракторы	62,15	60,92	60,26	59,56
2	Зерноуборочные комбайны	48,92	47,09	45,43	45,35
3	Кормоуборочные комбайны	45,05	42,44	42,88	44,37

По данным Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России на начало 2018 года средний возраст тракторов достиг почти 20 лет, зерноуборочных комбайнов –15,7 года. В целом 68,6% техники эксплуатируется свыше 10 лет, а доля машин возрастом менее 5 лет составляет лишь 14,2 %.

Процесс обновления парка основными видами сельскохозяйственной техники длительный, требует больших финансовых ресурсов. При сокращении парка машин сохранение высоких затрат на ремонт объясняется соответствующим ростом цен на запасные части, составляющим от 40% до 70% доли в себестоимости ремонта техники. Например, по данным ГОСНИТИ (ныне Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ) в структуре затрат на ремонт зерноуборочных комбайнов более 48% составляет стоимость запасных частей. Повысить эффективность технического сервиса машин и снизить эксплуатационные затраты можно путем совершенствования организации и увеличения объемов восстановления деталей. Восстановление экономит материал и энергию, а восстановленные детали соответствуют

высоким стандартам. По сравнению с производством новых деталей восстановление использует на 90 % меньше материала и на 90 % меньше энергии. Поэтому прогноз на увеличение объемов восстановления деталей в России соответствует мировым тенденциям [3]. За рубежом большое внимание уделяется вопросам организации и технологиям восстановления деталей, постоянно увеличиваются ассигнования на разработку новых способов и оборудования. Большое значение придается восстановлению таких дорогостоящих, металлоемких массовых деталей, как катки, звенья гусениц, направляющие колеса, блоки цилиндров двигателей, коленчатые валы и др. Технологии восстановления деталей характеризуется достаточно высоким техническим уровнем применяемого технологического оборудования (высокоточные станки с программным управлением, автоматизация процессов восстановления и контроля) и качеством материалов, используемых для нанесения покрытий, в том числе упрочняющих. Это обеспечивает высокое качество восстановления, что позволяет фирмам нести полную ответственность за надежность машин и оборудования, укомплектованных восстановленными деталями, выдерживать конкурентную борьбу на рынках сбыта продукции [4].

Восстановление деталей, как правило, исключает экологически разрушительный энергоемкий металлургический цикл производства и дает значительную экономию денежных средств за счет более низкой стоимости по сравнению со стоимостью новой детали. Учитывая, что при восстановлении деталей исключается металлургический процесс подготовки заготовок на новую деталь, будет снижаться загрязнение окружающей среды в 5-10 раз [4, 5, 6].

Международная практика свидетельствует, что доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей достигает в развитых зарубежных странах 30-35%. Однако в России этот показатель за последние годы снизился. По прогнозам специалистов ГОСНИТИ, к 2020 г. объемы восстановления необходимо увеличить до 6-7 млрд руб., что составит 25-30% от поставки новых запасных частей[3, 4 ,6]. Для повышения технологического уровня и увеличения объемов восстановления деталей в России необходимо развивать два приоритетных направления:

первое – модернизация специализированных мастерских и заводов по ремонту машин, где должны получить развитие методы восстановления, в первую очередь, корпусных деталей, опорных поверхностей под подшипники с применением технологий электроконтактной приварки ленты, плазменной наплавки металлополимеров и др.;

второе – создание специализированных центров по сбору и восстановлению изношенных деталей, обеспеченных всеми современными технологиями восстановления и упрочнения деталей.

При развитии производств по восстановлению деталей произойдет некоторое перераспределение объемов работ между существующими методами восстановления. Уменьшатся объемы восстановления деталей за счет электродуговой наплавки. Более интенсивно должны развиваться и внедряться

в ремонтное производство экологически чистые методы, например, метод электроконтактной приварки ленты, который имеет большие преимущества перед наплавкой, электроискровые методы, нанотехнологии. Должны получить развитие газотермические и газодинамические методы напыления, плазменная наплавка, электродуговая металлизация, восстановление узлов с использованием деталей ремонтных размеров [3, 4]. Перспективным направлением является создание инновационных центров высокоресурсного ремонта техники [5]. Наиболее экономичный и быстрый способ решения проблемы по импортным запасным частям – это создание в ряде регионов с наибольшей концентрацией импортной техники специализированных центров по сбору, восстановлению и изготовлению деталей к импортной технике. В этих центрах могли бы отрабатываться технологии по изготовлению большой номенклатуры резино-технических, пластмассовых деталей, сальников, фильтров, рукавов высокого давления, шкивов, быстроизнашиваемых дисков борон, лап культиваторов и других деталей. Сейчас более 40 тыс. наименований запчастей для сельскохозяйственной техники поступает из-за рубежа. К тому же многие отказавшие узлы и агрегаты через дилеров собираются фирмами-изготовителями техники и отправляются за рубеж, где на специализированных предприятиях осуществляется их ремонт, как правило, с восстановлением изношенных деталей.

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. N 642) указано, что приоритетами и перспективами научно-технологического развития Российской Федерации в ближайшие 10-15 лет является переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Одно из наиболее динамично развивающихся направлений "цифрового" производства является применение аддитивных технологий (АТ) [7]. По данным международной исследовательской компании IDC аддитивная индустрия в 2018-2021 годах продемонстрирует устойчивый рост практически во всем мире. Согласно отчету IDC, объем рынка аддитивного производства в 2018 году составит 12 миллиардов долларов США, что на 20% больше аналогичных показателей 2017 года. По прогнозу IDC к 2021 году глобальные расходы на аддитивное производство вырастут до 20 миллиардов долларов, сохраняя средний годовой темп роста 20,5%. Объем рынка услуг 3D-печати к 2021году вырастет до $5,5 миллиардов [8]. Однако доля России на рынке аддитивных технологий пока невелика – около 1,5%. При ремонте машин возможно использование аддитивных технологий для восстановления изношенных деталей. Сканирование поврежденных комплектующих сборочных единиц при помощи 3D-сканера (реинжиниринг) с последующей компьютерной обработкой и печатью открывает перспективы создания универсальных многофункциональных производственно-ремонтных комплексов. Сканирование существенно увеличивает скорость и точность

восстановления деталей, а также снижает расходы на измерительный инструмент. Одним из перспективных направлений внедрения аддитивных технологий в ремонтное производство, является комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования. Так при дефектации деталей с помощью 3D-сканера возможно определить величину износа поверхности, а с помощью 3D-принтера восстановить изношенную поверхность с учетом неравномерности износа [9]. АТ-технологии позволяют наносить специальные покрытия на такие детали, как гильзы цилиндров, поршневые кольца, кулачковые валы, сёдла клапанов и др. Компания POM (Precision Optical Manufacturing), является разработчиком DMD-технологии. Технология DMD позволяет наносить специальные покрытия на гильзы цилиндров, поршневые кольца, кулачковые валы, сёдла клапанов [7]. Аддитивные технологии для восстановления и упрочнения деталей применяют за рубежом. Лаборатория в Окридже (Oak Ridge National Laboratory) разработала новый процесс 3D-печати для ремонта деталей при ремонте дизельных двигателей. Технология реализована в компании Cummins Inc, производящей дизельные двигатели для мощных машин. Ремонт таких двигателей после пробега в 1,8 млн км представляет собой сложную задачу, требующую затрат времени, иногда с заменой головки цилиндров. Процесс заключается в удалении изношенной части головки и последующей печати высокотемпературного сплава на это место. Износостойкость нанесенного материала выше, чем у материала серийной головки [10]. В России группа компаний ≪Лазеры и Аппаратура≫ разработала установку для лазерной наплавки порошка МЛ7-1. Она может быть использована для ремонта деталей сложной формы. В ФГБНУ ГОСНИТИ (ныне ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) разработали автоматическую 3D -установку для восстановления и упрочнения деталей. Применяется при наплавке, вибродуговом упрочнении, электроискровом легировании деталей в трех плоскостях. Применение аддитивных технологий позволит значительно повысить эффективность технологических процессов производства и технического сервиса сельскохозяйственной техники.

Библиографический список

1. Изменения, которые вносятся в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы. Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 13 декабря 2017 г. № 1544.

2. Национальный доклад. "О ходе и результатах реализации в 2016 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы".– М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2017. 236с.

3. Лялякин В.П. Восстановление деталей машин и механизмов. // Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. 2012. № 5. С.9–11.

4. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Организация и технология восстановление деталей машин. – М.: ФГНУ «Россинформагротех» . 2016.568с.

5. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Инновационные проекты и разработки в области технического сервиса. – М.: ФГНУ Россинформагротех. 2010. 95с.

6. Лялякин В.П., Горячев С.А. Об инновационных ресурсосберегающих центрах восстановления и упрочнения деталей// Техника и оборудование для села. 2011. № 10. С.14-16.

7. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении /М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» . 2015. 220 с.

8. Рынок 3D-печати увеличится в 2018 году на 20% [Электронный ресурс]. - Режим доступа : https://plastinfo.ru/information/news/36310_16.01.2018/. дата обращения 23.03.2018г.

9. Серебреницкий П.П., Тетенькин А.С. Аддитивные технологии в ремонтном производстве // Аддитивные технологии. 2017. № 4. С.52-53.

10. Голубев И.Г. Технология ремонта // Аддитивные технологии. 2017. № 4. С. 6.

УДК 631.3-3-049.35

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ОТ КОРРОЗИИ

***Голубев Михаил Иванович**, кандидат технических наук. доцент секции кафедры МТ-3, ФГБОУ ВО МГТУ им. Н. Э. Баумана, Мытищинский филиал, golubev@mgul.ac.ru*

***Аннотация:** Разработаны методические подходы к выбору консервационных материалов для защиты лесохозяйственных машин машин от коррозии при их хранении с учетом их экологичности. Для снижения себестоимости и повышения экологичности консервационных составов целесообразно использовать в качестве сырья отходы производства растительных масел, а в качестве растворителя отработанные минеральные масла. Концентрацией отходов производства растительных масел в композиции можно управлять стоимостью и экологичностью консервационного состава.*

***Ключевые слова:** лесохозяйственные машины, хранение, коррозия, консервационные материалы, выбор, критерий, экологичность.*

***Abstract:** Methodological approaches to the choice of conservation materials for the protection of forestry machines from corrosion during storage, taking into account their environmental friendliness, have been Developed. For reduction of Prime cost and increase of environmental friendliness of conservation structures it is*

expedient to use as raw materials waste of production of vegetable oils, and as a solvent the fulfilled mineral oils. The concentration of vegetable oil production waste in the composition can be controlled by the cost and environmental friendliness of the preservation composition.

***Key words**: forestry machines, storage, corrosion, conservation materials, selection, criterion, environmental friendliness.*

Для охраны, защиты и воспроизводства лесов используются различные лесохозяйственные машины, в том числе лесные плуги, бороны, культиваторы, сажалки, сеялки, опрыскиватели. Эффективность их использования (коэффициент технической готовности, простои) во многом определяется функционированием системы технического обслуживания и ремонта техники (СТОИРТ), элементом которой является хранение машин и их защита от коррозии. Наиболее эффективное хранение машин обеспечивается в закрытых помещениях предприятий. Однако около 60 % парка лесохозяйственных машин хранится на открытых площадках. Из-за ограниченных экономических возможностей во многих лесохозяйственных организациях имеются случаи несоблюдения правил хранения машин и низкого качества выполнения работ по противокоррозионной защите. В результате коррозии при хранении машин и оборудования снижается их долговечность, повышается трудоемкость операций технического обслуживания и ремонта. Наиболее подвержены коррозии зубья звездочек и втулочно-роликовые цепи, резьбовые соединения, рабочие органы почвообрабатывающих машин: лемехи лесных плугов, лапы культиваторов и другие. Из-за коррозии растут расходы на содержание парка машин. Затраты на техническое обслуживание и ремонт рабочих органов почвообрабатывающих орудий в лесохозяйственных организациях составляют от 32 до 78 % стоимости машин [1]. Для защиты машин от коррозии при хранении разработаны различные консервационные составы [2-4]. В последние годы для снижения затрат на противокоррозионную защиту наметилась тенденция использования консервационных составов из отходов [5-7]. В настоящее время для выбора консервационных составов используют различные критерии и методики [8]. Перспективным направлением снижения затрат на противокоррозионную защиту машин при хранении является использование в качестве консервационных составов отработанных моторных масел [6-8]. Базой при создании новых консервационных материалов для противокоррозионной защиты машин при их хранении являются сформулированные требования нормативно-технической документации, в том числе ГОСТ 51-2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения», ГОСТ 27252-87 (ИСО 6749-84) «Машины землеройные. Консервация и хранение», ГОСТ 9.014-78 «Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования». В основу разработки перспективных консервационных материалов должна быть положена следующая система требований: достаточная долговечность, экономичность, технологичность использования материалов, возможность управлять уровнем защитной эффективности, простота технологии расконсервации (удаления консервационного материала после хранения),

экологичность. Анализ критериев эффективности консервационных составов, показал, что они недостаточно учитывают их экологичность. Основное условие экологической чистоты – отсутствие в консервационном составе опасных токсичных компонентов. При хранении машин на открытых площадках они смываются с поверхности машин под действием атмосферных осадков. Следует отметить, что этому критерию в последние годы уделяется приоритетное внимание. Перспективным направлением представляется внедрение модели экологического нормирования с учетом концепции наилучшей доступной технологии (НДТ). Наилучшая доступная технология - технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения [9]. В российском законодательстве создана правовая основа стимулирования экологической модернизации экономики. Основополагающими актами в этой области являются: Федеральный закон от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации»; распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2014 г. № 398-р, утверждающее «Комплекс мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий». В соответствии Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31 марта 2015 года № 665 для определения наилучших доступных технологий, разработанные технологии оцениваются на соответствие таким критериям как наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду [10]. При определении технологии в качестве НДТ необходимо оценить возможное (вероятное) изменение (снижение) удельных значений эмиссий (выбросов/сбросов/отходов) и связанных с этих рисков их негативного воздействия на окружающую среду после внедрения технологии.

В соответствии с предлагаемой методикой перспективными компонентами защитных материалов могут быть некондиционные продукты растительного происхождения, одно из основных достоинств которых, помимо решения экологических проблем, заключается в относительной дешевизне и быстрой возобновляемости [8].

Для повышения эффективности противокоррозионной защиты машин необходимы составы с низкой себестоимостью и высокой экологичностью, которые обеспечивают необходимую долговечность. Поэтому для снижения себестоимости и повышения экологичности консервационных составов целесообразно использовать в качестве сырья отходы растительных масел, а в качестве растворителя отработанные минеральные масла. Концентрацией отходов производства растительных масел в композиции можно управлять стоимостью и экологичностью консервационного состава.

С учетом предложенного критерия, рациональным составом в регионе

будет являться состав, который будет удовлетворять требованию

$$C_{KCi} \Big/ K_{ДБ} \cdot K_{AP} \rightarrow \min,$$

где $C_{ксi}$ – удельная себестоимость i-композиции консервационного состава, руб./кг;

$К_{ДБ}$ – рациональная защитная способность консервационного состава для базового региона при максимальной концентрации отходов производства растительных масел в композиции, определяемая экспериментально;

$К_{АР}$ – коэффициент коррозионной агрессивности региона, определяемый как отношение скорости коррозии в регионе к скорости коррозии базового региона.

Для анализа коррозионных процессов при эксплуатации машин можно использовать математические модели, устанавливающие связь между скоростью атмосферной коррозии и параметрами среды.

На основании полученной формулы можно создавать различные экологичные композиции консервационных составов в зависимости от скорости коррозии в регионе.

Библиографический список

1. Быков В.В., Голубев М.И. Мониторинг условий хранения машин лесного хозяйства // Наука в центральной России. 2014. № 3(9). С. 14-18.

2. Гайдар С.М., Низамов Р.К., Гурьянов С.А., Голубев М.И. Теория и практика создания ингибиторов атмосферной коррозии // Техника и оборудование для села. 2012. № 4. С. 8-10.

3. Гайдар С.М. Технология хранения сельскохозяйственной техники // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2017. 2016 с.

4. Гайдар С.М. Теория и практика создания ингибиторов коррозии для консервации сельскохозяйственной техники // Монография. – М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2011. 304 с.

5. Черноиванов В.И., Северный А.Э., Зазуля А.Н**.** Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве // М.: ГОСНИТИ. 2010. 266 с.

6. Gaidar S. M., NizamovR. K., Golubev M. I. Conception of corrosion inhibiting factors creation with the usage of nanotechnological approach // Scientific Israel – Technological Advantages. 2012. Vol. 14. № 3. S. 88-91.

7. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Зазуля А.Н. и др. Научные основы и практика создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработанных нефтяных масел и растительного сырья // Тамбов: Изд-во Р.В. Першина. 2012. 325 с.

8. Голубев М.И. Методические подходы к выбору консервационных материалов для противокоррозионной защиты лесных машин при их хранении// В сборнике: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК //Материалы IX Международной научно-практической конференции "ИнформАгро-2017". 2017. С. 517-521.

9. ПНСТ 22-2014. Наилучшие доступные технологии. Термины и определения. – М.: Стандартинформ. 2014. 12с.

10. Методические рекомендации по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии. Утверждены приказом Минпромторга России 31 марта 2015. № 665.

УДК 621.3.035.183

НАНОПРЕПАРАТ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ОТ КОРРОЗИИ

***Быкова Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, bykeleva@mail.ru*

***Аннотация**. Приведены результаты применения перфторированного нанопрепарата (ПФНП) для модификации лакокрасочных материалов, доказана его эффективность защиты почвообрабатывающих машин от коррозии.*

***Ключевые слова:** нанопрепараты, лакокрасочные материалы, модификаторы ЛКМ, диспергаторы, эмали алкидные, качество эмалей.*

***Abstract:** In the Article were presented the Results of Using of Nanopreparation as Dispersant Additive for Organic Contained Varnish and Paint Materials.*

***Key words:** Varnish and Paint Materials, Modification of Varnishes and Paints, Dispersant Additive, Alkyd-Enamel, the Quality of Enamels.*

Цель исследования. Безотказность сельскохозяйственной техники является условием эффективного производства сельскохозяйственной продукции. Особенностью сельскохозяйственного производства является сезонность выполнения работ. Сельскохозяйственная техника эксплуатируется не более 300 часов в год, но в жёстких условиях окружающей среды, запылённости, воздействия агрохимикатов. В остальное время техника находится на хранении, подвергаясь действию осадков, солнечной радиации, ветровых и снежных нагрузок. Для защиты поверхностей техники применяются лакокрасочные покрытия (ЛКП). Улучшение свойств ЛКМ, предусматривающее замену плёнкообразователя – сложная и дорогостоящая задача. Доказано, что внесение нанодобавок в ЛКМ значительно изменяет их свойства. Для достижения нужных свойств достаточно ввести в ЛКП незначительное количество специальных веществ – наномодификаторов. Для этого разработан эффективный нанопрепарат – перфторированное соединение, представляющее собой продукт конденсации аминоспиртов, борной кислоты и жирных кислот.

Методика исследования. Для исследования смачивающих и диспергирующих свойств нанопрепарата были приготовлены образцы эмалей ПФ-115 белой по стандартной рецептуре (контрольный образец) и по

стандартной рецептуре с добавлением 0,3% нанопрепарата от массы ЛКМ (опытный образец). Образцы готовили в мельнице, охлаждаемой в процессе перетира проточной водопроводной водой. Двуокись титана РО-2 (ГОСТ 9808-84) и цинковые белила БЦО (ГОСТ 202-84) диспергировали в лаке ПФ-060 (ТУ 6-10-612-76), изготовленном на опытном заводе ОАО «НПФ «Спектр ЛК». Лак ПФ-060 представлял собой раствор пентафталевой смолы, модифицированной жирными кислотами растительных масел. Растворитель – смесь уайт-спирита с ксилолом в соотношении 1:1. Доля нелетучих веществ лака составляла 54%. Сиккатив ЛБ-2 вводили в готовую эмаль по достижении необходимой степени перетира. В образцах определяли: время диспергирования до степени дисперсности 25 мкм; степень диспергирования; условную вязкость; массовую долю нелетучих веществ; скорость оседания; структурно-механические свойства дисперсий. Для определения цвета, внешнего вида и блеска покрытий образцы контрольной и опытной эмали разбавляли уайт-спиритом до условной вязкости 28-30 с по вискозиметру ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм и наносили краскораспылителем на стеклянные пластинки, подготовленные по ГОСТ 8832-76. Для определения цвета покрытий разбавленные эмали наносили на бумагу «ватман». Сушка покрытий и толщина слоя соответствовали ГОСТ 6465-76 «Эмали ПФ-115. Технические условия». Оценку структурно-механических свойств эмалей проводили на реовискозиметре № 2744 ф. Brabender (Германия) с использованием системы с коаксиальными цилиндрами (измерительная система А1). Термостатирование измерительной системы осуществляли ультратермостатом $U15^{C}$ № 13115 (Германия). Массовая доля нелетучих веществ в эмалях при определении структурно-механических свойств составляла (57±0,5)%.

Результаты испытаний. Сравнение эмалей представлено в таблице 1.

Таблица 1

Результаты сравнительных испытаний модифицированных эмалей

Показатели	Норма по ГОСТ 6465-76	Результат определения для экспериментальных образцов эмали ПФ-115 белой	
		котрольный	опытный
Степень перетира, мкм	Не более 25	25	25
Время диспергирования до степени перетира 25 мкм, мин	Не нормируется	30	20*
Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм при температуре (20±0,5)ºС, с	80-120	120	120
Массовая доля летучих веществ, %	62-68	62	62
Степень разбавления до вязкости 28-30 с по ВЗ-246, %	Не более 20	17,5	18,1
Расслаивание разбавленных эмалей, мл, через 24 часа	Не нормируется	5	4
Цвет (коэффициент яркости) покрытий, %	Не нормируется	79,7	80,0

Блеск покрытий по фотоэлектрическому блескомеру, %	50-60	60	65

*Примечание: За время диспергирования 30 мин степень перетира для опытного образца эмали ПФ-115, содержащего нанопрепарат, достигла 20 мкм.

Испытания показали, что введение нанопрепарата в эмаль ПФ-115 в количестве 0,3% от массы ЛКМ, сокращает время диспергирования до степени 25 мкм, повышает блеск покрытия, не снижает его яркость.

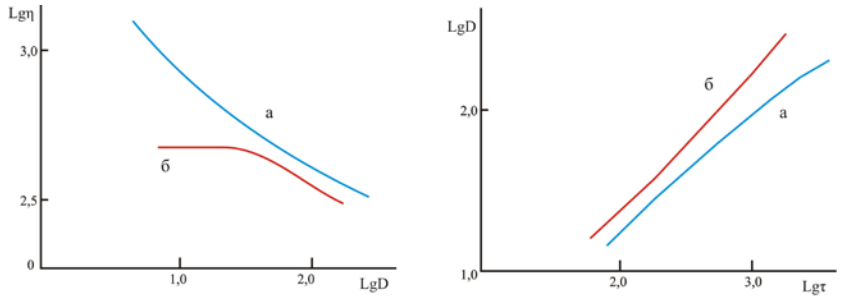


Рис.1. **Кривые зависимости lgη – lgD и lgD – lgτ для эмали ПФ-115**
со стандартной рецептурой (а) и для ПФ-115 с нанопрепаратом (б)

На рис.1 представлены зависимости вязкости (η) от скорости сдвига (D) и скорости сдвига (D) от напряжений сдвига (τ) контрольного образца эмали ПФ-115 (а) и опытного образца с нанопрепаратом (б). Вязкость контрольного образца выше, чем вязкость опытного. Вязкость контрольного образца с увеличением скорости сдвига снижается. Для опытного образца четко виден участок кривой, характеризующий ньютоновское течение жидкости, т.е. неизменность вязкости при приложении напряжений сдвига. При дальнейшем увеличении скорости сдвига структура опытного образца начинает разрушаться и вязкость дисперсии снижается. О подвижности структуры модифицированного образца ПФ-115 свидетельствуют более низкие напряжения сдвига при одной и той же скорости сдвига по сравнению с контрольным образцом.

Более заметные различия в структуре двух образцов можно наблюдать на кривых lgη – lgD в цикле «нагружение-отдых» (рисунок 2).

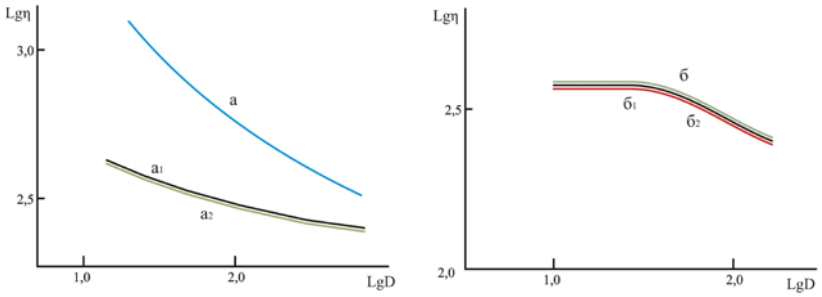


Рис. 2. **Кривые зависимости lgη – lgD до и после цикла «нагрузка-отдых»**
для эмали ПФ-115 со стандартной рецептурой ($а_1$ – отдых 2 часа, $а_2$ – отдых сутки) и для эмали ПФ-115 с нанопрепаратом ($б_1$ – отдых 2 часа, $б_2$ – отдых сутки)

У контрольного образца эмали восстановление структуры ЛКМ не происходит ($а_1$ – отдых 2 часа, $а_2$ – сутки). Об этом свидетельствует наличие гистерезиса кривых lgη – lgD контрольной эмали. Аналогичные кривые для опытного образца эмали ($б_1$ – отдых 2 часа, $б_2$ – сутки) подтверждают полную тиксотропность ЛКМ с нанопрепаратом [1-3]. Таким образом, проведенные исследования показали, что применение перфторированного нанопрепарата в алкидных эмалях, позволяет получить ЛКМ и покрытия на их основе с высокими эксплуатационными и декоративными свойствами.

Библиографический список

1. Пучин Е.А., Гайдар С.М. Хранение и противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники: учеб. пособ. – М.: ФГНУ «Росинформагротех»., 2011. 512 с.

2. Гайдар С.М., Быкова Е.В. Применение наномодификатора в качестве эмульгирующей добавки для органоразбавляемых лакокрасочных материалов // Техника и оборудование для села. 2016. № 4. С. 39-40.

3. Гайдар С.М., Быкова Е.В., Карелина М.Ю. Перспективы использования лакокрасочных материалов, модифицированных фторсодержащими поверхностно-активными веществами, для защиты сельхозтехники // Техника и оборудование для села. 2015. № 7. С. 34-38.

УДК 547.6, 62-2

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ В ДЕТАЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

***Дорохов Алексей Семенович**, член-коор. РАН, доктор технических наук, профессор РАН, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Dorokhov@rgau-msha.ru*
***Свиридов Алексей Сергеевич**, инженер, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Svirdef4@ya.ru*

***Аннотация.** В статье приведены перспективные направления применения полимерных материалов в АПК, рассмотрены некоторые виды деталей и методика их изготовления по технологии быстрого прототипирования.*

***Ключевые слова:** полимер, зубчатое колесо, технология FDM*

***Abstract.** In the article of the given perspective directions of the use of polymeric materials in the agroindustrial complex, some types of details and methods for their preparation on the basis of rapid prototyping technologies are considered.*

***Keywords:** polymer, cogwheel, FDM technology*

Известно, что машиностроительное производство является одним из основных потребителей различных видов сырья, в том числе полимеров, потребность в применении которых увеличивается с каждым годом. Все чаще

они заменяют металлы.

Широкое применение полимеры нашли в таких отраслях машиностроения, как приборостроение, авиастроение, автомобилестроение. В сельхозмашиностроении долгое время полимеры не были достаточно распространены, что связано с условиями эксплуатации, технического сервиса и особенностей производства техники для АПК. С появлением новых технологий изготовления деталей из полимерных материалов, например, 3D-печати, их применение именно в области сельскохозяйственного машиностроения становится особенно актуальным.

Полимеры являются универсальными синтетическими материалами с особыми физико-механическими, химическими, термическими и другими свойствами (таблица 1). Некоторые виды полимеров обладают повышенной прочностью, другие – гибкостью, сопротивлению на излом, химической нейтральностью и т.д [1].

Таблица 1

Свойство	**Полимеры (нейлон)**	**Композиты (стеклопластики)**	**Стали (Ст0-Ст6)**
Масса (сравнительный показатель)	Легкий	Легкий	Тяжелый
Электропроводность	Диэлектрик	Диэлектрик	Электропроводящий
Радиопрозрачность	Да	Да	Нет
Коррозионная стойкость	Отсутствие коррозии	Отсутствие коррозии	Коррозируют
Щелоче/кислотостойкость	Высокая	Высокая	Средняя
Относительное удлинение	300-350%	2,8%	12-34%
Теплопроводность, Вт/(м·град)	0,17-0,53	0,3-0,47	0,52-0,74
Легкость обработки (формовки)	Средняя	Высокая	Средняя
Экологичность	Средняя	Высокая	Высокая

Полимеры – это неорганические и органические, аморфные и кристаллические вещества, состоящие из «мономерных звеньев», соединённых в длинные макромолекулы химическими или координационными связями.

Полимеры в качестве химических веществ могут: образовывать новые химические связи между молекулами; образовывать новые связи между отдельными звеньями молекулы; присоединять боковые звенья к основной цепочке молекул; распадаться на отдельные мономеры.

Полимеры существуют в различных агрегатных состояниях: в виде тягучей жидкости (смазки, клеи, лаки и краски, герметики), в виде эластичных материалов (резина, силикон, эластомеры, поролон) и в виде твердых пластиков (полиэтилен, полипропилен, поликарбонат и др.)

Рассмотрим перспективные направления применения пластиков при производстве сельскохозяйственной техники.

Такие виды пластика, как Nelon, SBS, PEEK, Total, ABS/PC, обладают повышенной прочностью и могут применяться при производстве зубчатых

колес (рисунок 1).

В основу конструирования и расчета зубчатых передач с полимерными деталями положены известные методы, применяемые для металлических зубчатых передач [2]. При этом существуют отличия при расчете, обусловленные свойствами материала.

Полимерные зубчатые колеса по конструктивному оформлению разделяются на цельнополимерные и армированные.

Цельнополимерные зубчатые колеса получают путем литья под давлением при 80-140 МПа на литьевых машинах поршневого или винтового типа, имеющих высокую степень механизации и автоматизации. Литьевые машины осуществляют дозирование гранулированного материала, перевод его в вязкотекучее состояние, впрыск дозы расплава в литьевую форму, выдержку в форме под давлением до полного затвердевания или отверждения, размыкания формы и выталкивания готового изделия.

Армированные зубчатые колеса получают путем внесения в полимерный материал различных присадок, таких как углеволокно, стекловолокно и др. Они повышают свойства материала и делаю его устойчивым к воздействию различных факторов.

Выбор конструкции полимерного зубчатого колеса в каждом случае должен быть обоснован расчетными методами и проверен экспериментально.

Особенностью применения пластиков для изготовления зубчатых колес является их повышенная гигроскопичность. В результате взаимодействия с жидкостями или средой с повышенной влажностью сырье и готовые детали набухают. Эта проблема требует дополнительных исследованиях. Одним из путей ее решения является подбор или изменение зазоров в соединениях с учетом изменения линейных размеров детали при набухании. Другое решение заключается в улучшении свойств полимеров.

Рис. 1. **Зубчатое колесо, выполненное 3D-печатью из ABS/PC-пластика**

Рис. 2. **Части режущего инструмента, выполненные из сверхпрочных пластиков**

Еще одним примеров применения полимеров является изготовление режущего инструмента (рисунок 2). Так, развитие новых технологий привело к появлению сверхпрочных полимеров, например, PEI, PAI, PSU, PI, PPSU, приближающихся по прочности к свойствам алмаза. Следует отметить, что эффект этот наблюдается только при краткосрочной эксплуатации, что, однако, не снижает интереса к исследованиям в этом направлении [3].

Широкое применение полимеров дает возможность значительно снизить массу машин, применяемых в АПК, что может способствовать снижению эксплуатационных расходов без потери необходимых качеств или с их улучшением. В перспективе возможно замещение пластиковыми деталями порядка 400…500 кг на одну единицу тракторной техники, при этом платиковые детали будут иметь массу порядка 70…80 кг.

При изготовлении из полимерных материалов конструкционных элементов можно отметить ряд следующих преимуществ: высокая износоустойчивость при работе со стальными изделиями, низкий уровень шума при работе, для некоторых материалов – отсутствие необходимости в смазке, химическая устойчивость и т.д.

Технологий изготовления деталей из полимеров достаточно много. Одной из перспективных является FDM или технология аддитивного производства, широко используемая в промышленном производстве. К ее существенным преимуществам можно отнести возможность быстрого, в пределах малой серии, изготовления деталей сложной формы без применения литейных форм. Технология FDM подразумевает создание тела детали путем последовательного нанесения слоев материала, повторяющих контур цифровой модели, выполненной в САПР-системе [4]. Как правило, в качестве сырья для печати используются термопластики. Для каждой детали есть свой перечень необходимых свойств, который необходимо учитывать при подборе материала для ее изготовления, в связи с этим применяется широкий перечень термопластиков, имеющих различные свойства [5]. Это могут быть как «чистые» термопластики, так и с добавлениями различных присадок: металлического порошка; углепластика и т.д.

Внедрение полимеров и технологии быстрого прототипирования для изготовления из них деталей, применяемых в машинах для АПК, влечет за собой много нерешенных на сегодняшний день проблем, это и отсутствие необходимых свойств материала, и дороговизна оборудования, и высокая трудоемкость изготовления. Технологии быстрого прототипирования для внедрения в производство машин для АПК требуют доработки, но, ввиду очевидных преимуществ, является крайне перспективной.

Библиографический список

1. Федоренко В.Ф., Ерохин М.Н., Балабанов В.И., Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Ищенко С.А. Нанотехнологии и наноматериалы в

агропромышленном комплексе // Научное изд. -М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2011. 310 с.

2. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Карп А.В. Детали машин и основы конструирования // под редакцией М.Н. Ерохина. 2 изд. перераб. и доп. М.: Колос. 2011. 512 с.

3. Федорцов Д.Р. Применение полимеров в машиностроении // Современная техника и технологии. 2014. № 7 [Электронный ресурс]. URL: http://technology.snauka.ru/2014/07/4191 (дата обращения: 10.04.2018).

4. Дорохов А.С., Чепурина Е.Л., Краснящих К.А., Катаев Ю.В., Вялых Г.М. Выполнение чертежей с использованием системы «Компас-3D» // М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2016. 76 с.

5. Краснящих К.А. Совершенствование технологии входного контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники в условиях технического сервиса: дис. канд. техн. наук: 05.20.03 // Краснящих Константин Александрович. – М, 2013. 217 с.

УДК 621.79

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ АПК ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКОЙ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИСАДОК

***Коннов Андрей Юрьевич**, инженер кафедры технологии металлов и ремонт машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, konnov87andrei@mail.ru*

***Нафиков Марат Закиевич**, доктор технических наук, профессор кафедры механики и инженерной графики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, nafikovmz@rambler.ru*

***Фархшатов Марс Нуруллович**, доктор технических наук, профессор кафедры технологии металлов и ремонт машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, farshatov.mn.bsau@gmail.com*

***Аннотация.** Приведены результаты экономической эффективности восстановления электроконтактной приваркой комбинированных присадок, изготовленных на основе стальных тканых сеток и металлических порошков, деталей оборудования перерабатывающих отраслей, изготовленных из высоколегированных сталей и работающих в агрессивных средах.*

***Ключевые слова:** вал, комбинированная присадка, металлический порошок, контейнер, электроконтактная приварка.*

***Abstract.** The results of economic efficiency of recovery of the combined additives made on the basis of steel woven grids and metal powders, details of the equipment of the processing branches made of the high-alloyed steels and working in aggressive environments by electrocontact welding are resulted.*

***Keywords:** shaft, combined additive, metal powder, container, electric welding.*

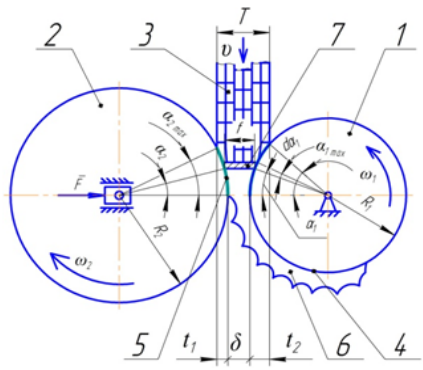
Введение. Детали перерабатывающих отраслей АПК изготавливаются из высоколегированных пищевых сталей марок 12Х18Н10Т и их аналогов, работают в агрессивных средах, являются быстроизнашивающимися, дорогими и дефицитными, поэтому экономически целесообразно их восстанавливать.

Предельный износ поверхностей деталей перерабатывающих отраслей АПК составляет 0,3…0,6 мм. Разработано насколько способов восстановления таких деталей, но наибольшее распространение получил способ электроконтактной приварки (ЭКП) различных присадок. В качестве присадочных материалов применяют металлические порошки и ленты.

Приварка металлических порошков на большие поверхности не нашла широкого производственного применения, из-за потерь присадочного материала во время приварки [1, 2].

Применение стальных лент из коррозионостойких сталей не позволяет получить качественное металлопокрытие с повышенной твердостью, ограничено толщиной ленты до 0,5 мм, а так же в сформированном слое образуются большие остаточные напряжения. Устранение перечисленных недостатков требует дополнительной обработки поверхности, что сказывается на себестоимости восстановления деталей [1, 3].

Нами разработана технология восстановления, позволяющая наносить слой, компенсирующий величину износа детали с необходимой твердостью. Для этих целей предлагается применять комбинированные присадочные материалы на основе многослойных сеток и металлических порошков. Приварка многослойных стальных сеток из стали 12Х18Н10Т ГОСТ 3826-82 позволяет компенсировать величину износа детали. Для повышения износостойкости деталей предлагается использовать комбинированную присадку, в качестве ее основы применяется сетка из нержавеющей стали с размерами квадратных ячеек 0,2 мм, и дополняется композицией порошков из нержавеющих сталей марки 12Х18Н10Т или ее аналогов и серого чугуна фракцией 250-350 мкм.



1 – образец, 2 – наплавляющий ролик-электрод, 3 – присадочные сетки, 4 – контактная площадка со стороны образца, 5 – контактная площадка со стороны ролика-электрода, 6 – металлопокрытие, 7 – элементарная призма.

Рисунок 1 Формирование металлопокрытия многослойной контактной приваркой стальных сеток

Цель исследования – оценить экономическую эффективность применения технологии восстановления изношенных деталей электроконтактной приваркой комбинированных присадок, сравнив ее с ранее предложенной технологией ЭКП стальных лент.

Материалы и оборудование. В Башкирском ГАУ процесс ЭКП стальных сеток осуществляли на наплавочной установке 011-1-02 конструкции ГОСНИТИ. Приваривали

тканые стальные сетки ГОСТ 2715-75 из углеродистых и легированных сталей на цилиндрические образцы диаметром 50 мм из сталей соответствующего химического состава. Диаметр применяемого ролика-электрода был равен 400 мм, ширина его рабочей поверхности $B = 4$ мм. [2, 4]

Расчетная схема. На рисунке 1 показана схема формирования металлопокрытия рассматриваемым способом.

К образцу 1 радиуса R_1 наплавляющим роликом-электродом 2 радиуса R_2 с усилием F прижимаются стальные сетки 3; толщина пакета сеток в недеформированном состоянии T. При прохождении импульса тока присадочный металл разогревается и осаживается, образуя с поверхностями образца и инструмента контактные площадки 4 и 5, длины дуг которых соответственно L_1 и L_2. Ширина площадок обозначена B, центральные углы контактных дуг соответственно α_{1MAX} и α_{2MAX}. Металлопокрытие 6 имеет толщину δ. В присадочном металле выделена элементарная призма 7 шириной f, положение которой определяется углами α_1 и α_2.

По данной расчетной схеме нами была получена формула, позволяющая определить толщину формируемого покрытия

$$\delta = \frac{\gamma \cdot n}{\rho} \qquad (1)$$

Вторым видом присадочного материала использовалась, разработанная нами новая комбинированная присадка, представляющая собой контейнер прямоугольной формы, выполненный из стальной сетки [4]. Внутрь контейнера 1, показанного на рисунке 2, помещаются металлические порошки. Габаритные размеры контейнера A и B соответствуют размерам восстанавливаемой поверхности вала, объем порошка соответствует требуемой толщине металлопокрытия, а размеры частиц порошка 2 превышают просветы ячейки сетки. Высота контейнера, как установлено опытным путем, должна быть приблизительно в 2-2,5 раза больше требуемой толщины металлопокрытия.

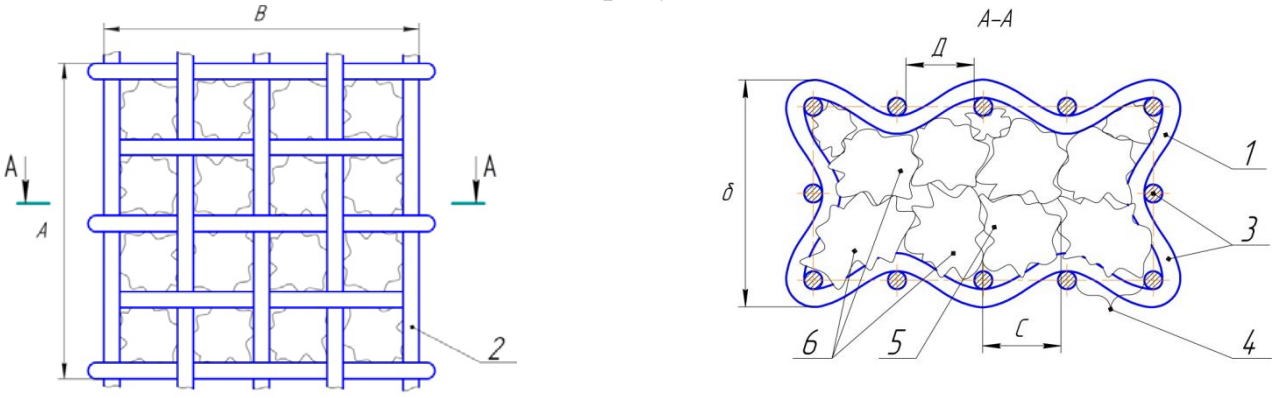


Рис. 2. **Комбинированная присадка**

1 – прямоугольный контейнер; 2 – стальная сетка; 3 – проволоки сетки: 4 – просветы сетки; 5 – металлические гранулы; 6 – металлический порошок.

Контейнер 1 крепится в 2-3 местах на восстанавливаемой поверхности

вала, затем присадка приваривается к валу импульсами тока. Винтовой сварочный шов формируется с 10…15%-ным перекрытием смежных витков. После напекания металлопокрытие механически обрабатывается на требуемый размер.

В наших опытах контейнеры изготавливались из тканой металлической сетки из стали марки 12Х18Н10Т ГОСТ 18143-72 с размерами ячейки 0,25х0,25 мм и толщиной проволоки 0,25 мм. В контейнеры засыпалась смесь металлических порошков фракцией 250-355 мкм. Приварку присадки производили на установке ЭКП 011-1-02 конструкции ГОСНИТИ. Так как просветы сетки меньше размеров гранул металлического порошка, то при приварке таких контейнеров присадочный порошок практически не просыпается и не теряется.

Масса присадочного порошка, необходимого для формирования на изношенной поверхности детали металлопокрытия толщиной δ с показателем пористости $П$ определяется по формуле:

$$M_{\text{ГР}} = (\delta \cdot \pi \cdot D_1 \cdot L - \frac{M_{\text{ПР}}}{\rho_{\text{ПР}}})(1 - П) \cdot \rho_{ГР} \qquad (2)$$

Расчет экономической эффективности. Расчет экономической эффективности технологии восстановления деталей типа «вал» оборудования перерабатывающих отраслей АПК произведен в соответствии с рекомендациями по комплексной оценке эффективности мероприятий [69]. Технологию восстановления деталей электроконтактной приваркой многослойных тканых сеток и комбинированной присадки сравниваем с приобретением новых деталей и восстановлением с помощью ЭКП стальных лент.

Такую эффективность можно оценить годовым экономическим эффектом по формуле[1, 2, 5]:

$$Э_г = \left(\left(\frac{C_1 + E \times K_1}{N_{Г1} \times T_{сл1}} \right) - \left(\frac{C_2 + E \times K_2}{N_{г2} \times T_{СЛ2}} \right) \right) N_{г2} \times T_{сл2} \ , \qquad (3)$$

где C_1 – стоимость новой детали, руб.;

C_2 – себестоимость восстановления по предложенной технологии, руб.;

$N_{г1}$ – годовое количество приобретаемых новых деталей, шт.;

$N_{г2}$ – годовая программа восстановления деталей по предложенной технологии, шт.;

$T_{сл1}$ и $T_{сл2}$ – соответственно сроки службы новой и восстановленной детали, ч.;

K_1 и K_2 – капитальные вложения на приобретение или модернизацию оборудования для восстановления деталей, руб.;

На основе экспериментальных и теоретических исследований, литературного обзора можем принять несколько упрощений. Капитальные затраты на модернизацию оборудования будут незначительными и сильно не повлияют на себестоимость восстановления $K_1=K_2$. Срок службы восстановленной детали, как правило, равен новой детали $T_{сл1}=T_{сл2}$, $N_{г1}=N_{г2}$.

Тогда формула 4 примет вид:

$$Э_г=(C_1-C_2)N_{г2}, \quad (4)$$

Себестоимость восстановления деталей складывается из стоимости используемых материалов, расходов ресурсов (электроэнергия, вода), заработной платы, накладных ресурсов. Себестоимость восстановления определяется по формуле:

$$C_в=C_м+C_э+C_з+C_н; \quad (5)$$

где $C_м$ – стоимость присадочных материалов, руб.;

$C_э$ – затраты на электроэнергии, руб.;

$C_з$ – оплата труда работникам, руб.;

$C_н$ – прочие и накладные расходы, руб.

По результатам проведенных исследований определено, что на восстановление одного плунжера фирмы «Альфа-Лаваль» площадью поверхности 157х350 мм требуется 0,263 кг порошка из стали марки 12Х18Н10Т стоимостью 1080 руб./кг и 0,11 м^2 тканой металлической сетки того же химического состава стоимостью 817,7 руб./м^2. Зная стоимость можно определить затраты на материалы:

$$C_м = \sum(G_i \times Ц_i), \quad (6)$$

где G_i – расход присадочного материала, кг.;

$Ц_i$ – цена материала, руб./кг.

$$C_м^{кп} = 0,263\times1080+0,11\times817,7=373,99, \text{ руб.}$$

В случае восстановления поверхности детали многослойными сетками учитываются только затраты на сетку стоимостью 721 руб./м^2.

$$C_м^{с} = 0,244\times721=175,9 \text{ руб.}$$

Результаты расчетов затрат на материалы, электроэнергию и заработную плату представлены в таблицах 1.

Таблица 1

Информация о стоимости материалов для восстановления плунжеров гомогенизаторов Alfa-Laval SHL-20 и А1-ОГМ.

№ п/п	Марка оборудования	Стоимость материалов и ресурсов для восстановления одного плунжера гомогенизатора, руб.	
		Комбинированная присадка	Многослойная тканая сетка
1	Alfa-Laval SHL-20 (Швеция)	373,99	175,9
2	К5-ОГА-1,2, А1-ОГМ (Россия)	135,05	63,33
3	Затраты на электроэнергию	12,35	
4	Заработная плата с начислениями	145,91	
5	Накладные и прочие расходы	291,82	

Определена себестоимость восстановления одной детали с помощью ЭКП многослойных сеток и комбинированной присадки и посчитан экономический эффект восстановления комплекта плунжеров гомогенизатора. Результаты представлены в таблице 2.

Рассчитаем по формуле (4) экономический эффект от восстановления электроконтактной приваркой комбинированной присадки комплекта

плунжеров гомогенизатора Alfa-Laval SHL-20 при среднерыночной цене одного плунжера 21500 рублей и гомогенизатора К5-ОГА-1,2 – 2800 руб. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Себестоимость восстановления плунжера гомогенизатора и экономический эффект от восстановления по предложенной технологии.

Марка оборудования	Себестоимость восстановления одного плунжера, руб.		Стоимость новой детали, руб.	Экономический эффект восстановления комплекта из 3 плунжеров, руб.	
	Комб. присадка	Многослойная сетка		Комб. присадка	Многослойная тканая сетка
Alfa Laval SHL-20	824,07	625,98	21500	62027,79	62622,06
К5-ОГА-1,2; А1-ОГМ	585,13	513,41	2800	6644,61	6859,77

ВЫВОДЫ

1. Предложенные формулы расчета толщины формируемого металлопокрытия приваркой многослойных тканых сеток и расхода присадочного порошка при изготовлении комбинированной присадки на практике позволяют эффективно расходовать дорогие присадочные материалы.

2. Из-за большой стоимости новых деталей высокий экономический эффект наблюдается при восстановлении комплекта из 3-х плунжеров гомогенизатора Alfa-Laval SHL-20 (Швеция) и составляет 62022,15 рублей. При восстановлении отечественных деталей гомогенизатора А1-ОГМ5 (Россия) - экономический эффект менее выражен и составляет 6638,97 рублей.

3. Технологический процесс восстановления деталей ЭКП внедрен в ГУСП совхоз «Рощинский» и ОАО «Белебеевский Ордена «Знак Почета» молочный комбинат» с общим годовым экономическим эффектом в 83…95 тысяч рублей, при программе 35…40 деталей в год.

Библиографический список

1. Долгашев, В.В., Совершенствование технологии восстановления плунжеров гомогенизаторов молока: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.20.03 / Долгашев Вадим Викторович; [Место защиты: Азово-Черноморс. гос. агроинженер. акад.] Количество страниц: 19 с. -9 08-1/3035.

2. Лебедев А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: монография. Ставрополь. 2012. 376 с.

3. Сайфуллин Р.Н. Повышение эффективности технологии восстановления деталей электроконтактной приваркой порошковых материалов // диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Башкирский государственный аграрный университет. Уфа, 2010.

4. Загиров И.И. Оценка технико-экономической эффективности восстановления валов сельскохозяйственной техники приваркой проволокой // В сборнике: Инновационно-промышленный салон. Ремонт. Восстановление. Реновация Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Башкирский государственный аграрный университет. 2011. С. 70-71.

5. Бурак, П.И. Экономическая оценка проектных решений восстановления деталей электроконтактной приваркой биметаллических материалов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2011. № 5 (50). С. 63-67.

УДК 631.173.2

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ РЕМОНТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МАШИН В АПК

***Апатенко Алексей Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, a.apatenko@rgau-msha.ru*

***Мирошки Дмитрий Петрович**, преподаватель ГБПОУ Колледж автомобильного транспорта № 9, dmitrymiroshkin13@gmail.com*

***Аннотация.** Отмечено, что современные подходы при выборе эффективных методов ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК характеризуются инвариантным множеством перспективных аспектов.*

Выделено и проанализировано три значимых подхода: во-первых, организация эффективных методов ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК на основе концепта сетевых графов.

Во-вторых, последовательное внедрение при осуществлении ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК принципа «критическая цепь».

В-третьих, внедрение практики перехода от планово-предупредительного ремонта к диагностике технического состояния.

***Ключевые слова:** ремонт, сетевой граф, обслуживание, эффективность.*

***Abstract.** It is noted that modern approaches in selecting effective methods of repair and technical influences for technological complexes of machines in the agroindustrial complex are characterized by an invariant set of promising aspects.*

Three important approaches are identified and analyzed: firstly, the organization of effective methods of repair and technical impacts for technological complexes of machines in the agroindustrial complex based on the concept of

network graphs. Secondly, consistent implementation of the principle of "critical chain" in the implementation of repair and technical influences for technological complexes of machines in the agroindustrial complex.

Thirdly, the introduction of the practice of transition from preventive maintenance to diagnosis of technical condition.

Keywords: *repair, network graph, maintenance, efficiency.*

Современные подходы при выборе эффективных методов ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК характеризуются инвариантным множеством перспективных аспектов. Вместе с тем, с нашей точки зрения, говоря о некотором концептуальном комплексном подходе, допустимо, кроме прочего, выделить три обособленных подхода.

- Во-первых, организация эффективных методов ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК на основе концепта сетевых графов.
- Во-вторых, последовательное внедрение при осуществлении ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК принципа «критическая цепь».
- В-третьих, внедрение практики перехода от планово-предупредительного ремонта к диагностике технического состояния.

Рассмотрим данные подходы в выше перечисленной последовательности.

Современные подходы при выборе эффективных методов ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК требует наличия общей принципиальной схемы, в качестве которой эффективна модель сетевого графа.

Что представляет собой сетевой граф?

Фактически, это специфическая модель производственного (рассматривая данный термин в самом широком аспекте- менеджмент, организация ремотно - технических работ, логистика и пр.) процесса, которая позволяет синхронизировать все многообразие работе, процессов, процедур.

Сетевой граф – это механизм, позволяющий «свести воедино» все работы с учетом значимых детерминант (факторов): времени, затраты ресурсов, стоимость работ при нивелировании (минимизации уровня напряженности) узких мест, которые могут быть неизбежны при реализации ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК.

Как могут быть полезны сетевые графы?

Во-первых, их использование позволяет максимально эффективно осуществлять управление всеми категориями ресурсов, что позволяет достигать ситуации, когда не профицита, не дефицита таковых не возникает.

Во-вторых, сетевой граф – при верном его «построении и реализации» – позволяет оптимизировать «путь»: если возникает некоторый дисбаланс событий, то менеджмент может оперативно осуществить сокращение продолжительности критических работ при реализации ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин сельскохозяйственного

назначения

В-третьих, использование промежуточных событий инспирирует инвариантность дальнейшей динамики. Это позволяет начальникам ремонтных цехов в режиме реального времени – то есть в режиме максимальной оперативности – осуществлять управления ремонтно. В целом сетевые графы – это уникальный механизм, логическая схема, последовательность исполнения этапов событий которой позволяет:

- контролировать все стадии ремонтно-технических воздействий и их своевременность;
- оптимизировать использования всех категорий ресурсов, и, как следствие, регулировать итоговую стоимость ремонтно-технических мероприятий.

Вторым – в рамках принятой в статье условной нумерации подходом при осуществлении ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК рассмотрим последовательное внедрение принципа «критическая цепь», который, в некоторой степени, есть логическое продолжение методологии сетевых графов.

Цель использования рассматриваемой методологии состоит в расчетах по зависимостям ресурсов, рискам, неопределённостям.

Охарактеризуем основные аспекты, определяющие эффективность внедрения метода критической цепи в рамках реализации эффективных методов ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК отметив следующие аспекты.

Во-первых, однозначное определение некоторого «критического срока» как даты, к которой все производственные процессы должны быть завершены, а готовые изделия (либо детали, узлы и пр.) должны пройти все соответствующие «испытания», приемо-сдаточные процессы, а также утверждения и согласование.

Во-вторых, целесообразно осуществить однозначное определение круга ремонтно-технических процессов, которые могут реализовываться в параллельном режиме достижение которых может осуществлять параллельно.

Кроме этого, важным представляется реализовать для каждого соответствующего вида ограниченного ресурса систему дополнительных «ресурсных связей».

В-третьих, необходимо формирование некоторой критической цепи как критического пути ремонтно-технических (с точной дифференциацией процессов и дат их реализации (завершения)), детерминированного многообразием ресурсных связей, последовательностью задач, не располагающих дополнительным временным запасом.

Именно на данном этапе целесообразно однозначным образом определить «точки», несвоевременное достижение которых вызывает срыв реализации всего проекта ремонтно-технических мероприятий в целом.

В-четвертых, важно однозначное определение – в графике производственных процессов – некоторых специальных резервов – так называемых буферов (рисунок 1).

Данная деятельность должна осуществлятся с учетом выполнения всех задач проекта в максимально короткие сроки.

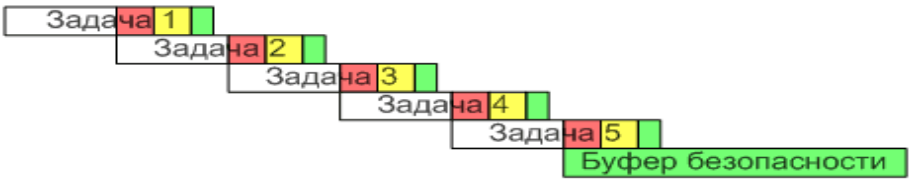


Рис. 1. **Формирование буферов**

Формирование буферов, которые позволяют иметь некоторый временной резерв в практике осуществления ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК.

Пятым этапом является этап контроля. При этом собственно сама практика контроля должна быть системной: обязательным является контроль всех четырех специальных буферов, которые созданы.

Таким образом, практика внедрения рассматриваемой методологии в контексте реализации ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК может быть сведена к выше определенной последовательности практических шагов и мероприятий.

Минимизация оценки длительности выполнения отдельных задач, что можно реализовать либо посредством последовательного уменьшения оценки на 50% либо при реализации метода PERT для каждой задачи.

Оптимизация и выравнивание всего многообразия ресурсов, используемых в проекте.

Принципиальная цель здесь – недопущение возникновения конфликта или нивелирование их последствий. В конечном счете, происходит преобразование критического пути в критическую цепь.

Объединение части резервов длительности сокращенных задач в проектный буфер, который следует оформить на этапе завершения проекта.

Размещение питающих буферов в ключевых точках, где выходы некритических задач являются входами задач на критической цепи [1, 2].

1. Вставка ресурсных буферов в ключевых точках, где целесообразно минимизировать риск недоступности ресурса, необходимого для бесперебойного осуществления ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК .
2. Планировка выполнение задач, у которых отсутствуют предшествующие задачи. Единственный принцип – реализация их как можно позже.
3. Поощрение досрочного выполнения задач.
4. Управлять объемом буферов для возможности реализации – при необходимости – предупреждающих и/или корректирующих действий.

Говоря о некотором третьем, выделенном в рамках статьи аспекте, отметим: современные подходы при выборе эффективных методов ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК

детерминированы расширением практики перехода от планово-предупредительного ремонта к диагностике технического состояния [3].

Отметим, что учёт и контроль затрат ремонтных хозяйств обретает особую значимость в условиях ресурсосбережения: рационализация и оптимизация затрат позволяет последовательно минимизировать все виды издержек и, следовательно, получить некоторое конкурентное рыночное преимущество [4].

Переход от планово-предупредительного ремонта к диагностике технического состояния технологических машин является необходимым условием современной системы функционирования технического сервиса. Обратимся к ниже представленной схеме.

Рис. 2. **Классификация способов организации технического сервиса**

Технический сервис может быть организован как посредством собственной структуры предприятий (задействование службы главного механика агропромышленного предприятия), так и посредством механизма аутсорсинга (то есть привлечением сторонних профильных специалистов) [5, 6].

Выбор всегда и непременно должен основываться на финансовых расчетах и сравнении уровней затрат, необходимых для реализации каждого из вариантов. Если система ППР детерминирована безусловной необходимостью осуществления по истечению некоторого срока капитального ремонта оборудования, то при использовании системы диагноста имеют место первоначальные затраты: необходимо, во-первых, приобрести современных средства и механизмы диагностики, а, во-вторых, осуществить обучение (переобучение) персонала.

Подводя некоторый итог, отметим: современные подходы при выборе эффективных методов ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов машин в АПК требуют, прежде всего, выработки целостного концептуального, всесторонне обоснованного концепта. Важным представляется отметить необходимость достижение синхронного, ритмичного хода ремонтно-технических воздействий для технологических комплексов

машин в АПК, что, в свою очередь, оптимизирует практику планирования и прогнозирования.

Библиографический список

1. Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II // 2-е изд. СПб.: Питер. 2015. 32 с.
2. Элия М. Гольдратт Критическая цепь // М.: Попурри, 2015. 240 с.
3. Апатенко А.С. Повышение эффективности эксплуатации технологических комплексов машин на мелиоративных работах. Дисс. на соискание учёной степени д.т.н. М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. 333 с.
4. Апатенко А.С. Анализ систем ремонтно-профилактического обслуживания технологических машин // Апатенко А.С., Владимирова Н.И.// Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». – М.: 2013. № 1 С.72-76.
5. Черноиванов В.И., Лялякин В.П., Голубев И.Г. Организация и технология восстановления деталей машин. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2016. 568 с.
6. Лялякин В.П., Голубев И.Г. Перспективы восстановления деталей сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2016. № 4. С.41-43.

УДК 620.194.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРЯЖЕНИЙ ПРИ ФРЕТТИНГ-ИЗНОСЕ

***Романов Илья Владимирович**, младший научный сотрудник Центра коллективного пользования «Нано-центр», ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, gosniti8@mail.ru*
***Кудряшова Елизавета Юрьевна**, младший научный сотрудник Центра коллективного пользования «Нано-центр» ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, gosniti8@mail.ru*
***Решетников Егор Олегович**, инженер Центра коллективного пользования «Нано-центр» ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, gosniti8@mail.ru*

***Аннотация**. Приведены исследования в области фреттинг-коррозии, описана модернизация разработанной экспериментальной установки для исследования образцов материалов при фреттинг-корозионном изнашивании.*

***Ключевые слова:** фреттинг, установка, изнашивание, схема, модель, модернизация.*

***Abstract.** Research in the field of fretting corrosion is given, modernization of the developed experimental installation for the study of material samples during fretting-corrosion wear is described.*

***Key words:** fretting, installation, wear, scheme, model, modernization.*

Анализ научно-технической литературы в области фреттинга, фреттинг-коррозии и фреттинг-усталости показывает, что разработанные установки для изучения данного явления довольно узконаправленны с точки зрения применяемого объекта. При этом наиболее часто используются следующие схемы нагружения моделей – схемы типа «вал-втулка»; «сфера-плоскость» и «цилиндр-плоскость». Испытуемые образцы в таких схемах имеют довольно сложную форму для изготовления и повторного воспроизводства для серии экспериментов [1].

В результате выполненного комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, включающих анализ отечественного и зарубежного опыта создания установок исследования образцов материаллов при фреттинг-корозионном изнашивании, а также накопленный опыт в этой области исследования позволило провести разработку в ЦКП «Нано-центр» ФГБНУ ФНАЦ ВИМ установки для испытаний на износ при фреттинге.

Лабораторная установка для исследования образцов материалов при фреттинг-коррозионном изнашивании в первоначальном варианте предполагала работу по мостовой схеме расположения тензодатчиков, где момент силы трения воспринимался упругими тензобалками (балка с тензодатчиком), на которых крепились клеевым методом тензодатчики. Два тензодатчика крепились вместе с неподвижным образцом, а два тензодатчика крепились вместе с подвижным образцом. Сигнал с тензодатчиков поступал на усилитель, а затем осциллограф [2, 3].

Кинематическая схема экспериментальная установка типа МФК-1 приведена на рисунке 1.

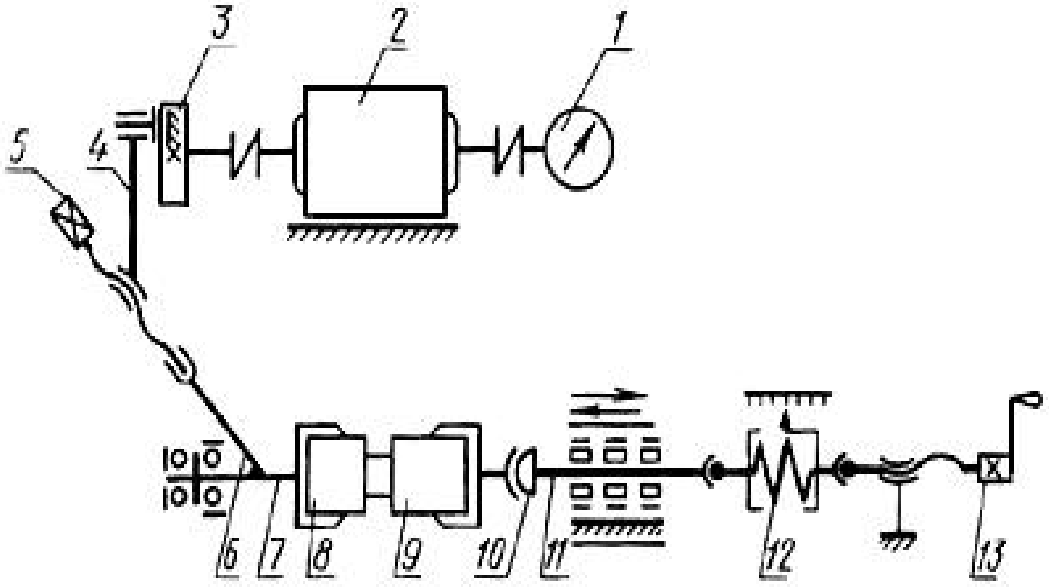


Рис. 1. **Кинематическая схема установки МФК-1**

1 – прибор для регистрации частоты вращения и количества оборотов;
2 – электродвигатель; 3 – эксцентрик с регулируемым эксцентриситетом; 4 – шатун; 5 – подстроечное устройство регулировки амплитуды; 6 – кулиса; 7 – вал; 8 – подвижный образец; 9 – неподвижный образец; 10 – самоориентирующаяся цанга; 11 – подвижная бабка; 12, 13 – нагружающее устройство.

Существенными недостатками приведенной выше схемы являются невысокая точность передачи сигналов, сложность фильтрации сигнала и отсутствие возможности измерения коэффициента трения в процессе эксперимента как основных параметров, характеризующих процесс трения и изнашивания, кроме того существуют недостатки, связанные с подготовкой и обработкой результатов эксперимент – филигранная работа при настройке и работе с установкой, отсутствие возможности перевода значений в цифровой сигнал, отсутствие запасных частей и расходных материалов.

Работы по глубокой модернизации проводились поэтапно:

На первом этапе при помощи компьютерного моделирования используя, использую программу SolidWorks была выполнена 3-D модель установки, которая представлена на рисунке 2, произвели моделирование процесса проведения испытаний, проанализировали работу основных функциональных узлов испытательной машины.

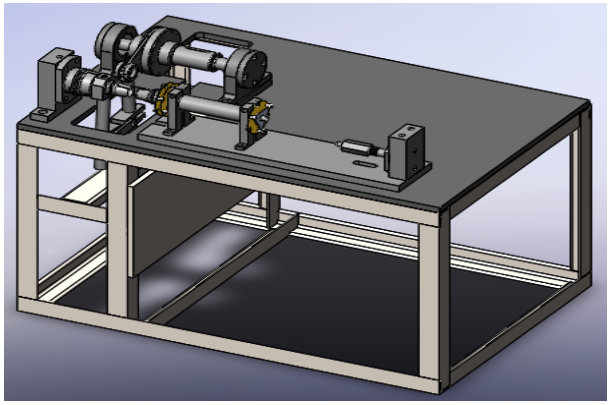


Рис. 2. **3-D модель модернизируемой установки**

На втором этапе осуществили подбор материалов, необходимых для модернизации, определена принципиальная электрическая схема силоизмерительного датчика (рисунок 3), разработали способ установки силоизмерительного устройства по средствам разработанного кронштейна (рисунок 4) и метод передачи информации на компьютер.

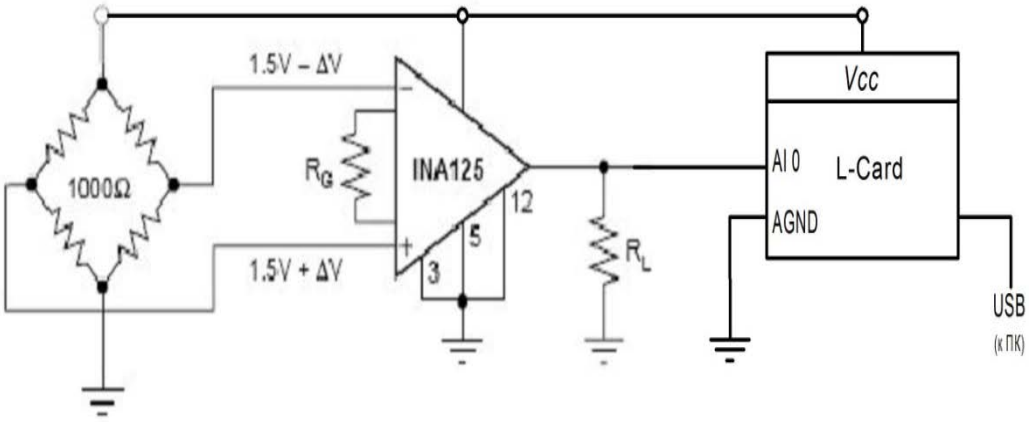


Рис. 3. **Принципиальная электрическая схема датчика контроля силы трения на установке для испытаний на износ при фреттинге**

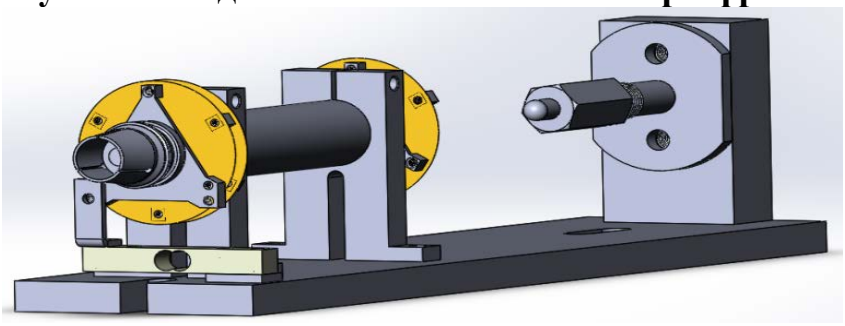


Рис. 4. **Модернизированный узел**

В разработке используется мостовая схема подключения (рисунок 5), которая позволила значительно повысить точность регистрации и измерения сигнала (силы трения) за счет применения тензодатчика консольного типа сопротивлением 1000 Ом – TAL 220 (рисунок 6), (использование исполнительных элементов в электрической схеме более высокой точности (резисторы с точностью 1…5%)). Для передачи аналогового сигнала и последующей оцифровки показателей экспериментальных данных, передаваемого датчиком, на компьютер посредством USB-интерфейса использовали аналого-цифровой преобразователь HX 711 и контроллер Arduino Uno R3.

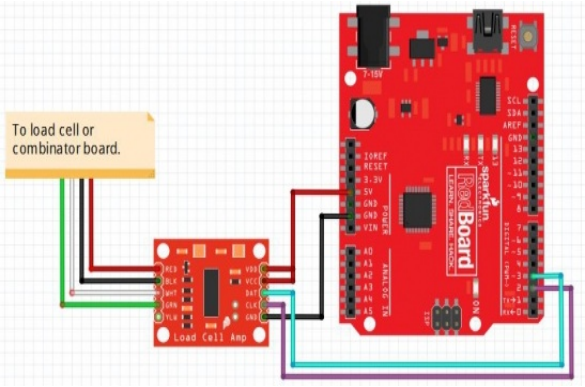


Рис. 5. **Схема подключения силоизмерительного устройства**

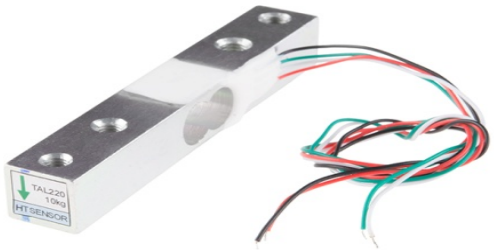


Рис. 6. **Тензодатчик консольного типа TAL 220**

На завершающем этапе была проведена работа по монтажу датчика, наладке и калибровке датчика, получены предварительные данные, обработанные в программе StampPlot и представленные в виде графического изображения. Разработана конструкторская документация. В настоящее время макет установки проходит настройку и отладку, устраняются недочеты.

Библиографический список

1. Александрова М.Ю. Контактная приспособляемость упругих тел при сухом трении и ее использование в решении задач снижения фреттинга неподвижных соединений с натягом: дисс. … канд. техн. наук / Александрова Маргарита Юрьевна. Самара. 2014. 134 с.

2. Хаинг М. Повышение надежности малоподвижных соединений деталей авиационных двигателей, подверженных в эксплуатации влиянию фреттинг-коррозии: дисс. … канд. техн. наук // М. 2015. 140 с.

3. Soria S.R., Balbiani J.P., Bergant M., Tolley A., Yawny A. Fretting damage in Incoloy® 800 tubes against different support materials // Procedia Materials Science. 2015. № 9. p. 538-547.

УДК 629.3.014.2.018.2

СЕРВИСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ И ГИДРОПРИВОДА

***Петрищев Николай Алексеевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ecoserv@mail.ru*

***Макаркин Игорь Михайлович**, старший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ecoserv@mail.ru*

***Саяпин Александр Сергеевич**, младший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ecoserv@mail.ru*

***Аннотация.** В статье представлены разработанные и изготовленные образцы контрольно-диагностического оборудования для контроля качества ремонта агрегатов трансмиссии и гидропривода самоходных сельскохозяйственных машин сельскохозяйственного, промышленного назначения.*

***Ключевые слова:** контроль качества ремонта, контрольно-диагностическое оборудование, коробка перемены передач, гидропривод, трансмиссия.*

***Abstract.** In article the developed and made samples of the control and diagnostic equipment for quality control of repair of units of transmission and a hydraulic actuator of self-propelled farm vehicles of agricultural, industrial function are provided.*

***Keywords:** repair quality control, control and diagnostic equipment, box of change of transfers, hydraulic actuator, transmission.*

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 июля 2017 г. № 1455-р утверждена Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года [1]. В рамках первого этапа мероприятий по её реализации будет обеспечено внедрение финансовых мер поддержки, направленных на ускоренное обновление парка сельскохозяйственной техники, что приведет к повышению спроса на сельскохозяйственную технику российского производства и, в свою очередь, укрепит финансовую стабильность предприятий отрасли сельскохозяйственного машиностроения, а также обеспечит платформу для осуществления инвестиций в производство сельскохозяйственных машин. Также предусматривается осуществление маркетинговых мероприятий, в том числе демонстрация сельскохозяйственных машин, развитие дилерской и сервисной сетей, детальный анализ зарубежного спроса на сельскохозяйственную технику. В настоящее время на заводах-производителях и их сервисных предприятиях активно внедряется система менеджмента качества, производственная система на основе философии систем 5S, Toyota Production System и принципов «Бережливого производства», позволяющих эффективно распределять ресурсы для получения прибыли без значительных инвестиций.

Одним из основных стратегических факторов достижения конкурентоспособности продукции отечественного сельскохозяйственного производства является его технологическая и техническая модернизация [2]. Высокая эффективность работы техники требует непрерывного совершенствования работы для контроля качества на сервисных предприятиях дилеров. Опираясь на практический опыт использования в ВО «Сельхозтехника» системы организации технического обслуживания и ремонта, можно утверждать, что только наличие современной (на тот момент) инфраструктуры с узкоспециализированным, рассчитанным на большую производственную программу сервисным обслуживанием, технологическим и контрольно-диагностическим оборудованием ремонтных заводов и РТП позволяло обеспечивать минимизацию стоимости и гарантии по обеспечению требуемого стандарта качества (технических условий), уровня технической готовности машин.

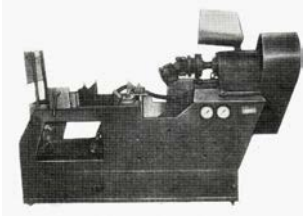
Однако, в настоящее время многие из входивших в систему ВО «Сельхозтехника» сервисных и ремонтных предприятий изменили сферу своей деятельности, а имеющееся на балансе специализированное оборудование утилизировали. По примеру зарубежных компаний производителей техники отечественные предприятия сельхозмашиностроения создают систему менеджмента качества, согласно которой развивают свою сеть дилерских центров сервисного обслуживания на основе фирменных стандартов. Система менеджмента качества призвана, прежде всего, не допускать появления ошибок, обеспечить качество выпускаемой продукции и предоставляемых услуг, согласованных с требованиями производителей, для обеспечения, в первую очередь, технической поддержки в гарантийный период эксплуатации.

Отказы, неисправности отремонтированных агрегатов гидропривода и трансмиссии возникают во многом из-за нарушений правил эксплуатации и недостаточно качественно проведенного сервисного обслуживания и ремонта:
- несвоевременная замена масла в гидросистеме;
- заливка масла несоответствующей марки и (или с загрязнениями);
- не проведена проверка и настройка узлов и агрегатов перед установкой;
- нарушены рекомендуемые режимы проверки и обкатки.

Для решения данной проблемы в рамках НИР и НИОКР на основании рекомендаций заводов-производителей, требований на капитальный ремонт, разработано, изготовлено и внедрено контрольно-диагностическое и технологического оборудование для проведения контроля качества изготовления, ремонта, следующих узлов, агрегатов систем (таблица) [3, 4]:
- объемного гидропривода (гидронасосы, гидрораспределители с ручным управлением);
- гидростатических трансмиссий (гидронасосы, гидромоторы);
- смазки ДВС (гидронасосы, центробежные фильтры полно- и неполнопоточные, предохранительные и редукционные клапаны);
- коробок перемены передач и ведущих валов и др.

Таблица 1

Контрольно-диагностическое и технологическое оборудование

№ п/п	Наименование/ назначение	Оборудование для сервисных служб дилеров	
		выпускаемое (до 1991 г.) и взятое за прототип	разработанное вновь взамен ранее выпускаемого
1	Стенд для проверки агрегатов системы смазки дизельных двигателей (насосы одно- и двухпоточные; предохранительные и редукционные клапаны, фильтры центробежные полно- и неполнопоточные)	КИ-5278	КИ-28256.01
2	Стенд для проверки качества изготовления и ремонта, обкатки коробок перемены передач тракторов К-701…К-744 производства АО «Петербургский тракторный завод»	 КИ-17918	КИ-28340
3	Стенд для проверки качества изготовления и ремонта, обкатки ведущего вала коробок перемены передач тракторов К-701…К-744 производства АО «Петербургский тракторный завод»	КИ-13805	КИ-28326
4	Стенд для контроля качества ремонта узлов и агрегатов		

	гидропривода самоходной сельскохозяйственной техники производства ЗАО "Гидросила ГРУП" и их аналогов (насосы, гидрораспределители, гидростатическая трансмиссия)	КИ-4815М КИ-12539	КИ- 28097 -03М
5	Стенд для проверки качества сборки, ремонта механизма переключения передач, гидроаккумулятора коробки перемены передач тракторов К-701…К-744 производства АО «Петербургский тракторный завод»	КИ-13743	Приспособление к КИ-28256
6	Мобильная установка для механизированной заправки и фильтрации масла: - в режиме «бак – ёмкость»; - в режиме «бак – бак», - циркуляционной очистки трубопроводов; - фильтрации масла при проведении испытаний на специализированных стендах	ОЗ-16350	КИ-28286.50

С целью повышения коэффициента загрузки выпускаемых контрольно-диагностических стендов и осуществления внедрения системы Бережливого производства для процесса совершенствования разработаны технические решения для контрольно-диагностического оборудования, обеспечивающие проведение экспертизы, предпродажной подготовки широкой номенклатуры агрегатов на одном рабочем месте [5]. Для дальнейшей реализации требований производственной системы и менеджмента качества производителей сформулировано техническое задание для реализации опытного образца многофункционального стенда блочно-модульной компоновки для контроля качества ремонта агрегатов трансмиссии и гидропривода энергонасыщенной техники: гидромеханических и гидростатических трансмиссий, ведущих мостов, отдельных узлов гидропривода на одном рабочем месте оператора [6].

По нашему мнению, данный проект позволит сервисным службам дилеров предприятий отечественного сельхозмашиностроения дополнять блоки-модули контроля по необходимости, то есть в зависимости от текущих задач контроля (номенклатуры и параметров агрегатов) и возможности инфраструктуры.

Библиографический список

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года [Электронный ресурс] URL :http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/strategy_tll_2030.pdf (Дата

обращения 01.10.2017).

2. Дорохов А.С. Эффективность оценки качества сельскохозяйственной техники и запасных частей // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2015. № 1 (65). С. 31-35.

3. Филиппова Е.М., Данков А.А., Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Тришин А.А. Опытные образцы оборудования для обслуживания и входного контроля агрегатов КПП тракторов // Сельский механизатор. 2016. № 7. С.36-37.

4. Петрищев Н.А., Саяпин С.Н., Данков А.А., Капусткин А.О. Универсальное контрольно-диагностическое сервисное оборудование для технического обслуживания и ремонта агрегатов гидропривода, трансмиссии МТП // Механизация строительства. 2013. № 1. С. 5-10.

5. Петрищев Н.А. Обеспечение ресурсосбережения при эксплуатации и ремонте машинно-тракторного парка // Техника и оборудование для села. 2013. № 10. С. 42-46.

6. Петрищев Н.А., Капусткин А.О., Саяпин С.Н. Многоцелевой стенд для проведения функционального контроля агрегатов систем гидропривода, смазки, трансмиссии в условиях сервисных центров торгово-сбытовых компаний и дилеров // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2013. № 1. С. 34-40.

УДК 621.892:691.175

ПРИРАБОТКА СОПРЯЖЕНИЙ В ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩЕЙ СМАЗОЧНОЙ СРЕДЕ

***Спицын Иван Алексеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры основ конструирования механизмов и машин, ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, Spicn@mail.ru*

***Аннотация.** Приведена методика и результаты лабораторных исследований влияния режима приработки стальных образцов в смазочной среде, содержащей порошок капрона.*

***Ключевые слова:** ролики, температура, нагрузка, скорость, капрон, износ, шероховатость, приработка.*

***Abstract.** The technique and results of laboratory studies of the influence of the running-in regime of steel samples in a lubricating medium containing kapron powder are presented.*

***Keywords:** rollers, temperature, load, speed, nylon, wear, roughness, running-in.*

Обкатка сборочных единиц и машин является операцией, задачами которой является приработка пар трения, что позволяет подготовить детали сопряжений к восприятию эксплуатационных нагрузок. Так, например,

приработка зубчатых передач позволяет значительно повысить их несущую способность за счёт повышения площади фактического контакта зубьев, снижения шероховатости поверхностей, формирования оптимальных параметров структуры и свойств поверхностных слоёв. Однако приработка в среде нелегированных масел является очень длительной и для её ускорения и улучшения качества применяют различные присадки и добавки. Так, нами в качестве добавки исследовались несколько полимеров, в том числе порошок капрона с размером частиц 20...40 мкм. Установлено, что присутствие в масле порошка капрона приводит к ускорению приработки при невысоких значениях износа, а также улучшению противозадирных и противоизносных свойств поверхностных слоёв приработанных образцов [1].

Как показали теоретические исследования [2] эффективность действия полимеров зависит от температуры полимерсодержащей смазочной среды (масла). Для подтверждения этих предпосылок и определения рационального интервала температуры масла нами проведены лабораторные исследования на машине трения СМТ-1 по схеме «ролик-ролик» с проскальзыванием. В качестве образцов использовали цилиндрические ролики, изготовленные из стали 20Х, подвергнутые цементации на глубину 1,1...1,3 мм и последующей закалке до твердости поверхности *HRC* 60...62, при твердости сердцевины *HRC* 40…45. После термообработки ролики шлифовали до R_a = 1,8 мкм. Диаметр нижнего ролика, на котором проводились замеры шероховатости и износа, составлял 47 мм. Диаметр верхнего ролика – 31 мм. При исследовании образцы находились в пустотелой испытательной камере, позволяющей изменять и поддерживать температуру масла в требуемых пределах (рисунок 1).

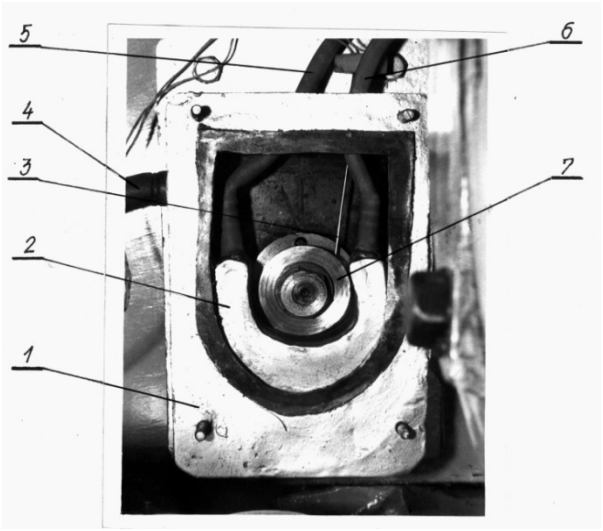


Рис. 1. **Испытательная камера:**
1 – корпус камеры; 2 – теплообменный элемент; 3 – термопара; 4 – шланг подвода воды; 5, 6 – трубки; 7 – испытуемый образец

Испытательная камера 1 (рисунок 2) имела между боковыми стенками

полость 4, сообщающуюся с полостью теплообменного элемента (змеевика) 5, который одновременно с терморегулированием частично выполнял функцию уменьшения рабочего объёма камеры, что позволило сократить количество израсходованного смазочного материала. Температуру масла изменяли с помощью изменения температуры теплоносителя (воды). Холодную воду подводили из водопроводной сети 7. Горячую воду подавали от термостата 6 марки СЖМЛ-19/2,5-И 1. Требуемый температурный режим обеспечивался смешиванием холодной и горячей воды в смесителе 8 или изменением расхода холодной воды.

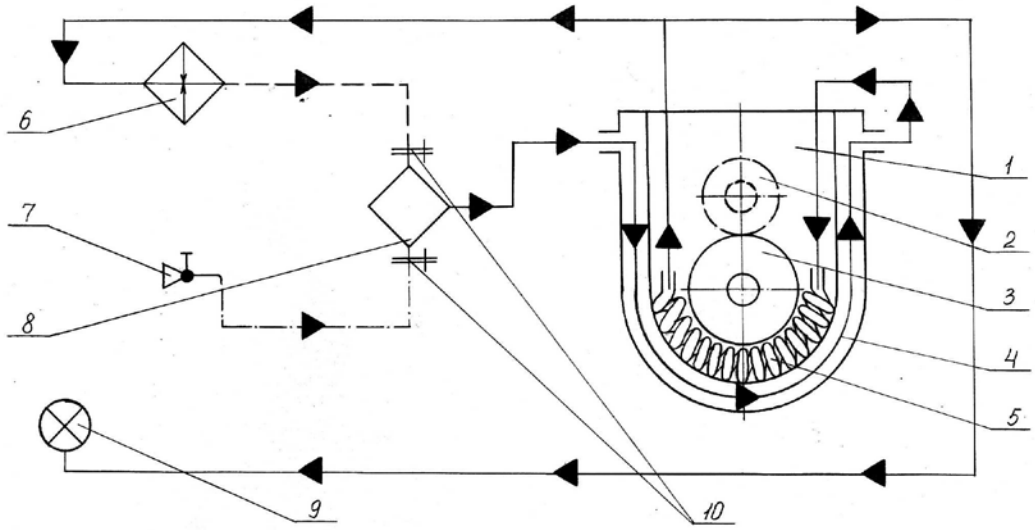


Рис. 2. **Схема движения теплоносителя на машине трения:**
1 – камера испытательная;
2 – образец верхний; 3 – образец нижний; 4 – полость испытательной камеры; 5 – полость теплообменного элемента (змеевика); 6 – термостат; 7 – кран водопроводный; 8 – смеситель; 9 – слив; 10 – зажимы

Температуру масла в камере измеряли хромель-копелевой термопарой 3 (рисунок 1) и регистрировали электронным потенциометром КСП-4, установленным в измерительном блоке машины трения. Перед установкой в испытательную камеру термопару тарировали при ступенчатом нагревании и охлаждении масла по показаниям ртутного термометра с ценой деления 0,5 ^{o}C. Для определения износа роликовых образцов применяли метод искусственных баз. Шероховатость поверхности образцов (R_a) перед испытаниями измеряли на профилографе-профилометре модели 201. Измерения проводили в четырех диаметрально противоположных точках в трехкратной повторности.

Для сокращения объема испытаний применяли планирование эксперимента [3]. В качестве варьируемых факторов были выбраны: нагрузка на верхний образец, задающая давление в контакте (X_1); относительная скорость проскальзывания образцов (X_2); температура масла в ванне (X_3); концентрация порошка капрона в масле, выбранного в качестве добавки по результатам сравнительных испытаний (X_4) [1]. Значения нагрузочно-скоростных факторов (таблица 1) выбирали близкими к реальным значениям в зубчатых зацеплениях коробок передач тракторов и комбайнов на

технологических передачах. Температуру масла в звездных точках приняли исходя из реальных значений, устанавливающихся в агрегатах трансмиссий с.-х. машин в зимнее и летнее время. Концентрацию порошка капрона в масле выбрали на основании ранее выполненных исследований [1-3].

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов по определению оптимальных режимов приработки роликовых образцов

Обозначение и наименование факторов	Основные уровни			Звездные точки		Интервал варьирования
	-1	0	+1	-2	+2	
X_1 – нагрузка на верхний образец, кН	0,7	1,0	1,3	0,4	1,6	0,3
относительная скорость скольжения, м/с	1,5	2,0	2,5	1,0	3,0	0,5
X_3 – температура масла, ^oC	40	55	70	25	85	15
концентрация порошка капрона в масле, % от массы	3,0	5,0	7,0	1,0	9,0	2,0

Образцы прирабатывали при фиксированных значениях факторов на различных уровнях в течение совершения нижним образцом 35000 оборотов. По окончании приработки замеряли износ нижнего образца без снятия его с вала машины. Затем в камеру заливали масло ТАп-15В без полимерной добавки и вели дальнейшее изнашивание приработанных образцов без регулирования температуры масла при максимальной нагрузке на верхний образец 2 кН и скорости проскальзывания 2,5 м/с в течение совершения образцом 140000 оборотов, после чего определяли «эксплуатационный» износ.

При исследовании приработки образцов контролировали приработочный износ $i_{ПР}$, шероховатость приработанной поверхности R_a, «эксплуатационный» износ приработанных образцов $i_{экспл}$ и относительное снижение момента трения за время приработки δ, которое определяли по формуле

$$\delta = \frac{M_н - M_к}{M_н} \cdot 100\%. \qquad (1)$$

где M_H и M_K - момент трения в начале и в конце приработки, Н·м.

Относительное снижение момента трения характеризует скорость приработки образцов и зависит только от изменения физико-механических свойств их поверхностей, т.к. температура масла, а, следовательно, и вязкость, в течение опыта остаются постоянными и не влияют на момент трения.

Для получения математических зависимостей параметров отклика от изменяемых факторов был реализован план Бокса на гиперсфере с величиной звездного плеча α=2, близкий по своим статистическим характеристикам к D – оптимальным планам. Согласно матрице планирования было проведено 26 опытов.

В результате математической обработки результатов эксперимента

получены уравнения регрессии, показывающие зависимость параметров оптимизации процесса от исследуемых факторов:

$$\hat{i}_{пр} = 6{,}8 + 1{,}2X_1 + 0{,}3X_2 - 0{,}6X_3 - 0{,}4X_4 - 0{,}4X_1^2 + 0{,}4X_3^2 + \\ + 0{,}6X_4^2 + 0{,}3X_1X_3 + 0{,}5X_1X_1 - 0{,}4X_2X_3 - 0{,}4X_3X_4; \quad (2)$$

$$\hat{i}_{эксп л} = 2{,}8 - 0{,}4X_1 + 0{,}3X_3 - 0{,}5X_4 + 0{,}3X_1^2 + 0{,}7X_3^2 + 0{,}4X_4^2 + \\ + 0{,}5X_1X_2 - 0{,}4X_1X_3 - 0{,}6X_3X_4; \quad (3)$$

$$Ra = 0{,}85 - 0{,}16X_1 + 0{,}12X_2 - 0{,}09X_4 + 0{,}05X_1^2 - 0{,}04X_2^2 + 0{,}09X_3^2 + \\ + 0{,}05X_4^2 + 0{,}06X_1X_2 - 0{,}07X_1X_3 - 0{,}06X_1X_4 + 0{,}06X_3X_4; \quad (4)$$

$$\hat{\delta} = 20{,}9 + 2{,}5X_1 + 1{,}5X_3 + 2{,}4X_4 - 1{,}4X_1^2 - 2{,}2X_2^2 - 3{,}0X_3^2 - \\ - 1{,}0X_4^2 + 1{,}5X_1X_4 - 1{,}8X_3X_4. \quad (5)$$

Проверка уравнений (2-4) по критерию Фишера подтвердила гипотезу об их адекватности при уровне статистической значимости α = 0,05.

Полученные зависимости подтверждают, что температура масла, наряду с нагрузкой и концентрацией порошка капрона, существенно влияет на протекание приработки. Причём, это влияние носит сложный, нелинейный характер (рисунок 3).

Наибольшее влияние на приработку роликовых стальных образцов в полимерсодержащем трансмиссионном масле оказывает нагрузка и температура масла. Износостойкость образцов, приработанных при температуре 55…58°С, в 3 раза выше износостойкости образцов, приработанных на тех же нагрузочных режимах, но без добавки полимера и без терморегулирования масла. При поддержании рациональных температур (55...58°С) интенсивность приработки стальных образцов является наибольшей при невысоких значениях приработочных износов ($i_{пр}$ = 6,5 мкм), наименьшей шероховатости поверхностей (R_a = 0,69 мкм) и существенном уменьшении глубины поверхностных слоев деталей (на 50…100 мкм), переуплотненных в результате пластической деформации.

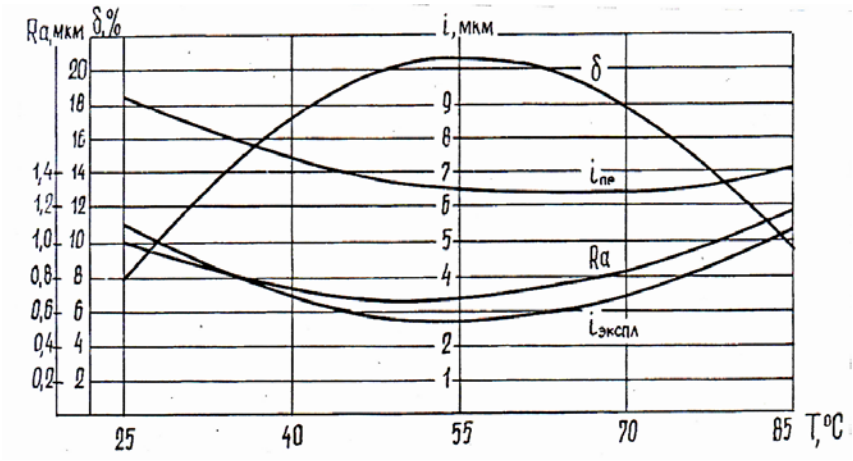


Рис. 3. **Зависимость параметров оптимизации от температуры масла ($T_м$),** при P = 1,0 кН, $V_{ск}$ = 1,6 м/с, С = 6,2% от массы

Таким образом, результаты лабораторных исследований подтвердили теоретические предпосылки о существовании рационального интервала температур смазочной среды, содержащей в качестве ПАВ полимерные добавки (капрон), при поддержании которого в период приработки обеспечивается максимальная пластифицирующая активность среды при минимальном риске повреждения контактирующих поверхностей деталей.

Библиографический список

1. Спицын И.А., Меньшов В.Г. Приработочные свойства трансмиссионного масла с полимерными добавками // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 117. С. 105-108.

2. Спицын И.А. Теоретические предпосылки терморегулирования полимерсодержащей смазочной среды при приработке зубчатых колёс // Нива Поволжья. 2017. № 3 (44). С. 101-106.

3. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение. 1981. 184 с.

УДК 631.362.322

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНАШИВАНИЯ ЛЕЗВИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРГАНА НА КРУГОВОМ СТЕНДЕ

***Сидоров Сергей Алексеевич**, доктор технических наук, заведующий лабораторией элементной базы машин для обработки почвы, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, mironov-denis87@mail.ru*

***Миронов Денис Александрович**, научныый сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, mironov-denis87@mail.ru*

***Лискин Игорь Викторович**, научныый сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, mironov-denis87@mail.ru*

***Аннотация.** Показано и обосновано положение о закономерностях изнашивания фрагментов почвообрабатывающего рабочего органа при косом резании, свойственном большинству почворежущих деталей, работающих в почвенной среде (лемеха, лапы, фрезы и др.). Наибольшему давлению и износу подвержена часть лезвия, внедряемая в почвенную массу в начальной стадии, что дает основание для его упрочнения путем нанесения твердых сплавов увеличенной толщины и термической обработки.*

***Ключевые слова:** круговой стенд, почва, образец, эталон, упрочнение.*

***Abstract:** The position on the patterns of wear of fragments of the tillage working body is shown and justified with oblique cutting characteristic of most soil-cutting parts working in the soil environment (share, paws, cutters, etc.). The part of the blade that is introduced into the soil mass in the initial stage is subject to the greatest pressure and wear, which gives the basis for its hardening by applying hard alloys of increased thickness and heat treatment.*

***Key words:** circular bench, soil, sample, standard, hardening.*

Рабочие органы почвообрабатывающих машин – это детали, которые непосредственно соприкасаются с почвой, воздействуют на него и изменяют его положение, форму, состояние или иные свойства в соответствии с агротехническими требованиями [1]. Работоспособность деталей характеризует их способность выполнять заданные функции, соответствовать требованиям нормативно-технической и конструкторской документации [2].

В настоящей работе, проведенной ФБГНУ ФНАЦ ВИМ, исследовались процессы абразивного изнашивания лезвий деталей, взаимодействующих с почвенной средой. Лабораторная установка представляла собой круговой стенд (рисунок 1), главными узлами которого являются круговой почвенный канал рыхлители, уплотнительные катки и приспособления для износа образцов. Скорость движения образцов обеспечивал мотор-редуктор. Более подробное описание стенда изложено в работах [3, 4].

Косое резание образцов на круговом стенде позволяет моделировать процесс изнашивания деталей большинства почвообрабатывающих машин (плужных лемехов, культиваторных лап, фрез и других).

а) б)

Рис. 1. **а) круговой стенд; б) стойка приспособления с образцом**

На рисунке 2 и в таблице представлены результаты исследования изнашивания образцов почворежущих деталей, изготовленных из стали, являющейся основой, и применяющейся в качестве либо монометаллических деталей, либо основного материала при их упрочнении твердыми сплавами.

Почвенная масса состояла из песка (67%) и глины (33%) по объему. Твердость почвы – 1,5-1,7 МПа, относительная влажность 5,4-5,6%. Скорость движения образцов при испытаниях составляла 2 м/с, что соответствует скорости движения почвообрабатывающих машин.

1 2 3 4

а) *б)*

Рис. 2. **Вид образцов упроченных и монометаллических после шестидесяти часов движения в почвенной массе кругового канала**

а) монометаллический образец; 1 – лицевая сторона, 2 – тыльная сторона;
б) упрочненный образец с тыльной наплавкой лезвия; 3 – лицевая сторона, 4 – тыльная сторона.

Таблица 1

Результаты лабораторных испытаний на износ образцов, упрочненных различными марками твердосплавных порошков, выпускаемых промышленностью и различными методами наплавки

Марка использу-емого твердого сплава	Способ упрочнения	Толщина наплавки, мм	Твердость HRC	Среднее значение линейного износа образца с покрытием		Среднее значение линейного износа образца без наклепа (эталона), мм		Коэффициент относительной износостойкости, *k*	
				Передняя точка лезвия	Задняя точка лезвия	ПТЛ	ЗТЛ	ПТЛ	ЗТЛ
ПГ-ФБХ-6-2	Плазменная наплавка	3,4	57-61	6,7	2,1	8,7	3,5	3,11	3,17
ПГ-ФБХ-6-2	Плазменная наплавка	2,1	54-59	7,2	3,1	7,9	3,1	2,56	2,75
ПС-14-60	Индукционная наплавка	1,3	45-49	8,4	3,9	8,1	3,2	2,41	2,45
ПГ-10Н-01	Индукционная наплавка	2,4	61-63	7,0	2,4	8,4	3,2	2,81	2,85
ПГ-ФБХ-6-2-(68%) + WC(30%) + AL(2,0 %)	Плазменная наплавка	3,2	60-64	5,9	1,6	8,5	3,4	4,74	4,87

Лабораторные испытания показали, что лучшие результаты имеет сплав с добавками высокоизносостойкого литого карбида вольфрама – WC. По сравнению с серийными твердыми сплавами он имеет преимущества по износостойкости до 35-48%.

Следует отметить, что ширина образцов, а, соответственно длины лезвий при испытаниях составляла 30 мм. Такая ширина лезвия ближе подходит к

носовой части рабочих органов, в частности к их долотам. При проектировании новых рабочих органов необходимо делать поправку на размеры деталей и геометрические параметры зон их наибольшего и наименьшего изнашивания [5].

Таким образом, целесообразно упрочнять различные зоны изнашивания деталей с различной толщиной наплавки. Оптимальным способом упрочнения в проведенном исследовании, из трех [6-8], наиболее распространенных для рабочих органов сельскохозяйственных машин методов, является плазменная наплавка, при которой можно в один проход получить толщину упрочненного слоя от 1,5 до 3,5-4 мм, что сэкономит время и стоимость технологического процесса [8].

Библиографический список

1. Лачуга Ю.Ф., Горбачев И.В., Ежевский А.А., Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Бабченко В.Д., Бейлис В.М., Голубкович А.В., Гришин А.П., Евтюшенков Н.Е., Жалнин Э.В., Жук А.Ф., Колесникова В.А., Левина Н.С., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко Л.А., Марченко О.С., Михеев В.В. и др. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // Москва, 2012. Том 2 Животноводство.

2. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорошенков В.К., Кузнецов П.А., Юрков М.А., Голосиенко С.А. научные принципы повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающей техники // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2012. № 3. С. 5-7.

3. Сидоров С.А., Поткин С.Н., Миронов Д.А., Лискин И.В. Комбинированные лабораторные исследования материалов рабочих органов на абразивный износ // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 6. С 21-27.

4. Пат. № 2613292 РФ. Круговой почвенный стенд / С. А. Сидоров, Д.А. Миронов, И.В. Лискин // Бюл. 2017. № 8.

5. Сидоров С.А., Миронов Д.А. Обоснование повышения эксплуатационноресурсных характеристик лемехов плугов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 6. С. 14-17.

6. Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А., Поткин С.Н., Ерёмин П.А. обоснование и разработка нового плужного лемеха конструкции ВИМ // В сборнике: Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. 2014. С. 101-104.

7. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Сидоров С.А., Хорошенков В.К., Миронов Д.А., Родионова И.Г., Кузнецов П.А., Голосиенко С.А., Бобкова Т.И., Деев А.А., Чернобаев С.П., Пичужкин С.А., Рябов В.В., Кудрявцева И.В., Юрков М.А. к вопросу применения новых наноматериалов для рабочих органов почвообрабатывающих машин // В сборнике: модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных

технологий и автоматизированных систем Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. 2012. С. 229-234.

8. Сидоров С.А., Миронов Д.А., Хорошенков В.К., Хлусова Е.И. наплавочные методы повышения ресурса быстроизнашиваемых рабочих органов сельхозмашин // Сварочное производство. 2015. № 10. С. 35-40.

УДК: 630

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ АПК В РФ

***Пухов Евгений Васильевич**,доктор технических наук, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, puma231@yandex.ru*

***Астанин Владимир Константинович**, доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, puma231@yandex.ru*

***Аннотация**: В работе представлен анализ процессов становления и развития индустрии переработки отходов в РФ. Представлены мероприятия способствующие развитию переработки отходов в АПК. Показано, что обеспечение мирового уровня переработки вторичных материалов не возможно без комплексного системного подхода к формированию процессов утилизации и их учета на всех стадиях жизненного цикла изделий, а также вовлечения в развитие этой деятельности всех заинтересованных сторон.*

***Ключевые слова**: индустрия, утилизация, развитие, технический сервис, подготовка кадров, экологический форум.*

***Abstract**. The paper presents an analysis of the processes of formation and development of the waste processing industry in Russia. The activities promoting the development of waste processing in agriculture are presented. It is shown that ensuring the peaceful level of recycling of secondary materials is not possible without a comprehensive systematic approach to the formation of recycling processes and their accounting at all stages of the product life cycle, as well as the involvement of all stakeholders in the development of this activity.*

***Keywords**: industry, recycling, development, technical service, training, environmental forum.*

Результаты мирового опыта построения и развития индустрии утилизации отходов показывают уровень вовлечения вторичных ресурсов в хозяйственный оборот более 60 процентов. При утилизации автомобильного транспорта этот показатель достигает более 85 процентов.

Опыт применения Европейским Союзом технологии сжигания отходов позволяет говорить об эффективности данной технологии как временной или

промежуточной на пути развития раздельного сбора и последующей переработки по их видам.

В России уровень переработки отходов по общей массе не превышает 10%. В этой связи в РФ с 2010 года активно разрабатываются региональные схемы обращения с отходами, предусматривающие создание межмуниципальных отходоперерабатывающих комплексов. На базе этих комплексов предусматривается внедрение апробированных технологий и технических решений переработки отходов. Планируется возведение фабрик по сжиганию отходов производства и потребления.

В 2018 году была утверждена стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. Стратегией к числу основных задач для построения индустрии утилизации отходов предусматривается: развитие системы раздельного сбора и логистических процессов перевозки отходов; доведение существующих технологий получения материалов из отходов до стадий высокоэффективного промышленного производства; использование в производстве изделий материалов с высокими показателями применения в качестве последующего вторичного сырья; подготовка кадров, включая подготовку кадров высшей квалификации; формирование нормативно-правовой базы.

Учеными в агропромышленной сфере сделан значительный задел по вышеуказанным направлениям. Особенно можно отметить сотрудников ФНАЦ «ВИМ», ФГБОУ ВО«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», ФГБНУ «Росинформагротех», ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ» [1-12]. Отдельные аспекты переработки отходов от АПК изложены в трудах многих ученых, в том числе и не входящих в состав сельскохозяйственных вузов России. Ими накоплен огромный опыт частных методик переработки отходов, обладающих различным эффектом, как по качественным показателям получаемых материалов, так и экономической целесообразности. В РФ назрела задача систематизации этих исследований, выявления наиболее востребованных в настоящее время и перспективных разработок.

Механизмов реализации такого рода работы в РФ сейчас создано не мало. На повестки дня создание на базе ФГАУ «НИИ «ЦЭПП» технического комитата по утилизации отходов, в рамках которого возможна разработка национальных стандартов по технологиям переработки. Возможно формирование справочников с указанием наилучших доступных технологий (НДТ) в области переработки отходов.

Однако, законотворческая деятельность и документальное оформление должно основываться на эффективном опыте использования той или иной технологии применительно к российским реалиям. В связи с этим предлагается ряд мероприятий по развитию индустрии переработки отходов применительно к АПК и представленный в таблице 1.

Таблица 1

План комплексных мероприятий по реализации стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года от ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

№ п/п	Наименование мероприятия
1	**Проведение форума по переработке отходов в АПК с привлечением региональных операторов по обращению с отходами и предпринимателей** (обобщение опыта, разработка и утверждение плана работы)
2	**Создание пилотного информационно-аналитического центра регионального уровня по контролю и управлению отходами с выполнением следующих функций:** – мониторинг отходов, прогнозирование объемов образования отходов по территории и предприятиям региона; – совершенствование действующих и разработка новых методик мониторинга отходов, методов повышения точности прогноза; – сбор и анализ информации об образовании и накоплении отходов на предприятиях, оперативный их учет; – управление потоками отходов; – формирование отчетности по образованию и движению отходов на уровне предприятий, муниципалитетов и региона.
3	**Создание и развитие технологии и оборудования по переработке отходов (полимерных отходов, масляных фильтров, отработанных нефтепродуктов и др.).**
4	**Создание пилотного транспортно-логистического предприятия по сбору и доставке отходов с разработкой специализированного оборудования (мобильных устройств по предварительной обработке полимеров, транспортных платформ, накопителей с передачей информации о степени наполнения и др.)**
5	**Законотворческая и нормативная деятельность (разработка профессиональных и национальных стандартов и обучение кадров высшего и среднего звена, переподготовка и повышение квалификации в области обращения с отходами)**

В начальной стадии реализации предложенных мероприятий нами видится необходимость проведения «Экологического форума по утилизации отходов в АПК». На форуме должны быть обобщены существующие передовые организационные, технологические и технические решения области переработки отходов (всех видов отходов возникающих в отрасли начиная от пищевых и заканчивая отходами эксплуатации машин), затронуты вопросы построения инфраструктуры и создания или модернизации исследовательских центров (лабораторий) по переработке отходов, а также совершенствования методов экономического обоснования проектов и их юридического сопровождения. Проведение форума должно быть сформировано на площадке крупнейшего центра научных исследований в агропромышленной отрасли с привлечением широкого круга специалистов и поддержке соответствующих министерств и ведомств.

Далее в таблице предложены мероприятий сформированные на основе анализа научных достижений в рассматриваемой области деятельности.

Таким образом, обеспечение мирового уровня переработки вторичных материалов не возможно без комплексного системного подхода к формированию процессов утилизации и их учета на всех стадиях жизненного цикла изделий, а также вовлечения в развитие этой деятельности всех заинтересованных сторон.

Библиографический список

1. Герасимов В.С., Игнатов В.И., Буряков С.А. Концепция формирования системы утилизации техники, оборудования и транспортных средств // АгроСнабФорум. 2018. С. 24 -27.

2. Черноиванов В.И., Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю., Черноиванов А.Г., Буряков С.А., Русаков А.Н., Голубев И.Г. Утилизация в системе обновления сельскохозяйственной техники в АПК: научное издание // М. : ФГБНУ «Росинформагротех». 2013. 124 с.

3. Трофименко Ю.В., Воронцов Ю.М., Трофименко К.Ю. Утилизация автомобилей: научная монография // М.: АКПРЕСС. 2011. 336 с.

4. Астанин В.К. Технология мониторинга и рециклинга полимеров : математические аспекты: монография // Воронеж.гос. аграрный ун-т. – Воронеж : Изд-во Воронеж.гос. аграр. ун-та. 2006. 120 с.

5. Пучин Е.А. Основы теории надежности и диагностики технических систем: научно-практическое издание // М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 182 с.

6. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Кулдошина В.В. Структура парка выбывших из эксплуатации автомобилей. Проблемы и перспективы утилизации // Международный научный журнал. 2008. № 4. С. 27-31.

7. Пухов Е.В., Тоцкий А.Л., Астанин В.К., Измайлов А.А. Анализ образования потоков вторичных ресурсов на протяжении жизненного цикла автомобиля // Вестник Воронежского ГАУ. 2011. Вып. 4 (31). С. 59 -63.

8. Алдошин Н.В., Кравченко И.Н., Лылин Н.А., Ивлев А.А., Лесконог Ю.А. Определение степени разборки утилизируемой техники на запасные части // Строительные и дорожные машины. 2016. № 3. С. 34-41.

9. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В.Рециклинг отходов в АПК: справочник // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2011. 296 с.

10. Конкин М.Ю. Проблемы и закономерности становления технологической утилизации // Вестник Федерального гос. образоват. учрежд. высшего проф. обр. «Московский гос. агроинженерный ун-т им. В.П. Горячкина». 2005. вып. 1 (11). С. 126-133.

11. Пухов Е.В. Основы формирования системы утилизации отходов технического сервиса сельскохозяйственной техники и транспортных машин // Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет. 2013. 156 с.

12. Кравченко И.Н., Гладков В.Ю., Коломейченко А.В., Корнеев В.М., Пастухов А.Г., Петровский Д.И., Чепурин А.В. Утилизация и рециклинг техники в агропромышленном комплексе // Москва. 2016. 240 с.

УДК 631.31

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАНЕСЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ВАЛИКОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ

***Крюковская Наталья Сергеевна**, научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, robotchch@gmail.com*

***Аннотация.** В статье представлено приспособление для автоматизации нанесения упрочняющих валиков на поверхность лап культиваторов и его адаптация к имеющейся установке типа 3D.*

***Ключевые слова:** лапы культиваторов, упрочнение, наплавка, установка типа 4D для наплавки, поворотное приспособление.*

***Abstract.** The article presents a device for the automation of the application of reinforcing beads to the surface of cultivator paws and its adaptation to the existing machine type 3D.*

***Keywords:** cultivator paws, hardening, surfacing, machine type 4D, turning device.*

Рабочие органы почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин под действием абразивной среды почвы, а также содержащихся в ней кислот, солей и влаги, интенсивно изнашиваются. Согласно исследованиям турецких ученых 9700 тонн стали остается в почве при вспашке земли площадью 13.422.000 га [1].

Для увеличения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих орудий в настоящее время существует множество методов, таких как различные виды химической термообработки, упрочнения вибрацией и колебаниями, индукционная наплавка рабочих поверхностей, лазерное упрочнение и др. [1].

Отечественными [2] и чешскими [3] учеными был разработан и исследован перспективный метод упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих орудий наплавкой группы валиков прямой и дугообразной формы на их поверхность. Этим методом упрочняли рабочие органы орудий плоской формы, а именно лемеха. Наплавленные валики способствуют образованию зон застоя почвы, по которым происходит последующее ее движение при обработке поля. Таким образом, поверхность самого лемеха оказывается несколько изолированной от влияния абразива почвы. При этом геометрия валиков, шаг их нанесения и режимы наплавки должны быть определенными и идентичными для всех упрочняемых рабочих органов.

Поэтому упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих орудий сложной пространственной формы, например, лап культиваторов, и исследование параметров их упрочнения этим методом не проводилось. Для возможности упрочнения лап культиватора наплавкой отдельных валиков на их поверхность эффективного как с экономической точки зрения (в условиях среднесерийного и массового производства), так и с точки зрения обеспечения высокого качества упрочненных изделий (обеспечения постоянства геометрических размеров и режимов) требуется автоматизация процесса.

На базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ было разработано специальное приспособление, устанавливаемое на рабочий стол ранее разработанной там же установки с ЧПУ типа 3D для наплавки деталей и подключаемое к ее плате управления. Тип 3D означает, что установка обладает тремя степенями свободы, т.е. наплавочная головка имеет возможность перемещаться по трем осям OX, OY и OZ согласно командам управляющей программы. Рабочий стол установки выполнен из стальных плит с медным покрытием и имеет продольные Т-образные пазы. Приспособление представлено на рисунке 1.

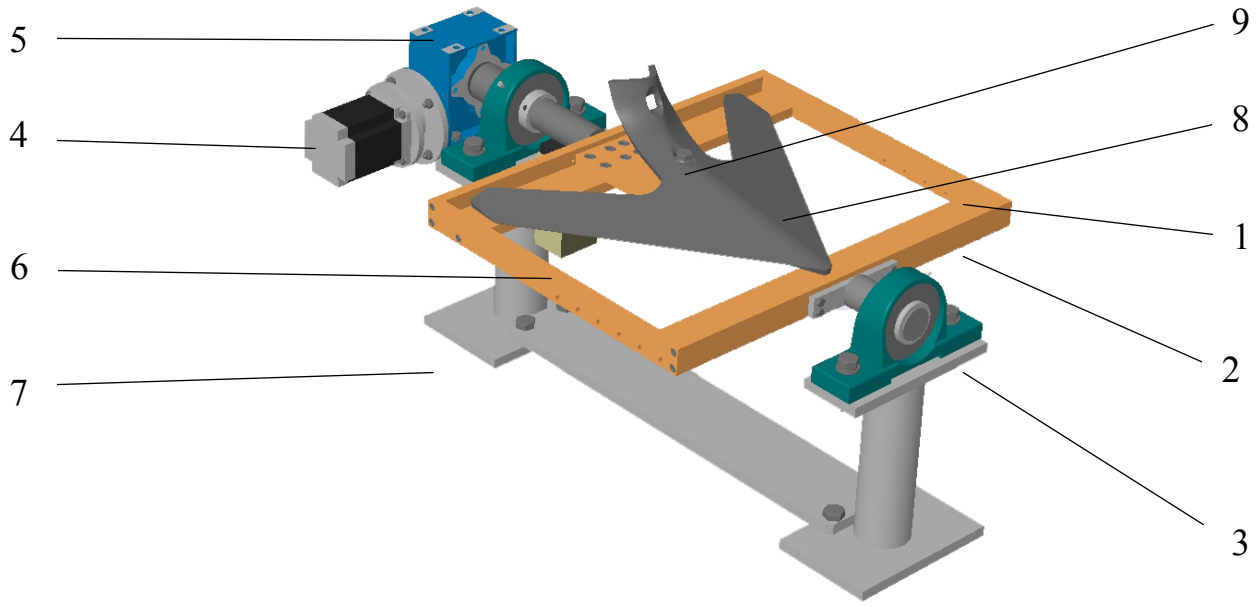


Рис. 1. **Приспособление для автоматизации нанесения упрочняющих валиков на поверхность лап культиваторов**

1 – медная рамка, 2 – регулируемая передняя опорная пластина, 3 - подшипниковая опора, 4 – шаговый двигатель, 5 – редуктор червячный (передаточное отношение 1:40), 6 – токосъемник, 7 – опорная площадка для крепления к столу установки типа 3D, 8 – упрочняемая лапа культиватора, 9 – крепление лапы культиватора.

На медную рамку устанавливается и закрепляется лапа культиватора. Так как лапы существуют различных размеров, то в конструкции рамки предусмотрена возможность регулировки положения передней опорной пластины. Рамка устанавливается на двух подшипниковых опорах и вращается от шагового двигателя с использованием червячного редуктора с передаточным отношением 1:40 для возможности самоторможения рамки. Для заземления приспособления используется токосъемник, представляющий собой

подпружиненную к валу графитовую щетку, соединенную с заземляющим проводом.

Приспособление устанавливается и закрепляется Т-образными винтами на рабочий стол установки типа 3D, подключается к ее плате управления, тем самым превращая установку в 4D добавлением еще одной степени свободы – вращения рамки в горизонтальной плоскости. Это позволяет быстро установить и закрепить лапу культиватора и нажатием одной кнопки запустить программу наплавки упрочняющих валиков для лапы заданного размера и геометрии.

Программа представляет собой G-код и отличается в зависимости от размера лапы. Схема наплавки лапы на установке типа 4D представлена на рисунке 2.

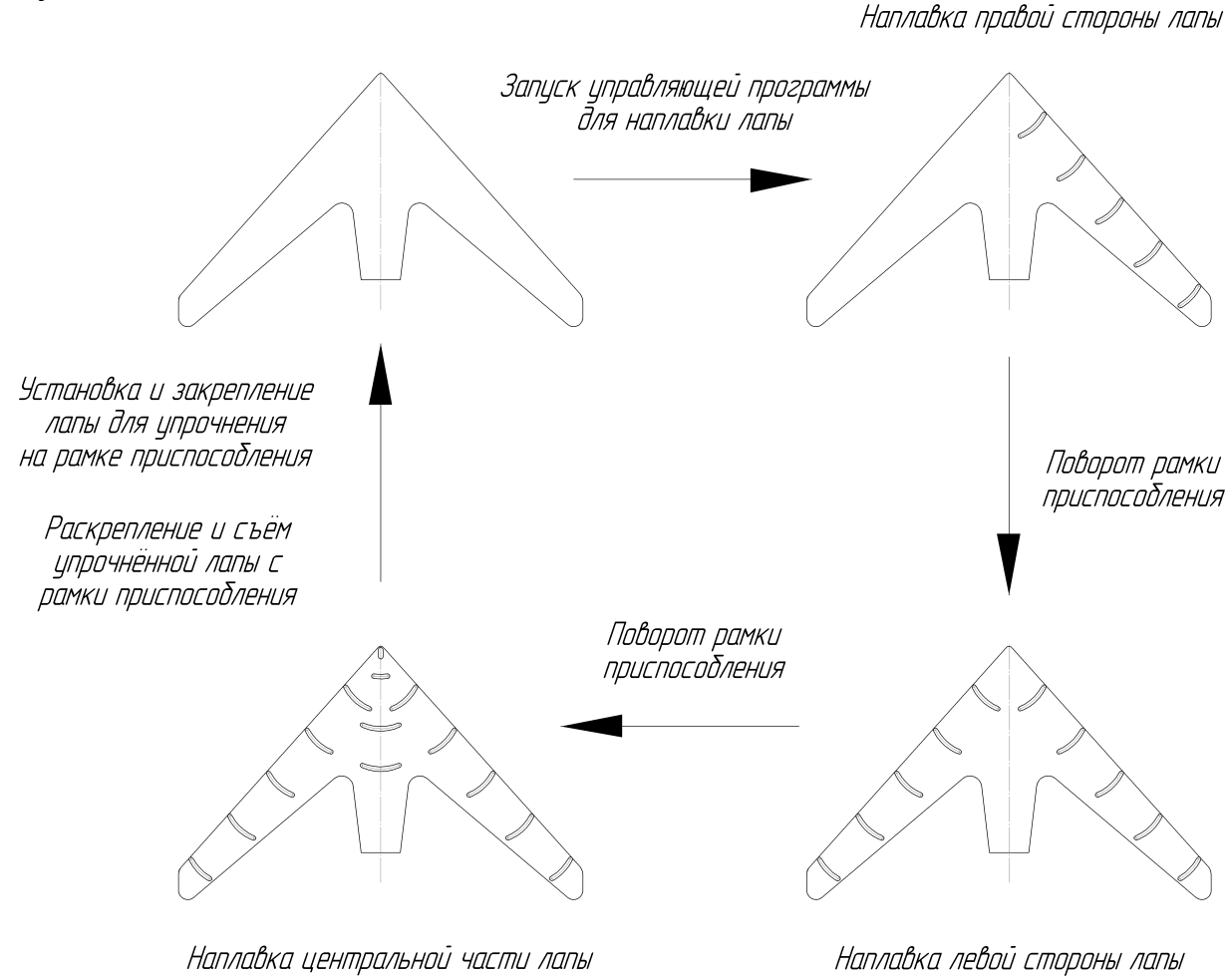


Рис. 2. **Схема наплавки культиваторной лапы на установке типа 4D**

Выводы: для качественного и экономически выгодного упрочнения лапы культиватора методом наплавки отдельных валиков дугообразной формы на ее поверхность необходима автоматизация этого процесса. Для этого было разработано поворотное приспособление, подключаемое к системе управления установки типа 3D с ЧПУ для наплавки деталей.

Библиографический список

1. Крюковская Н.С. Современные методы упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих орудий // Труды ГОСНИТИ. 2017. т. 128/ С. 118-122.
2. Тюрева А.А. Повышение долговечности плужных лемехов наплавочным армированием в условиях песчаных и супесчаных почв: автореферат // М.: 2008. 19с.
3. Hrabě P. Evaluation of techniques for ploughshare lifetime increase. [Electronic resource]/ P. Hrabě, M. Müller, V. Hadač // Research in Agricultural Engineering. – 2015. T2, № 61. 72-79. – URL: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/155246.pdf (дата последнего посещения: 15.04.2018).

УДК 628.218.222. 72

ОЧИСТКА МОЮЩИХ РАСТВОРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

***Юдин Владимир Михайлович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой надёжности и ремонта машин им. И.С. Левитского ФГБОУ ВО РГАЗУ, nrm@rgazu.ru*

***Ферябков Александр Витальевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО РГАЗУ, do@rgazu.ru*

***Аннотация.** Приведено описание основных конструктивных элементов и принципа работы фильтра для очистки моющих растворов. Представлена схема очистки моющих растворов с применением предложенных фильтров, обеспечивающая их очистку от взвешенных частиц и нефтепродуктов.*

***Ключевые слова**: установка, очистка, моющий раствор, фильтр, гидроциклон.*

***Abstract.** This is a description of the main structural elements and the principle of operation of the filter for purification detergent solutions. A scheme for cleaning detergent solutions using the proposed filters is provided, which ensures their purification from suspended particles and petroleum products.*

***Keywords:** installation, cleaning, washing solution, filter, hydrocyclone.*

В современных условиях повышенных требований к экономичности и экологической безопасности технологических процессов необходима минимизация их влияния на окружающую среду, оптимизация расхода материальных и энергетических ресурсов, затрат на мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

Внедрение на предприятиях технического сервиса эффективных методов очистки моющих растворов значительно снижает риск загрязнения окружающей среды и является актуальной задачей [1].

Для решения этой задачи нами предлагается фильтр для очистки моющих растворов, представленный на рисунке 1.

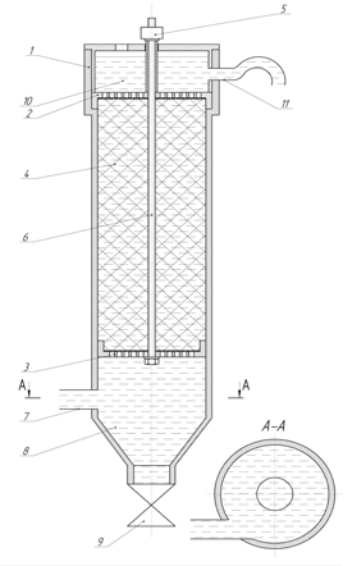


Рис. 1. **Фильтр для очистки моющих растворов**

Фильтр содержит размещенный в корпусе 1 между неподвижной сеткой 2 и подвижной сеткой 3 фильтрующий слой 4 в виде древесных опилок и мелкой стружки. Расстояние между сетками 2 и 3 изменяется с помощью устройства 5 со стяжной шпилькой 6.

Снизу на корпусе 1 располагается подводящий патрубок 7, через который насосом подается очищаемый моющий раствор в полость 8 для центробежной очистки, задвижка 9 для удаления осадка.

Над неподвижной сеткой 2 в корпусе 1 расположена полость для очищенного моющего раствора 10, из которой он отводится через патрубок 11.

Фильтр работает следующим образом.

Через подводящий патрубок 7 загрязнённый моющий раствор под давлением подаётся в полость для центробежной очистки 8, где за счёт центробежных сил отделяются наиболее крупные загрязнения, которые выводятся через задвижку 9.

Далее моющий раствор проходит через сетку 3 и фильтрующий слой 4 из древесных опилок и мелкой стружки. Пропускная способность фильтра и качество очистки моющего раствора зависит от плотности фильтрующего слоя 4, которую можно изменить за счет изменения расстояния между подвижной 3 и неподвижной 2 сетками с помощью устройства 5 со стяжной шпилькой 6. При увеличении расстояния между сетками 2 и 3 увеличивается и расстояние между частицами древесных опилок и стружки благодаря их плавучести в моющем растворе. При последующем уплотнении, за счет уменьшения расстояния между сетками 2 и 3, формируется фильтрующий слой 4 с измененной структурой.

На предложенный фильтр получен патент на изобретение №2631075 [2].

Для очистки моющих растворов от твердых частиц и нефтепродуктов с применением представленного выше фильтра нами разработана установка, схема которой показана на рисунке 2 [3]. Она состоит из бака 1 с загрязнённым

моющим раствором, центробежного насоса 4, двух размещенных параллельно фильтров 9, патрубков и кранов. На входе в фильтры установлены манометры 8. Схема позволяет размещать параллельно и большее количество фильтров для увеличения пропускной способности установки.

Из накопительного бака 1 загрязнённый моющий раствор по патрубку 3 поступает в центробежный насос 4, который нагнетает его по патрубку 5 в фильтры 8.

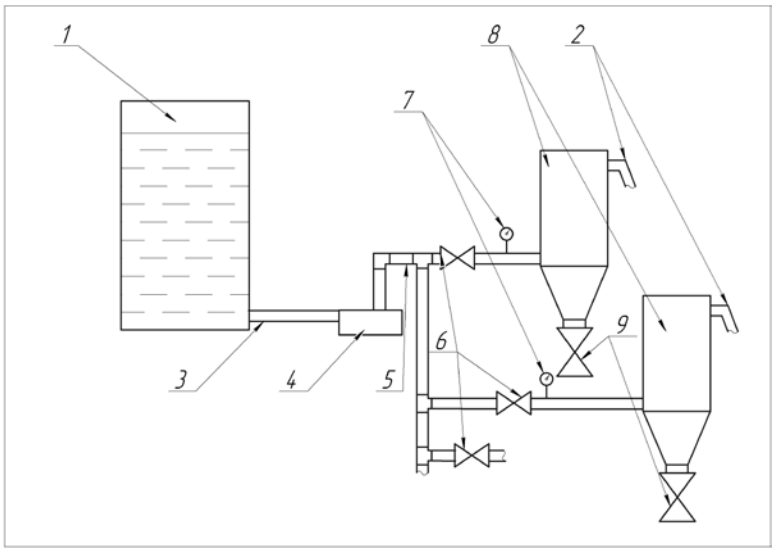


Рис. 2. **Установка для очистки моющих растворов**

Из фильтров 8 очищенный раствор выводится через патрубки 2.

Параллельное размещение фильтров позволяет периодически, по мере снижения их пропускной способности, выводить из схемы один из них и проводить очистку фильтрующего элемента за счет увеличения расстояния между сетками 2 и 3 (рисунок 1). При этом остальные блоки продолжают работать. Для повышения степени очистки моющего раствора можно использовать последовательное соединение фильтров.

На данной установке был проведен ряд экспериментов, которые позволили определить предварительные параметры.

– Давление сжатия загрузки с помощью устройства 5 (рис.1) – 0,20÷0,40 кг/см^2;

– Давление моющего раствора на входе в фильтр – 0,5÷1,0 кг/см^2 (до 2,0 кг/см^2);

– Высота слоя опилок (стружки) – 400÷600 мм.

Предлагаемая установка может использоваться для очистки загрязненных моющих растворов в производственных условиях.

Библиографический список

1. Башкирцев Ю.В., Юдин. Ресурсосберегающие технологии очистки сельскохозяйственной техники: учеб.-метод. пособие // М.: ФГБОУ «Российская инженерная академия менеджмента и агробизнеса». 2017. 25 с.

2. Пат. 2631075 РФ, МПК: B01D 24/10. Фильтр для очистки воды и моющих растворов // В.М. Юдин, М.Н. Вихарев; заявитель и патентообладатель

ООО «Технoплазма». – №2014136587; заявл.10.09.2014; опубл. 18.09.2017, Бюл. № 26. 3 с.: ил.

3. Юдин В.М. Очистка машин и оборудования при техническом сервисе: учеб. пособие // М.: Изд-во ФГБОУ ВО РГАЗУ. 2015. 44 с.

УДК 631.12

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН

***Юнусбаев Наиль Муртазович**, кандидат технических наук, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, junusbaev@mail.ru*

***Аннотация.** В статье рассматриваются современные вопросы уровня обеспечения агропромышленного комплекса ряда зарубежных стран, России сельскохозяйственными машинами, их загруженность, современное состояние системы обеспечения работоспособности машин в целом.*

***Ключевые слова:** машиностроение, парк сельскохозяйственных тракторов и комбайнов, зарубежная техника, обновление, система технического обслуживания и ремонта.*

***Abstract.** The article deals with modern issues of the level of providing the agro-industrial complex of a number of foreign countries, Russia with agricultural machines, their workload, the current state of the system for ensuring the working capacity of machines in general.*

***Keywords:** Machinery, a fleet of agricultural tractors and combines, foreign machinery and equipment, renovation, maintenance and re-assembly system.*

По данным различных источников [1-4] за последние 25 лет наблюдается сокращение целого ряда различных марок парка автотракторной и сельскохозяйственной техники в системе АПК страны. Например, с 1990 года уровень оснащенности АПК сельскохозяйственной техникой упал в 4…5 раз (рисунок 1). Низкая обеспеченность безусловно губительно влияет на уровень развития всего АПК. В основном темпы снижения показывают сельскохозяйственные тракторы (на 7% тракторы и на 8 %зерноуборочные комбайны соответственно) [1-3].

Динамика снижения парка сельскохозяйственных тракторов и комбайнов показывает резкий спад в конце 90-х годов и дальнейшее последовательное снижение в 2000-х. При этом существующая в АПК сельскохозяйственная техника по оценкам экспертов изношена физически до 70%, морально до 90%. К сожалению, это также относится и приобретенной сравнительно недавно (последние 10 лет) зарубежной технике. По данным Минпромторга России 85 % тракторов, 58% зерноуборочных комбайнов и 41% кормоуборочных комбайнов старше 10 лет, то есть работают с истекшими сроками эксплуатации [1, 2, 4, 5, 6]. Следствием использования изношенной техники является

значительные потери сельскохозяйственных и кормовых культур и снижения темпов производства сельскохозяйственной продукции.

Анализ импорта зарубежной сельскохозяйственной техники показал значительную ее разномарочность. За годы импорта техники в Россию тракторы импортируют 12 фирм (150 моделей), зерноуборочные комбайны 8 фирм (96 моделей). Безусловным лидером импорта сельскохозяйственной техники является Германия (28%), затем Беларусь (16%) и США (11%). Не смотря на мировой финансовый кризис, темпы роста импорта сельскохозяйственной техники в Россию не падают, а наоборот только ежегодно растут на 5 % [1, 2, 4, 5, 6].

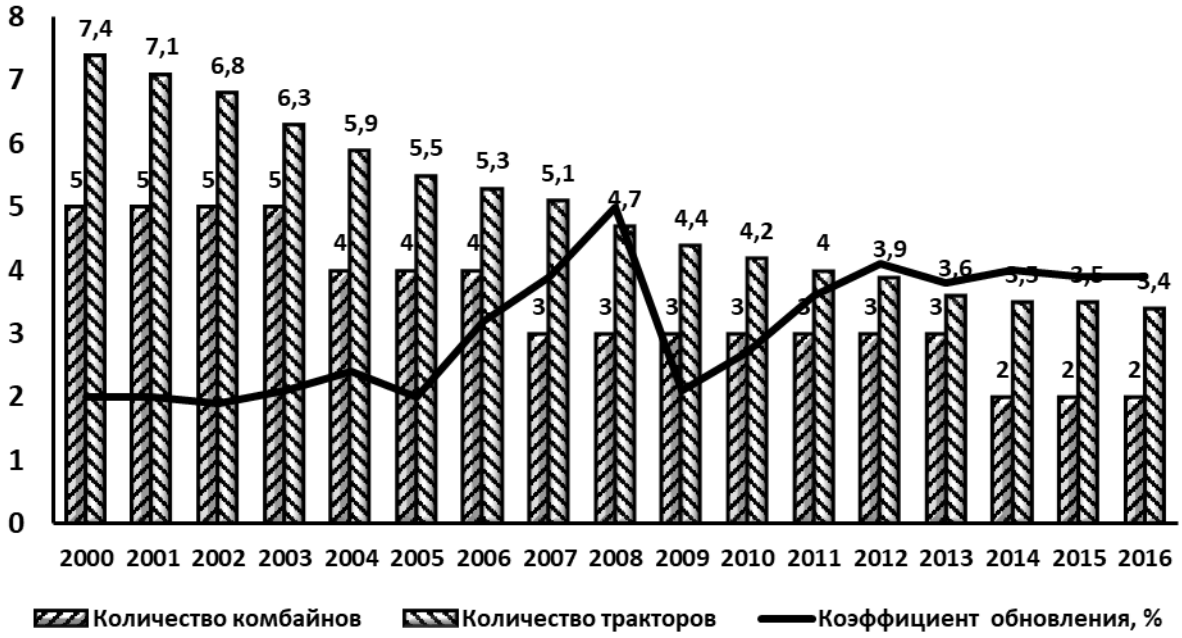


Рис. 1. **Количество тракторов (на 1000 га пашни) и комбайнов (на 1000 га посевов), коэффициент обновления техники в РФ в период 2000–2016 гг.** [1-4]

По данным ассоциации «Росагромаш» [4, 8] анализ экономических показателей основных игроков на российском рынке производителей импортной сельскохозяйственной техники показал, что наиболее крупную группу глобальных зарубежных производителей сельхозтехники составляют следующие производители John Deere, CNH, Class, AGGO, SDF, у которых на территории России организовано сборочное производство. Они же имеют наибольшую выручку на российском рынке. При эксплуатации зарубежной техники появляются трудности в снабжении дорогостоящими запасными частями и найме сервисных специалистов необходимой квалификации [1-6].

В то же время, отечественное сельскохозяйственное машиностроение, является базовым фундаментом для развития АПК в будущем по всей стране. За последние 20 лет в машиностроении России произошли значительные изменения по перевооружению производственных мощностей, при этом испытано более 780 новых сельскохозяйственных машин отечественного производства для различных отраслей АПК.

Безусловно, одним из основных преимуществ отечественного сельскохозяйственного производства является лояльная ценовая политика и наличие запасных частей на российском рынке. Однако существенный спад производства сельскохозяйственных машин и тракторов в 90-х годах привел к объемному отставанию в развитии производства и выпуска конкурентоспособных машин. Российские заводы перестали выпускать традиционную продукцию и перешли на крупноузловую сборку тракторов МТЗ и выпуск комплектующих или на выпуск более простых почвообрабатывающих машин. Во многом это связано с низким уровнем технологической базы заводов и применяемых технологий изготовления и сборки.

Таким образом, отечественная продукция в значительной степени уступает позиции рынка и производства сельскохозяйственной техники (рисунок 2).

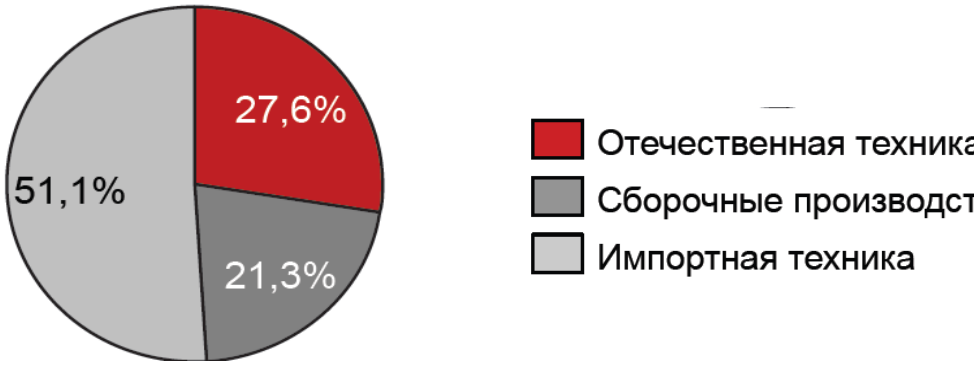


Рис. 2. **Структура рынка и производства сельскохозяйственной техники в Российской Федерации** [1]

В сложившихся тяжелых условиях эксплуатации техники на первый план выходят мероприятия по созданию условий для эффективного функционирования системы обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин. Для этого необходимо совершенствовать существующую ремонтно-обслуживающую систему и адаптировать ее к обслуживанию и ремонту разномарочной импортной и отечественной техники разных поколений производства.

Как известно, работоспособность машин определяется скоротечностью изменений заданных технических параметров, и как следствие изменения технического состояния машин. С учетом возрастающих требований современного аграрного производства, с каждым новым поколением выпускаемых машин, конструкции их машин и механизмов совершенствуются и усложняются. При этом предъявляются все более высокие требования к стабильности и продолжительности сохранения заданных технических параметров в допустимых пределах. Хотя необходимо отметить, что такт производства современных сельскохозяйственной техники (от разработки и проектирования до серийного производства) сократился в несколько раз по сравнению с уровнем производства сельхозтехники прошлого столетия.

В период эксплуатации сельскохозяйственные машины испытывают повышенную нагрузку, особенно в напряженные периоды сельскохозяйственных работ, где бесперебойная работа техники является залогом успешного календарного выполнения запланированных работ и снижения экономических потерь. Поэтому совершенствование системы обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин ставится на первый план.

Существуют три перспективных направления по повышению работоспособности машин и механизмов [7, 9, 10].

1. Улучшение физико-механических свойств материалов, рабочих поверхностей деталей машин. Сюда относятся: снижение коэффициента трения сопрягаемых поверхностей деталей машин, повышение точности их изготовления, использование износостойких покрытий как на этапе производства, так и на этапе восстановления и реновации и др. различные воздействия повышающие показатели механических свойств. Исследованиями доказано, что все перечисленные мероприятия позволяют существенно снизить интенсивность износа поверхностей, изменение заданных параметров и характеристик технического состояния узлов, механизмов, увеличить ресурс составных частей и машины в целом. Отсюда снижается трудоемкость и продолжительность ТО и ремонта машин [9].

2. Создание адаптированной для современных условий системы технического обслуживания и ремонта, путем проведения системного анализа эксплуатационных показателей машин ведущими научно-исследовательскими институтами и вузами страны с целью их коррекции и установления гибких норм по обслуживанию и ремонту импортной сельскохозяйственной техники. Это позволит определить оптимальную модель периодичности технического обслуживания и ремонта, повысит количество и качество выполняемых регламентных работ, повысить уровень восстановления параметров при ремонте, предупредительной и своевременной замены изношенных деталей и т.д. В результате этого, увеличится наработка между отказами, снизится степень изменения технических и технологических характеристик машины в целом.

3. При производстве современных машин и машин последнего поколения реализуется концепция управления работой машины (машино-тракторного агрегата) как единого объекта с интеграцией в нее систем электронного управления агрегатов и узлов (трансмиссией, навесной системой, двигателем и др.), состоящих из различных конструкций. При этом разработка и конструктивное исполнение технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта, создание соответствующего программного обеспечения для этих целей в значительной степени отстает от производства техники. В этих условиях становится очевидным, что одним из направлений совершенствования системы обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин является внедрение и использование электронных средств и информационных технологий. Одним из основных условий реализация этого в ближайшей перспективе является использование цифровых баз данных,

«облачных» IT-технологий, электронных сервисных книжек с доступом информации к значительным объемам технической, сервисной и при этом всегда актуальной информации [7].

Безусловно все эти мероприятия позволят создать благоприятные условия по обеспечению работоспособности сельскохозяйственных машин российского и импортного производства. Очевидно, то, что современное состояние системы обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин российского и импортного производства не возможна без разработок и инноваций в этой области. По мнению специалистов, в этой области реализовано наименьшее количество инноваций, что также является следствием низкой инвестиционной активности предпринимателей [10].

Библиографический список

1. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России до 2020 года М.: 2011.

2. Развитие отечественного сельскохозяйственного машиностроения на примере производства специальной техники для картофелеводства и овощеводства М.: 2011.

3. Крылатых Э.Н., Строков С.Н. Перспективы развития мирового сельского хозяйства до 2050 года: возможности, угрозы, приоритеты. «Аграрное обозрение» - М.: 2009.

4. Аналитика. Показатели анализа. [Электронный ресурс]: Интерактивная витрина/Федеральная служба государственной статистики (Росстат) – Режим доступа: http://cbsd.gks.ru/#.

5. Лачуга Ю.Ф. и др. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2009. 80 с.

6. Бузун А.В. Анализ современного состояния и перспектив развития сельскохозяйственного машиностроения России. Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края, [Электронный ресурс], № заказа 1644/отв. ред. О. А. Краев — Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2014.

7. Черноиванов В.И., Габитов И.И., Неговора А.В.Цифровые технологии и электронные средства в системе технического обслуживания и ремонта автотракторной и комбайновой техники // Материалы междунар. научно-техн. конф. «Интеллектуальные машинные технологии и техника в сельском хозяйстве». –М.: РАН, ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. 2017. С. 19-22.

8. Аналитика. Экспресс-отчет. [Электронный ресурс]: Интерактивная витрина / Ассоциация «Росагромаш» – Режим доступа: http://www.rosagromash.ru/ru/express-report/51-express-report.

9. Нафиков М.З., Шакиров И.Р., Загиров И.И., Юнусбаев Н.М.

Остаточные напряжения в металле покрытия, нанесенного электроконтактной приваркой двух растянутых проволок. Упрочняющие технологии и покрытия. 2018. Т. 14. № 1 (157). С. 19-22.

10. Габитов И.И., Портнов В.И. Особенности технического сервиса импортных мобильных сельхозмашин // Тракторы и с.-х. машины: теорет. и науч.-практ. журн. 2007. № 1. С. 52.

УДК 621.01

КИНЕМАТИКА РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

***Белов Михаил Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, B-Mikhael@yandex.ru*

***Аннотация.** Предложено новое уравнение связи между скоростями точек ведущей и ведомой ветвей ремня. Получена новая формула для расчета передаточного отношения ременной передачи.*

***Ключевые слова:** ременная передача, кинематика ременной передачи.*

***Abstract.** The new equation for relationship between the speeds of points of leading and driven belt branches was proposed. The new formula for the belt transmission ratio was received.*

***Keywords:** belt transmission, kinematics of belt transmission.*

1. Объект исследования и основные обозначения

Ременная передача – это механическая система, состоящая из ведущего шкива, ведомого шкива и соединяющего их ремня.

Введем следующие обозначения (рисунок 1):

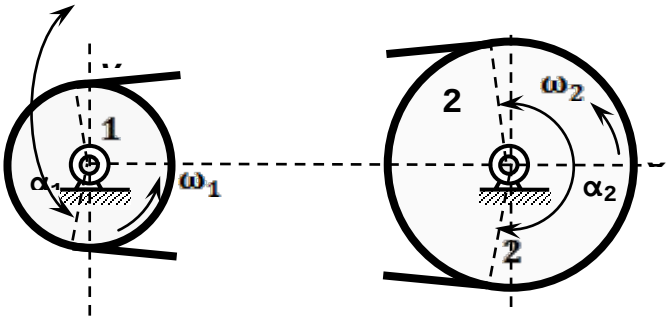


Рис. 1. **К расчету ременной передачи**

R_1, R_2 – радиус шкива 1 и шкива 2 соответственно, м;

α_1, α_2 – радиальный угол охвата ремнем ведущего и ведомого шкива соответственно, рад;

ε_u, ε_d – относительное удлинение среднего волокна ведущей и ведомой ветви ремня соответственно;

ξ – относительное скольжение ремня;

ω_1, ω_2 – угловая скорость шкива 1 и шкива 2 соответственно, рад/с;

v_u, v_d – скорость набегающей на шкив точки ремня ведущей и ведомой ветви соответственно, м/с;

u – передаточное отношение;

2. Формулировка задачи Задача состоит в выводе формулы для расчета передаточного отношения ременной передачи.

3. Кинематика ременной передачи

Кинематический расчет ременной передачи построен на теории упругого скольжения, разработанной Н.П. Петровым и Н.Е. Жуковским [1]. В соответствии с этой теорией на ведущем и ведомом шкивах существуют дуги упругого скольжения ремня. При этом вследствие упругого скольжения отношение скоростей точек ведомой и ведущей ветвей ремня линейно связано с относительным скольжением ремня, равным разности относительных удлинений ветвей [2]:

$$v_d = (1-\xi)v_u, \qquad (1)$$

где

$$\xi = \varepsilon_u - \varepsilon_d.$$

Рассмотрим ременную передачу с ведущим шкивом 1 и ведомым 2 при неизменной нагрузке и равномерных вращениях шкивов. Как показали исследования Н.П. Петрова и Н.Е. Жуковского, дуга охвата шкива ремнем состоит из участков сцепления и скольжения. Пусть точки *A*, *C* – концевые точки дуги охвата ремнем ведущего шкива с радиальным углом α_1 и *K*, *E* – концевые точки дуги охвата ремнем ведомого шкива с радиальным углом α_2 (рисунок 2).

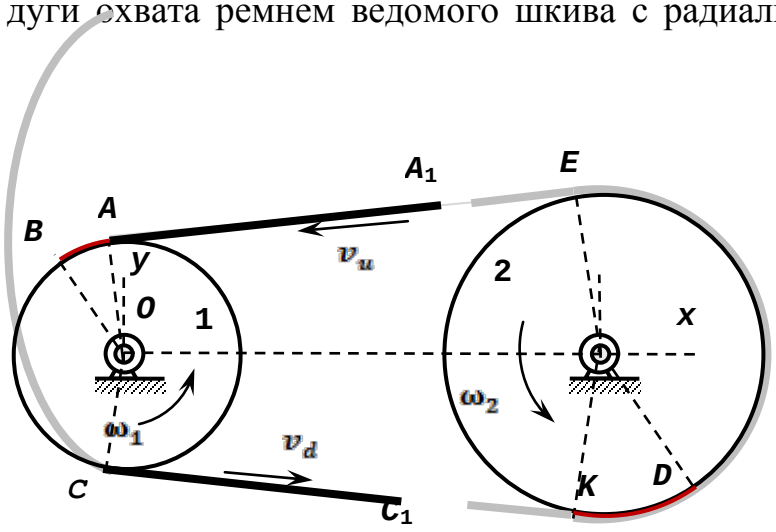


Рис. 2. **Ведущий шкив 1 с дугой сцепления**
AB и ведомый шкив 2 с дугой сцепления KD

Дугой упругого скольжения ведущего шкива служит дуга *BC* с радиальным углом охвата, не превышающим α_1. Дугой упругого скольжения ведомого шкива служит дуга *DE* с радиальным углом охвата, не превышающим α_2. Дуга *AB* ведущего шкива и дуга *KD* ведомого шкива служат дугами сцепления шкивов с ремнем. На дугах сцепления ремень набегает на шкивы без скольжения относительно шкивов. Таким образом, скорость v_u точек участка *AB* ведущей ветви ремня равна скорости точки *A* шкива, а скорость v_d точки *K* ведомой ветви ремня равна скорости точки *K* шкива. При этом скорости точек участка *BC* ремня, огибающего ведущий шкив, уменьшаются до величины v_d в

точке *C* схода, то есть участок *BC* ремня «отстает» от шкива из-за укорочения и скользит по шкиву. Аналогично скорости точек участка *DE* ремня, огибающего ведомый шкив, увеличиваются до величины v_u в точке *E* схода, то есть участок *DE* ремня «опережает» шкив из-за удлинения и скользит по шкиву. Очевидно,

$$\begin{cases} v_u = R_1\omega_1 \\ v_d = R_2\omega_2. \end{cases} \quad (2)$$

По определению,

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2}. \quad (3)$$

Формулу (3) с учетом равенств (1), (2), вытекающих из теории упругого скольжения Н.П. Петрова и Н.Е. Жуковского, можно переписать так:

$$u = \frac{R_2}{R_1}\frac{1}{1-\varepsilon_u+\varepsilon_d}. \quad (4)$$

Рассмотрим участок *AC* ремня, огибающий ведущий шкив. Пусть тот же участок ремня перед набеганием на шкив занимает положение AA_1 на ведущей ветви и после схода со шкива – положение CC_1 на ведомой ветви. Пусть t − время, за которое участок AA_1 длиной L_u займет место участка *AC*, а участок *AC* – место участка CC_1 длиной L_d:

$L_u = v_u t$; $L_d = v_d t$.

Следовательно,

$$\frac{L_u}{L_d} = \frac{v_u}{v_d}. \quad (5)$$

Пусть l – длина участка *AC* ремня в недеформированном состоянии. По определению, прямолинейные участки AA_1 и CC_1 ремня в разные моменты времени представляют один и тот же участок *AC* ремня, и их относительные удлинения ε_u, ε_d определяются так:

$$\varepsilon_u = (L_u - l)/l \quad ; \varepsilon_d = (L_d - l)/l. \quad (6)$$

Равенства (6) перепишем по-другому:

$L_u = (1+\varepsilon_u)l$; $L_d = (1+\varepsilon_d)l$.

Следовательно,

$$\frac{L_u}{L_d} = \frac{1+\varepsilon_u}{1+\varepsilon_d}. \quad (7)$$

Из равенств (5), (7) с тождественными левыми частями следует, что

$$\frac{v_u}{v_d} = \frac{1+\varepsilon_u}{1+\varepsilon_d}. \quad (8)$$

Формула (3) для передаточного отношения с учетом равенств (2), (8) примет вид

$$u = \frac{R_2}{R_1}\frac{1+\varepsilon_u}{1+\varepsilon_d}. \quad (9)$$

Формула (4) и новая формула (9) для оценки передаточного отношения ременной передачи содержат одинаковые параметры, но функционально различаются. Они доказывают, что передаточное отношение ременной передачи равно отношению радиусов ведомого и ведущего шкивов, умноженному на коэффициент пропорциональности, превышающий единицу и зависящий от относительных удлинений ведущей и ведомой ветвей ремня. При этом с увеличением относительного удлинения ведущей ветви ремня передаточное отношение увеличивается, а с увеличением удлинения ведомой ветви – уменьшается. Расчет показывает, что значение передаточного

отношения, полученное по формуле (9), превышает значение, полученное с помощью формулы (4).

Оценка тяговых характеристик ременной передачи с использованием формулы (9) и уравнений динамики согласуется с экспериментальными данными [3].

Вывод. Получена новая формула для передаточного отношения ременной передачи, расчет по которой приводит к увеличенной оценке.

Библиографический список

1. Гузенков П. Г. Детали машин // М.: Высшая школа. 1982. 352 с.

2. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Карп А.В. и др. Детали машин и основы конструирования // 2-е изд., перераб. и доп. − М.: КолосС. 2011. 512 с.

3. Белов М.И., Сорокин С.В. Теория механизмов и машин // 2-е изд., перераб. и доп. − М.: ИНФРА-М. 2018. 322 с.

УДК 621.01

КИНЕМАТИКА ФРЕЗЫ ПОЧВЕННОЙ С МАЛЬТИЙСКИМ МЕХАНИЗМОМ ПРИВОДА

***Белов Михаил Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, B-Mikhael@yandex.ru*

***Аннотация.** Приведены основные положения кинематического расчета мальтийского механизма, оснащенного крестом с радиальными пазами. Предложен алгоритм кинематического расчета почвенной фрезы с мальтийским механизмом привода. При заданной глубине рыхления и настроенной установке креста ротор и ножи в моменты входа в почву и выхода из почвы не вращаются. Применение мальтийского механизма снижает затраты энергии на рыхление переувлажненных суглинков за счет уменьшения кинетической энергии комков, отбрасываемых ножами на выходе из почвы, а также сокращает запыленность вблизи работающей фрезы и тем самым снижает эрозию почвы из-за ветров. Доказано, что применение мальтийского механизма не снижает качества рыхления почвы.*

***Ключевые слова:** Почвенная фреза, мальтийский механизм.*

***Abstract.** The Maltese mechanism kinematics was considered. The algorithm of the kinematic calculation of rotary tiller was proposed. It has been proven that the use of Maltese mechanism does not reduce the quality of tillage.*

***Key words:** Rotary tiller, Maltese mechanism.*

1. Объект исследования и основные обозначения

Фреза почвенная содержит корпус 3 (показан частично), редуктор 4 с коническими колесами, мальтийский механизм, состоящий из водила (диска) 2 с пальцами (цевками) 1 и креста 7 с радиальными пазами 8, ротор фрезы, вал

которого через редуктор или мультипликатор соединен соосно с валом 6 креста и диски 9 фрезы с укрепленными на них ножами 10 (рис. 1*a*). Привод водила осуществляется цепной передачей 5 с вала редуктора от ВОМ трактора (не показан).

Фреза почвенная работает следующим образом. При равномерном вращении водила один из пальцев после поворота водила на заданный угол заходит в паз креста. В моменты входа пальца в паз и выхода пальца из паза угловая скорость креста равна нулю. При заданной глубине рыхления и настроенной установке креста ротор и ножи в моменты входа в почву и выхода из почвы не вращаются. Следовательно, затраты энергии на рыхление переувлажненных суглинков сократятся за счет уменьшения кинетической энергии комков, отбрасываемых ножами на выходе из почвы. Применение мальтийского механизма также сокращает запыленность вблизи работающей фрезы и тем самым снижает эрозию почвы из-за ветров.

Введем следующие обозначения (рисунок 1*b*): φ_1 – угол поворота водила с отсчетом от луча в плоскости вращения водила, проходящего через центры водила и пальца в положении входа в паз креста, рад; α_0 – половина угла поворота водила за время движения пальца в пазу, рад; r_1, r_2 – расстояние от центров вращения водила и креста соответственно до центра пальца, м; L – расстояние между осями вращения водила и креста, м; ω_1 – угловая скорость водила, рад/с; ω_2 – угловая скорость креста, рад/с; k – число пазов креста.

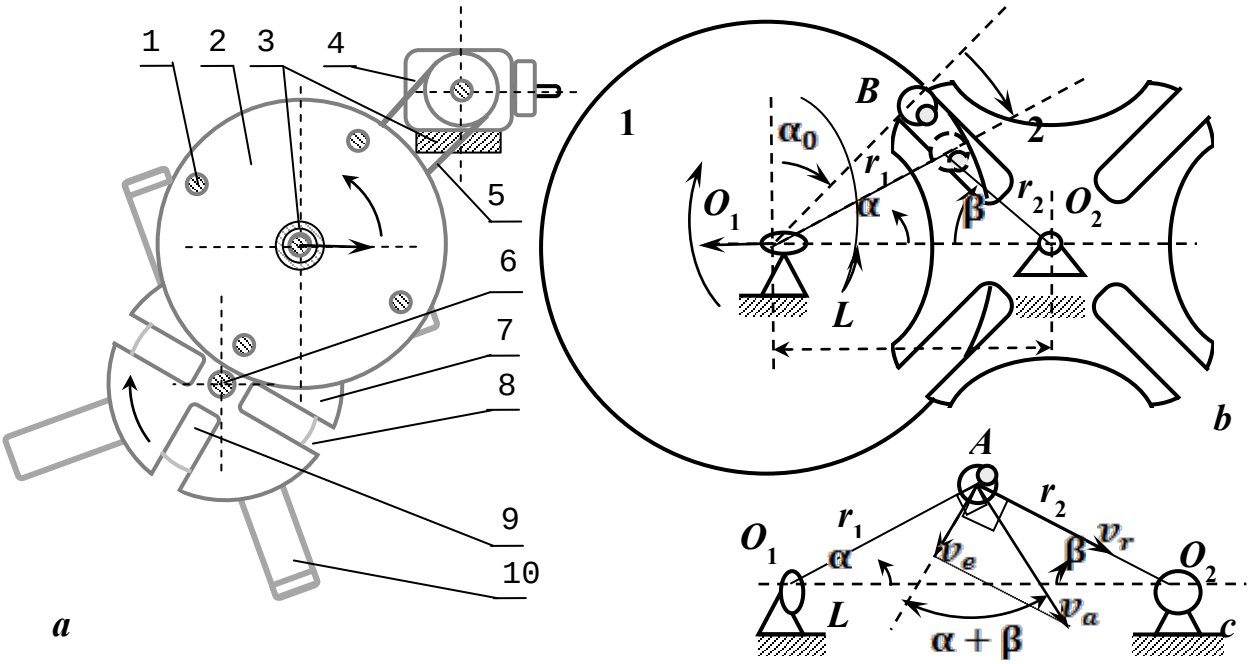


Рис. 1. Схема фрезы почвенной (*a*), схема мальтийского механизма (*b*) и расчетная схема для определения угловой скорости креста и ротора (*c*)

2. Кинематика мальтийского механизма

Рассмотрим треугольник O_1AO_2 с вершинами в центрах водила O_1, креста O_2 и пальца A (рисунок 1*c*). Пусть α, β − острые углы треугольника. При этом

угол α связан с углом поворота водила так:

$$\alpha = \alpha_0 - \varphi_1, \qquad (1)$$

где $\alpha_0 = \arccos\frac{r_1}{L}$ или $\alpha_0 = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{k}$ при безударном входе пальца в паз и $0 \le \varphi_1 \le 2\alpha_0$.

Запишем теоремы синусов и косинусов для треугольника O_1AO_2:

$$\begin{cases} r_2 \sin\beta = r_1 \sin\alpha \\ r_2 \cos\beta = L - r_1 \cos\alpha. \end{cases}$$

После деления обеих частей первого равенства на второе из второго равенства найдем β и r_2:

$$\beta = \operatorname{arctg}\frac{(r_2/L)\sin\alpha}{1-(r_1/L)\cos\alpha};\ r_2/r_1 = \frac{L/r_1 - \cos\alpha}{\cos\beta}. \qquad (2)$$

Первая формула (2) с учетом равенства (1) позволяет определить угол поворота, угловую скорость и угловое ускорение креста при заданном отношении параметров r_1 и L и функции $\varphi_1(t)$ зависимости угла поворота водила от времени.

Для упрощения анализа вращения креста воспользуемся теоремами сложения скоростей и ускорений центра *A* цевки.

Пусть v_a, v_r, v_e – величины абсолютной скорости, скорости относительно креста и переносной вместе с крестом скорости центра пальца (рисунок 1*c*). Как следует из теоремы о сложении скоростей [1], проекции абсолютной и переносной скорости центра пальца на ось, перпендикулярную вектору его относительной скорости, равны:

$$v_e = v_a \cos(\alpha + \beta)$$

или, так как $v_a = \omega_1 r_1$; $v_e = \omega_2 r_2$, то

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 r_1 \cos(\alpha+\beta)}{r_2}. \qquad (3)$$

Уравнение (3) позволяет установить связь между угловыми скоростями водила и креста. Анализ уравнения показывает, что в момент входа пальца в паз креста, когда $\alpha + \beta = \pi/2$, угловая скорость креста равна нулю, то есть вход осуществляется без жесткого удара. При равномерном вращении водила и движении пальца в пазу к оси вращения креста сумма $(\alpha+\beta)$ уменьшается и числитель увеличивается, а знаменатель уменьшается, то есть угловая скорость креста возрастает. При этом максимум ω_{2m} угловой скорости креста достигается в положении центра пальца на прямой, соединяющей центры водила и креста:

$$\omega_{2m}\omega_1 r_1/(L - r_1).$$

Аналогично можно найти угловое ускорение [2].

3. Кинематика ротора и ножей фрезы

Введем дополнительные обозначения (рисунок 2*a*):*Oxy* – неподвижная система декартовых координат с горизонтальной осью *Ox* и вертикальной осью *Oy*; *R* – радиус фрезы, м; *h* – глубина рыхления, м; *H* – расстояние от оси ротора до пахотного пласта, м; φ – угол поворота ножа 1 фрезы с отсчетом от оси *Ox*, рад; ω – угловая скорость фрезы, рад/с; v – скорость корпуса фрезы вдоль оси *Ox*, м/с; n – передаточное отношение редуктора или мультипликатора, соединяющего валы креста и ротора фрезы; x_1, y_1 – координаты конца ножа 1;

x_2, y_2 – координаты конца ножа 2.

Примем $k = 3$; $n = 1$. За время движения пальца в пазу креста и поворота водила на 60 градусов ($0 \le \varphi_1 \le \pi/3$) нож фрезы повернется на 120 градусов вокруг оси ротора. Установим нож фрезы так, чтобы при входе пальца водила в паз креста нож входил в почву ($\pi/6 \le \varphi \le \pi/6 + 2\pi/3$). Тогда непрерывность рыхления обеспечат три ножа на окружности ротора в одной плоскости вращения. При этом в моменты входа в пласт и выхода из пласта ротор с ножом не вращается вокруг оси (рисунок 2*a*).

По определению,

$$dt = \frac{d\varphi_1}{\omega_1} = \frac{d\varphi}{\omega}.$$

Так как $\omega = \frac{\omega_2}{n}$, то из последнего равенства следует, что

$$\varphi = \frac{1}{n}\int_0^{\varphi_1} \frac{\omega_2}{\omega_1} d\varphi_1. \qquad (4)$$

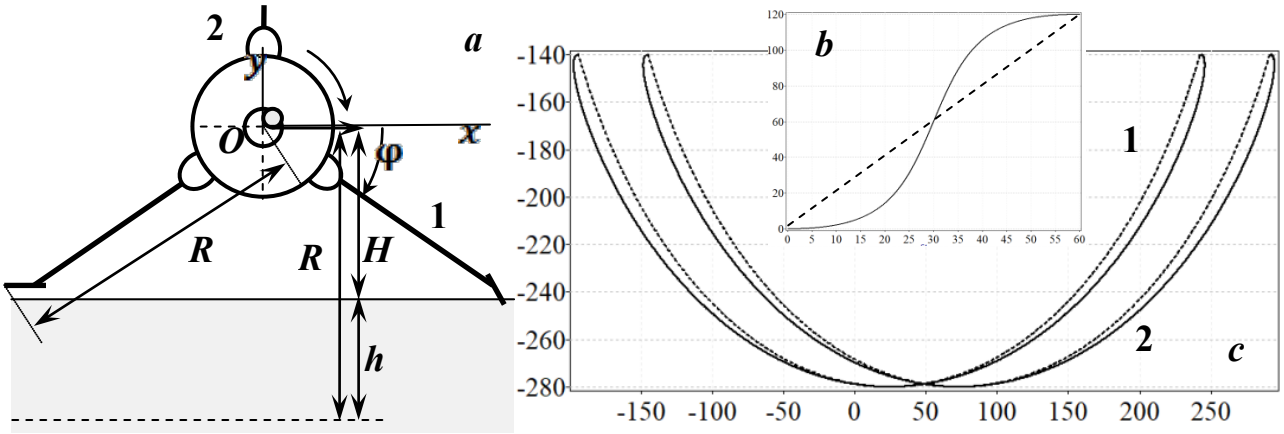


Рис. 2. ***a*. Внедрение ножа 1 в почву; *b*. Зависимости угла поворота фрезы (град) от угла поворота водила (град) (сплошная линия) и от угла поворота входного вала мультипликатора без мальтийского механизма (пунктирная линия); *c*. Зависимости координаты *y* (мм) от координаты *x* (мм) концов ножей 1, 2 фрезы с мальтийским механизмом привода (сплошные линии) и без мальтийского механизма (пунктирные линии)**

Перепишем равенство (4) после подстановки в него выражения для ω_2 из формулы (3) с учетом формул (1), (2) так:

$$\varphi = \frac{r_1}{n}\int_0^{\varphi_1} \frac{\cos(\alpha+\beta)}{r_2} d\varphi_1. \qquad (5)$$

Равенство (5) позволяет найти зависимость угла поворота фрезы от угла поворота водила. Уравнения траекторий концов ножей 1, 2 запишем в параметрическом виде с параметром φ_1:

$$\begin{cases} x_1 = R[\varphi_1/\lambda + \cos(\varphi + \pi/6)] \\ y_1 = -R\sin(\varphi + \pi/6); \end{cases} \qquad (6)$$

$$\begin{cases} x_2 = R[(\varphi_1 + \pi/3)/\lambda + \cos(\varphi + \pi/6)] \\ y_2 = -R\sin(\varphi + \pi/6), \end{cases} \qquad (7)$$

где $\lambda = R\omega_1/v$; $0 \le \varphi_1 \le \pi/3$.

Следует отметить, что уравнения траекторий концов ножей 1, 2 фрезы без

использования мальтийского механизма записываются теми же уравнениями с заменой функции φ на параметр $2\varphi_1$.

4. Алгоритм расчета

1. Задаем исходные данные:

$k = 3$; $n = 1$; $R = 280$ мм; $\lambda = 6$.

2. Вычисляем α_0 по формуле $\alpha_0 = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{k}$.

3. Вычисляем отношение r_1/L как отношение катета к гипотенузе в прямоугольном треугольнике O_1BO_2 (рис. 1*b*): $r_1/L = \cos\alpha_0$.

4. Назначаем начальный угол поворота фрезы: $\varphi_1 = 0$ рад.

5. Увеличиваем значение φ_1 на заданный шаг.

6. Вычисляем α по формуле (1).

7. Вычисляем β, r_2/r_1 по формулам (2).

8. Вычисляем φ по формуле (5) методами численного интегрирования.

9. Вычисляем координаты x_1, y_1 по формулам (6) и x_2, y_2 по формулам (7).

10. Повторяем пункты 5..9, пока $\varphi_1 \leq \pi/3$.

11. Вычисляем H, h, когда $\varphi = \pi/6$ (рисунок 2*a*): $H = R\sin\varphi$; $h = R - H$.

Для сравнительного анализа на основе данного и усовершенствованного алгоритмов нами разработана компьютерная модель почвенной фрезы в среде “Lazarus”, позволяющая наблюдать движения ножей, исследовать качество рыхления, размеры комков, кинематические, динамические и энергетические характеристики фрезы с мальтийским механизмом привода и без него.

В частности, установлено, что применение мальтийского механизма практически не влияет на размеры отрезаемого ножом куска пласта и высоту гребня борозды (рисунок 2*c*).

Выводы: 1. Применение мальтийского механизма в приводе фрезы не влияет на размеры отрезаемого ножом куска пласта и высоту гребня борозды.

2. Применение мальтийского механизма в приводе фрезы позволяет уменьшить скорость частиц выбрасываемых комков почвы, что повышает эффективность рыхления переувлажненных суглинков за счет снижения налипания на корпус и уменьшения кинетической энергии комков.

Библиографический список

1. Белов М.И., Пылаев Б.В. Теоретическая механика // 2-е изд., перераб. и доп. − М.: ИНФРА-М. 2018. 335 с.

2. Белов М.И., Сорокин С.В. Теория механизмов и машин // 2-е изд., перераб. и доп. − М.: ИНФРА-М. 2016. 322 с.

УДК: 631.37

РЕСУРСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРНОГО ПАРКА

***Зубина Валерия Александровна**, младший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vlshev@mail.ru*
***Шевцов Владимир Георгиевич**, кандидат технических наук, научный консультант, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vlshev@mail.ru*
***Лавров Александр Владимирович**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией мобильных энергетических средств и ходовых систем, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vlshev@mail.ru*

***Аннотация.** Машинно-тракторный парк является одним из важнейших элементов цепочек создания стоимости в сельском хозяйстве, определяя доступные агротехнологии, производительность труда, себестоимость продукции и масштабируемость выпуска. Однако его современное состояние можно назвать плачевным. В связи с этим предлагается заменить отраслевой подход к восстановлению сельского хозяйства ресурсным. Рассмотрены основные ресурсные характеристики тракторного парка, а также представлена схема годового цикла переноса стоимости и восстановления ресурсного обеспечения сельскохозяйственного механизированного производства в условиях ограниченности ресурсов.*

***Ключевые слова:** тракторный парк, ресурсные характеристики, механизированное производство, технологическая потребность, тракторооснащенность.*

***Abstract.** The machine and tractor fleet is one of the most important elements of value chains in agriculture, determining available agro-technologies, labor productivity, production costs and output scalability. However, its current state can be called deplorable. In this regard, it is proposed to replace the sectoral approach to the restoration of agriculture by resource. The main resource characteristics of the tractor fleet are considered, as well as a diagram of the annual cycle of cost transfer and restoration of resource support for agricultural mechanized production in conditions of limited resources.*

***Keywords:** tractor fleet, resource characteristics, mechanized production, tractors implementation.*

Государственная поддержка за период с 2008 г. по 2014 г. превысила 1 трлн. руб., однако оказалась недостаточно эффективной и не смогла повысить продуктивность сельского хозяйства до уровня простого воспроизводства ресурсов [1-3]. Тракторный парк за этот период сократился с 364,4 тыс. тракторов до 247,3 тыс. тракторов [4-5] (сокращение составило 117,1 тыс. тракторов или 32%, при этом тракторооснащенность уменьшилась с 5,0 до 3,5 [6-8] тр/1000 га пашни), что говорит о том, что продуктивность обеспечивалась за счет истощения ранее созданных ресурсов. При этом, как показывают данные исследований [2], степень дифференциации регионов по уровню

ресурсного потенциала постоянно растет, что не в последнюю очередь обусловлено концентрацией объема государственных субсидий.

Использование ресурсного подхода с учетом закона минимума Ю. Либиха и определением тракторного парка как критического звена в сельскохозяйственном производстве, позволяет дать оценку эффективности существующей государственной поддержки. Так, если мы имеем тракторооснащенность на уровне 35% от оптимальной технологической потребности, то, несмотря на рост государственной поддержки по прочим направлениям, условные потери в виде недополученной продукции в 2014 г. могли достигать 30% от фактического объема, т.е. примерно 1,26 трлн. руб.

Указанные потери могли возникать из-за нарушения и упрощения агротехнологий, сроков и качества выполнения полевых работ. Кроме того, несоблюдение агротехнологий ведет и к косвенным потерям из-за общего ухудшения качества продукции (влажность, количество питательных веществ и т.п.), потери ее рыночной стоимости, потерь при хранении и т.д.

Тракторный парк – средство производства с определенной физической (экономической, информационной или другой) природой, переносящее в той или иной мере эффективно свою стоимость на продукцию в условиях взаимодействия с другими видами ресурсов, характеризуется:

- стоимостью;
- технологической потребностью;
- участием в производственном процессе с определенной продолжительностью полного производственного цикла;
- количественно-возрастной структурой;
- нормой амортизационных отчислений;
- накопленным объемом амортизационных средств;
- уровнем господдержки;
- средней мощностью трактора;
- степенью восстановления в полном производственном цикле.

В сельскохозяйственном производстве работают ресурс техники, ресурс пашни, ресурс кадрового потенциала и ресурс инфраструктуры.

В нашем случае мы должны рассмотреть ресурсные потоки, включающие:

- основные фонды:
  - тракторный парк – M (количество тракторов);
  - пашня – $П$ (площадь пашни);
  - фонд амортизации МТП – $Ф$ (тыс. руб.);
- оборотные средства – $С$ (тыс. руб.);
- трудовые ресурсы – $К$ (количество рабочих мест).

В общей схеме годового цикла переноса стоимости и частичного восстановления ресурсного обеспечения механизированного сельскохозяйственного производства в условиях ограниченности ресурсов (рисунок) в качестве вмененных издержек, составляющих альтернативную цену, следует

рассматривать сокращение тракторного парка ΔM_{1A}, которое определяет потери пашни $\Delta П_{1A}(\Delta M_{1A})$ и потери трудового ресурса в виде сокращения рабочих мест $\Delta К_{1A}(\Delta M_{1A})$.

Приведенная схема ресурсного обеспечения механизированного сельскохозяйственного производства показывает, что цена феномена «живучести» убыточных предприятий определяется истощением национальных ресурсов в виде пашни и кадрового потенциала с одновременным использованием техники сверх срока амортизации.

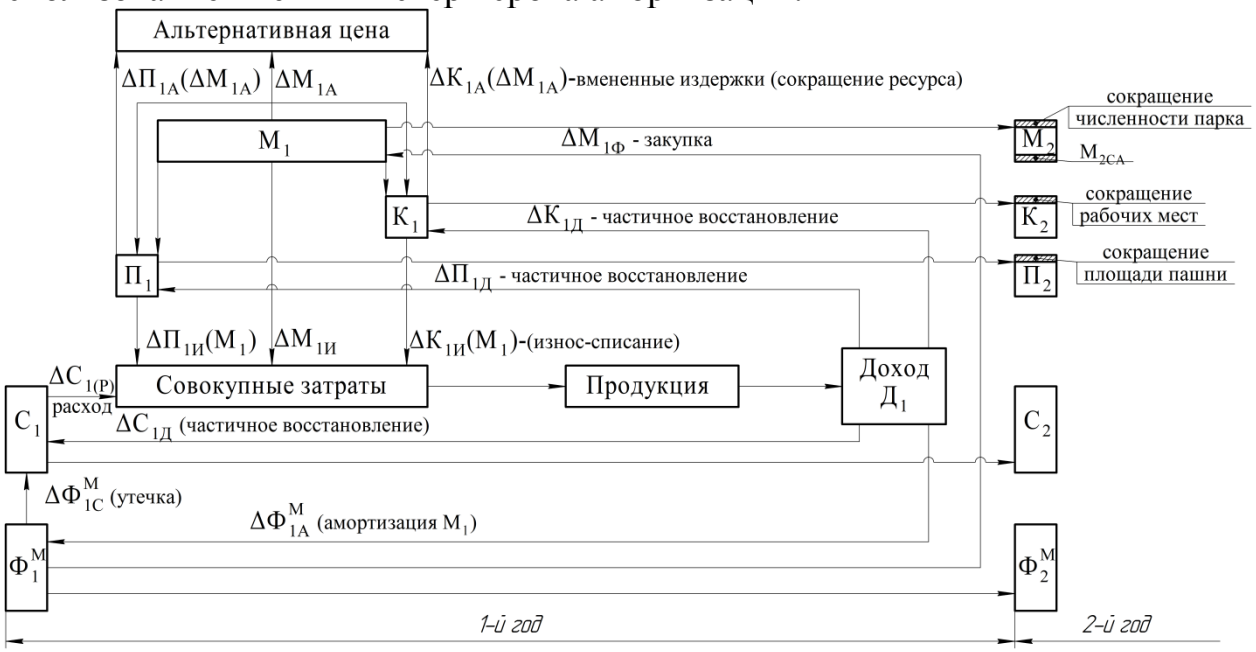


Рис. 1. **Общая схема годового цикла переноса стоимости и восстановления ресурсного обеспечения сельскохозяйственного механизированного производства в условиях ограниченности ресурсов**

В этом случае полную себестоимость $C_{пол}$ следует рассматривать как состоящую из двух составляющих:

$$C_{пол} = C_{пр} + C_{уб}, \quad (1)$$

где $C_{пр}$ – составляющая, соответствующая затратам на производство при его прибыльном состоянии, определяемая по методике [9];

$C_{уб}$ – дополнительная составляющая, возникающая при сокращении ресурсов производства.

Оптимизацию тракторного парка необходимо проводить по критерию минимума совокупных затрат и потерь [10], в условиях дефицита и эксплуатации тракторного парка за сроком амортизации, а также потерянной выгоды, связанной с сокращением тракторного парка, пашни и кадрового потенциала.

Библиографический список

1. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2012 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2008-2012 годы» // Министерство сельского хозяйства РФ. М. 2013.

2. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2013 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» // Министерство сельского хозяйства РФ. М. 2014.

3. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2014 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» // Министерство сельского хозяйства РФ. М. 2015.

4. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В., Ошеров А.Н. Проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов России. Часть 1. Состояние тракторного парка // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015 № 3. С. 9-14.

5. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В., Ошеров А.Н. Проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов России. Часть 2. Сложившийся рынок тракторов и проблемы развития тракторного парка // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 4. С. 5-11.

6. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В. 3-5, Парк тракторов: состояние и направления развития // Сельский механизатор. 2015. № 9. С. 3-5

7. Смирнов М.А., Лавров А.В., Шевцов В.Г. О необходимости восстановления механизированного сельскохозяйственного производства в России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. Т.14 № 1 (358). С. 48-61.

8. Лавров А.В. Оптимизация количественно-возрастного состава тракторного парка хозяйства как системы с ограниченным ресурсом: Дис. канд. техн. наук. М.: ВИМ. 2013. 267 с.

9. Шевцов В.Г., Годжаев З.А., Лавров А.В., Зубина В.А. Методика определения оптимального состава тракторного парка в условиях нарушенного воспроизводства ресурсов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 9-14.

10. Драгайцев В.И., Морозов Н.М. и др. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве // Москва: ВНИИЭСХ. 2009. 147 с.

УДК: 631.37

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

***Лавров Александр Владимирович**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией мобильных энергетических средств и ходовых систем, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vlshev@mail.ru*
***Шевцов Владимир Георгиевич**, кандидат технических наук, научный консультант, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vlshev@mail.ru*
***Зубина Валерия Александровна**, младший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vlshev@mail.ru*

***Аннотация.** Существующие методы оценки технического уровня, как в России так и за рубежом, связаны с экспертным подходом, ограничивающимся качественным характером выводов, который не позволяет прогнозировать количественное изменения эксплуатационных показателей. В связи с этим при наличии на российском рынке до 35 моделей с равными мощностными возможностями возникает проблема конкретизации выбора. В статье рассмотрена новая методика оценки технического уровня сельскохозяйственных тракторов, конкурирующих в одном мощностном диапазоне.*

***Ключевые слова:** Сельскохозяйственный трактор, технический уровень, конкурирующие модели, потенциальная безразмерная тяговая характеристика, эталонный трактор, сменная производительность на вспашке.*

***Abstract.** Existing methods of assessing the technical level, both in Russia and abroad, are associated with an expert approach that is limited by the qualitative nature of the conclusions, which does not allow predicting a quantitative change in performance. In this regard, if there are up to 35 models on the Russian market with equal power capabilities, the problem of specifying the choice arises. The article considers a new technique for assessing the technical level of agricultural tractors competing in one power range.*

***Keywords:** Agricultural tractor, technical level, competing models, potential dimensionless traction characteristic, reference tractor, replaceable productivity on plowing.*

Переход от плановой экономики к рыночным отношениям вызвал значительные изменения в обеспечении сельского хозяйства техникой. Появилась техника, выпускаемая практически во всех республиках, областях и краях Российской Федерации, а также новая техника ближнего и дальнего зарубежья (таблица 1) [1-3]. При существующем многообразии конструкций и марок машин (в пяти мощностных группах от 11 до 38 марок) очень трудно выбрать нужную для сельскохозяйственных предприятий технику и обосновать потребность в ней [4, 5].

Таблица 1

Структура модельного ряда колесных сельскохозяйственных тракторов, представленных на российском рынке, шт (2015 г.)

Государственная принадлежность производства	Диапазон мощности, кВт (л.с.)					
	до 25 (35)	26-74 (35-100)	75-148 (100-200)	149-222 (200-300)	223 и более (300)	всего
РФ	6	9	6	9	4	34
СНГ	5	28	8	4		45
Дальнее зарубежье		1	11	9	11	32
ВСЕГО	11	38	25	22	15	111

Проведено исследование влияния технических характеристик тракторов на производительность пахотных агрегатов на их базе.

Существовавшие ранее методы оценки технического уровня были основаны на сравнении показателей заводской технической характеристики, при этом их ранжирование проводили путем опроса экспертов. Получаемые в этом случае заключения носили описательный характер. В данном исследовании предлагается рассмотреть возможности применения компьютерного моделирования для получения однозначных результатов.

Рассматривая конкурирующие модели необходимо учитывать показатели технического уровня, влияющие на сменную производительность при проведении вспашки. Всего 19 показателей (таблица 2).

Сравнить потенциальную эффективность тракторов с учетом различий в техническом уровне позволяет компьютерное моделирование сменной производительности пахотных агрегатов в эталонных условиях (таблица 3).

Таблица 2

Показатели технического уровня трактора, учитываемые при моделировании сменной производительности пахотных агрегатов

Система	Показатели
Трактор	Эксплуатационная масса, $m_э$, кг Автоматизация управления поворотом Расположение пульта управления: справа (по центру) Минимальный радиус поворота, м
Двигатель	Эксплуатационная мощность $P_н$, кВт Коэффициент запаса крутящего момента, $К_{зап}$
Трансмиссия	Механическая: ПСР, ПНХ, АПНХ Отношение передаточных чисел, q Гидромеханическая Гидрообъемная
Колёсный движитель	Колёсная формула: 4К2, 4К4а, 4К4б
Гусеничный движитель	Металлическая гусеница: МШ, РМШ Резиноармированная гусеница: ФЗ, ЦЗ

ПСР – переключение с разрывом потока мощности;
ПНХ – переключение на ходу;
АПНХ – автоматическое переключение на ходу;
$P_н$ – мощность эксплуатационная (по ГОСТ 18509-88 или ISO)
МШ – металлический шарнир;
РМШ – резино-металлический шарнир;
ФЗ – фрикционное зацепление;
ЦЗ – цевочное зацепление.

Таблица 3

Эталонные условия

Показатель	Единица измерения	Численное значение
Площадь поля	га	50,0
Длина гона	м	800
Удельное сопротивление (базовое значение)	кПа	55
Коэффициент прироста удельного сопротивления	% на 1 км/ч	3,5
Среднее расстояние переезда	Км	5

При этом в качестве базового значения выбирается сменная производительность пахотного агрегата на базе условного эталонного трактора ТЭ-100, по характеристикам близкого к трактору ДТ-75Н (таблица 4).

Таблица 4

Характеристика эталонного трактора ТЭ-100

Система	Показатели		
	Наименование	Единица измерения	Численное значение
Трактор	Эксплуатационная масса	кг	6300
	Автоматизация управления поворотом		нет
	Расположение пульта управления		Справа
	Минимальный радиус поворота	м	2,4
Двигатель	Эксплуатационная мощность	кВт	73,5
	Коэффициент запаса крутящего момента	%	15
Трансмиссия	Механического типа		Переключение с разрывом пока мощности (ПСР)
Движитель	Гусеничный		С металлическим шарниром

Обобщенным показателем технического уровня принято отношение $k_э$ сменной производительности пахотного агрегата на основе рассматриваемой модели трактора $W_{см}$ к сменной производительности пахотного агрегата $W_{см}^{э}$ на основе эталонного трактора ТЭ-100, которое называется коэффициентом перевода в эталонные тракторы:

$$k_э = \frac{W_{см}}{W_{см}^{э}} \qquad (1)$$

В качестве исходного энергетического показателя трактора принята его потенциальная безразмерная тяговая характеристика, представляющая

зависимость тягового кпд $\eta_т$ и буксования δ от коэффициента использования сцепного веса $\varphi_{кр}$ (рисунок 1).

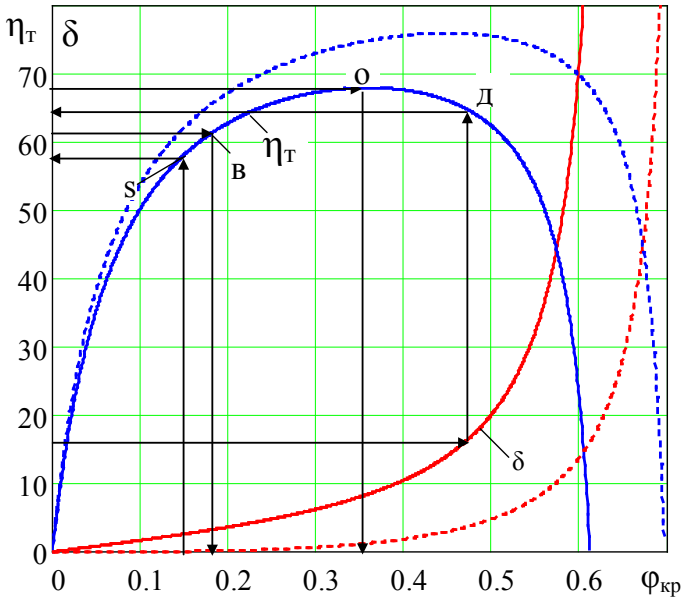


Рис. 1. **Безразмерная потенциальная тяговая характеристика трактора и координаты опорных точек**

агрофон – стерня.

——— - 4К4а; ----- - гусеничный

Базовой зависимостью для расчета безразмерной тяговой характеристики является зависимость буксования δ от коэффициента использования сцепного веса $\varphi_{кр}$, которая достаточно точно аппроксимируется в виде [5]:

$$\delta(\varphi_{кр}) = \frac{a\varphi_{кр}}{b - \varphi_{кр}} \qquad (2)$$

В предлагаемом выражении коэффициенты a и b однозначно связаны в точке максимума тягового кпд $(\eta_{тmax})$ со значениями $\varphi_{кр}$ и δ. Данная связь позволяет закоординированными опорными точками задать протекание безразмерной потенциальной характеристики трактора с учетом показателей технического уровня движителя.

В качестве опорных точек (рисунок 1), приняты следующие:

о – максимальное значение КПД $\eta_т$;

д – предельно допустимое буксование;

в – левая граница работы трактора по допустимому снижениюη$_т$;

s – нижняя граница тягового диапазона.

Таблица 6

Обобщенная оценка влияния показателей технического уровня тракторов на сменную производительность МТА

Показатель	Базовые значения	Диапазон изменения	Влияние в % при постоянных: мощности, массе и прочих показателях технического уровня		
			$V_р$	$\tau_{см}$	$W_{час\ смены}$
Коэффициент запаса крутящего момента	15%	10%	-5,6	-4,0	-9,3
		15%	0	0	0
		30%	+9,0	+4,5	+14,0
		45%	+10,3	+5,1	+16,1
Тип трансмиссии	ПСР	ПСР	0	0	0
		ПНХ	+4,8	+6,0	+11,1
		АПНХ	+5,2	+8,3	+14,0
		Гидромех.	-8,0	+3,6	-4,7
		Гидрообъемн.	-7,8	+3,3	-4,1
Отношение передаточных чисел	1,15	1,1	+1,4	0	+1,4
		1,15	0	0	0
		1,20	-1,4	0	-1,4
		1,25	-2,8	0	-2,8
Автоматизация управления поворотом	Отсутствует	Отсутствует			
		Имеется	-	+4,0	+4,0
Расположение поста управления	Справа	Справа	-	0	0
		По центру	-	+7,0	+7,0
Минимальный радиус поворота (max угол поворота	(35^o)	25	-	-1,2	-1,2
		35	-	0	0
		45	-	+1,2	+1,2

Библиографический список

1. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В., Ошеров А.Н. Современные и перспективные проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов. Часть 1 Состояние тракторного парка // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 3. С. 9-14.

2. Кряжков В.М., Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В., Ошеров А.Н. Современные и перспективные проблемы формирования инновационного парка сельскохозяйственных тракторов. Часть 2. Сложившийся рынок тракторов и проблемы развития тракторного парка» // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 3. С. 5–11.

3. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С., Савельев Г.С., Сизов О.А. Шевцов В.Г. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года // М., ВИМ. 2012. 67 с.

4. Шевцов В.Г., Лавров А.В., Зубина В.А. Методика оценки эффективности сельскохозяйственного производства при нарушенном

воспроизводстве тракторного парка // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: Сб. науч. статей МНТК. – Минск: БГАТУ. 2017. С. 520-523.

5. Соловейчик А.А., Шевцов В.Г., Орлов Н.М. Теория и расчет мобильных агрегатов с активными рабочими органами, совмещающими функции движителей // М.: ВИМ. 2009. 184 с.

УДК 665.004.55

ОЧИСТКА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

***Улюкина Елена Анатольевна**, доктор технических наук, заведующая кафедрой инженерной химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, eulykina@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. Предложены конструкции гидродинамических фильтров для очистки топлива, масел, гидравлических жидкостей и т.п. Применение таких фильтров позволит повысить чистоту нефтепродуктов, применяемых при эксплуатации сельскохозяйственной техники, и обеспечить надежность ее функционирования.*

***Ключевые слова:** гидродинамические фильтры, очистка нефтепродуктов.*

***Abstract**. The proposed design of the hydrodynamic filters for cleaning fuels, oils, hydraulic fluids, etc. The using of filters increases the purity of the oil used in the operation of agricultural machinery, and ensures the reliability of its functioning.*

***Key words:** hydrodynamic filter, cleaning oil.*

Очистка топлива и смазочных материалов является необходимой частью комплекса мероприятий по сохранению качества этих продуктов при транспортно-складских и заправочных операциях, поскольку эта проблема непосредственно связана с обеспечением надежности функционирования транспортной и сельскохозяйственной техники. Наличие в топливе абразивных загрязнений резко ухудшает работоспособность топливной аппаратуры, вызывая износ поверхностей прецизионных пар, это может привести к заклиниванию сопряженных деталей [1].

Известно много различных способов удаления загрязняющих веществ из нефтепродуктов, однако в сельскохозяйственном производстве наиболее распространенным способом очистки топлива и масел является их фильтрование через пористые перегородки. Существует множество конструкций фильтров, они постоянно совершенствуются, находят применение новые материалы, например, пористые полимерные фильтроэлементы [2]. Однако применение фильтров имеет особенности, затрудняющие эксплуатацию и обслуживание этих устройств. К недостаткам фильтров относится ограниченный ресурс работы, это связано с закупориванием пор фильтрующей

перегородки загрязнителями, что требует ее периодической замены или промывки.

Конструкция гидродинамических фильтров позволяет осуществлять непрерывную регенерацию фильтрационных элементов непосредственно на фильтре без остановки процесса очистки, при этом одновременно осуществляются процесс фильтрования топлива или масла через пористую перегородку и процесс гидродинамического воздействия инерционных сил потока жидкости на загрязнения, непрерывно удаляющиеся с поверхности этой перегородки. Гидродинамические фильтры с неподвижными фильтрационными элементами имеют весьма простую конструкцию, но требуют отвода на сброс части очищаемого нефтепродукта для создания продольного потока жидкости вдоль пористой перегородки.

Гидродинамические фильтры целесообразно использовать для очистки топлива, масел и гидравлических жидкостей от загрязнений в циркуляционных системах, где осуществляется возврат части нефтепродукта в бак системы, а также в тех средствах заправки, технологическая схема которых позволяет производить сброс части нефтепродукта из фильтра в расходную емкость, например, в системах питания дизелей, в системах смазки двигателей и других агрегатов, в системах гидропривода и т.п.

Устройство для очистки жидкостей в циркуляционных системах [3] представляет собой гидродинамический фильтр, в котором фильтрационный элемент выполнен в виде усеченного конуса, для обеспечения равномерной подачи нефтепродукта на рабочую поверхность пористой перегородки и одинакового давления по всей ее высоте (рисунок 1).

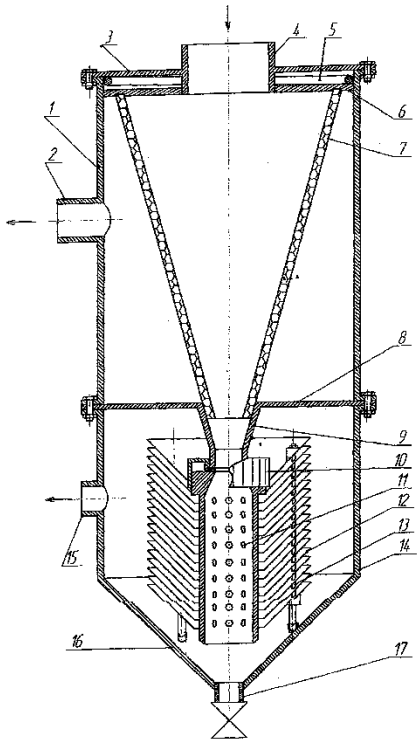


Рис. 1. **Устройство для очистки жидкостей в циркуляционных системах:**
1 – корпус; 2 – патрубок выхода очищенного продукта; 3 – крышка; 4 – патрубок подвода продукта; 5 – пружина; 6 – основание фильтрационного элемента; 7 – пористая перегородка; 8 – днище корпуса; 9 – патрубок сброса части продукта; 10 – накидная гайка; 11 – перфорированная трубка; 12 – пакет конических тарелок; 13 – стяжка; 14 – насадка; 15 – патрубок возврата топлива в бак; 16 – днище насадки; 17 – патрубок слива отстоя.

В процессе гидродинамического фильтрования некоторая часть нефтепродукта вместе с загрязнениями, не попавшими в пористую перегородку, будет сбрасываться из внутренней полости фильтрационного элемента и отводиться обратно в бак циркуляционной системы или расходную емкость средства заправки. Для

очистки сбрасываемого нефтепродукта, который содержит повышенную концентрацию загрязнений, предусмотрено дополнительное очистное устройство – динамический тарельчатый отстойник. При его использовании повышается эффективность очистки, так как скорость потока при движении по поверхности тарелок замедляется, что способствует осаждению загрязнений.

Помимо загрязнения нефтепродуктов механическими загрязнениями и влагой, отрицательное воздействие на качество горюче-смазочных материалов оказывают продукты окисления и полимеризации нефтяных углеводородов, в частности фактические смолы. Для очистки топлива от механических загрязнений и фактических смол в результате сравнительных испытаний различных фильтрующих материалов выбран комбинированный двухслойный пористый наноматериал, изготовленный на основе активированного угля и ацетиленовой сажи с использованием в качестве связующего фторопластовой суспензии и армированный металической сеткой [4].

Этот материал нашел применение в качестве пористой перегородки фильтрационного элемента устройства [5] для комплексной очистки топлива от механических примесей, эмульсионной воды и продуктов окисления углеводородов (рисунок 2).

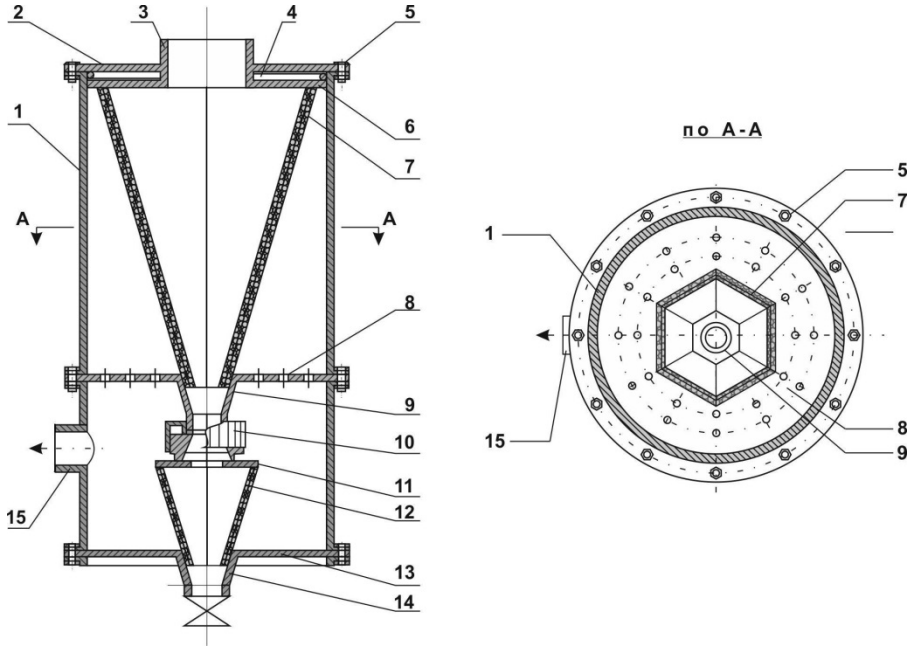


Рис. 2. **Устройство для комплексной очистки топлива:**
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – входной патрубок; 4 – пружина; 5 – болт в сборе; 6 – основание фильтрующего элемента; 7 – пористая перегородка; 8 – перфорированное днище; 9 – патрубок сброса части топлива; 10 – накидная гайка; 11 – основание дополнительного фильтрующего элемента; 12 – пористая перегородка дополнительного фильтрующего элемента; 13 – днище; 14 – патрубок слива отстоя; 15 – выходной патрубок.

Устройство представляет собой гидродинамический фильтр с фильтрационным элементом в виде правильной усеченной пирамиды, и дополнительный фильтрационный элемент для очистки той части топлива, которая создает гидродинамический эффект на внутренней поверхности

основного фильтрационного элемента. Дополнительный фильтрационный элемент геометрически подобен основному, но выполнен в масштабе 1:10, так как количество сбрасываемого топлива не превышает 10% от общего его количества, поступающего для очистки. При необходимости для уменьшения количества сливаемого топлива можно увеличить число дополнительных ступеней, сохраняя указанное отношение их геометрических размеров к размерам предыдущей ступени.

Устройства для очистки нефтепродуктов должны обеспечивать комплексную очистку нефтепродуктов от механических загрязнений, эмульсионной воды и продуктов окисления, а также иметь максимальный ресурс работы за счёт непрерывного удаления загрязнений с рабочей поверхности фильтрационного элемента в процессе эксплуатации, этим требованиям в наибольшей степени отвечают гидродинамические фильтры [6]. Предложенные устройства для очистки нефтепродуктов позволяют существенно снизить количество загрязнений и эмульсионной воды в топливах и маслах и обеспечить надежную работу сельскохозяйственной техники.

Библиографический список

1. Коваленко В.П., Улюкина Е.А. Снижение износа деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2012. № 9. С. 12-15.

2. Пат. № 2370303 Российская Федерация, МПК B01D2/4. Фильтр для очистки жидкостей / Коваленко В.П., Пирогов Е.Н., Улюкина Е.А., Королев И.А., Островский Е.А., Давлетьяров Ш.А. – № 2008123496, заявл. 17.06.2008 г., опубл. 20.10.2009. Бюл. № 29. 8 с.

3. Пат. № 2456055. Российская Федерация, МПК B01D36/04. Устройство для очистки жидкостей в циркуляционных системах / Коваленко В.П., Галко С.А., Улюкина Е.А., Косых А.И., Ерохин О.В., Воробьев А.Н. – № 201108692, заявл. 10.03.2011 г., опубл. 20.07.2012. Бюл. № 20. 7 с.

4. Коваленко В.П., Улюкина Е.А., Приваленко А.Н., Коновалов В.В. Исследование фильтрационных свойств комбинированных пористых наноматериалов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 1. С. 29-30.

5. Пат. № 2524215 Российская Федерация, МПК C10G31/09, B01D36/04. Устройство для очистки дизельного топлива от загрязнений/ Коваленко В.П., Галко С.А., Улюкина Е.А., Коновалов В.В., Косых А.И. – № 201317302, заявл. 17.04.2013 г., опубл. 27.07.2014. Бюл. № 21. 9 с.

6. Улюкина Е.А. Устройства для очистки топлив и масел при эксплуатации сельскохозяйственной техники // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 35. С. 167-170.

УДК 637.116.2

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ

***Кожевникова Наталья Георгиевна**, кандидат технических наук, заведующая кафедрой теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, energo-ngk@mail.ru*

***Филонов Роман Федорович**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, filofr@yandex.ru*

***Аннотация.** Описываются теоретические аспекты для моделирования доильного оборудования. Представлены сведения о процессе движения газожидкостной смеси в доильной установке (доильном аппарате). Анализ транспортировки молока и движения потока газожидкостной смеси определяет наиболее эффективное, с учетом гидродинамических и вакуумметрических факторов, направление движения потока.*

***Ключевые слова:** доение, доильная машина, молокопровод, молочная железа, газожидкостная смесь, гидродинамическое движение.*

***Abstract.** The article deals with the study of the processes of gas-liquid mixture flow in the milking machine. It is represented as the flow of liquid in the closed-loop «mammary gland – milking machine – milk counter – milk pipeline» or liquid flow in an interconnected vessel. The analysis of the gas-liquid mixture flow shows that its composition is changing all along. In the course of the gas-liquid mixture flow its flow regime changes, this affecting the change of the vacuum in the under-udder teat chamber of the teat-cup, it also renders influence on the milking process in general and on the teat of the udder of the animal.*

***Keywords:** milking, milking machine, milk pipeline, mammary gland, hydro-dynamic.*

Структурная схема поточно-технологической линии доения и первичной обработки молока представляет собой сочетание производственно-технологических потоков (животных, молока, моющего раствора и др.), их направление и взаимосвязь в процессе формирования последовательности операций доения и первичной обработки молока. Способность доильной установки к транспортировке молока не всегда соответствует интенсивности молокоотдачи животных, имеются данные, когда при максимальной молокоотдаче, молоко переполняет молочную камеру коллектора доильного аппарата и переполняет молочный шланг, что приводит к снижению вакуумметрического давления в подсосковой камере доильных стаканов и как следствие нарушает стабильность режимов доения [1].

В машинном доении помимо извлечения молока, важнейшим звеном технологии, является транспортировка газожидкостного потока. Поэтому, с целью оптимизации газожидкостных смесей при движении молока

преодолевающего сопротивление сфинктера к молокопроводящим системам доильных установок, для условий моделирования системы, представлен процесс выведения молока [2].

Обоснование параметров движущейся газожидкостной смеси и стабильность параметров вакуума в подсосковой камере является одним из доминирующих факторов при расчете системы. Первичная стадия установления интенсивности молокоотдачи предопределяет граничные показатели, обусловливающие характеристики движения молочно-воздушной смеси (рисунок 1). Применение различных схем движения определяет оптимизацию параметров в сочетании направленности потоков и силовых характеристик.

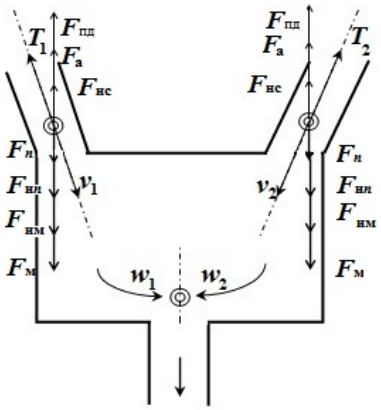


Рис. 1. **Силы, действующие в газожидкостном потоке коллектора доильного аппарата**

Скорость движения одиночной частицы газожидкостной смеси с устойчивой оболочкой, движущейся в молочном потоке, определяется [2, 3]

$$v = \frac{Q_м + Q_г}{s},$$

где $Q_м$ и $Q_г$ – поток молока и газа, м^3/ч; S – сечение молокопровода, м^2.

Особенности перемещения потока молока при движении газожидкостного потока предполагает целостность оболочки частиц. Движение потока в этом случае не будет отличаться от движения твердых частиц при определенном сочетании газосодержания и лишь при достижении критического значения интенсивности потока, происходит скачкообразный рост сопротивления, обусловленный отрывом струек от стенок диффузора. Коэффициент прямого сопротивления равен

$$k_n = f\,(\mathrm{Re}),$$

где Re – критерий Рейнольдса.

В этом случае на частицу действует несколько сил, в том числе сила инерции самой частицы и сила инерции добавленной массы молока. Сила инерции частицы

$$F_{ип} = \rho_в\, V_в\, a_с,$$

где $\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м^3; $V_в$ – объем газосмеси м^3; $a_с$ – абсолютное ускорение частицы, м/с^2.

Сила инерции присоединенной массы молока

$$F_{им} = k\,\rho_м\,V_в\,a_м,$$

где k – коэффициент диффузии молока; плотность воздуха, кг/м^3; $\rho_м$ – плотность молока, кг/м^3;$V_в$ – объем газосмеси, м^3; $a_м$ – абсолютное ускорение молока в точке отчета, м/с^2.

Определяя приведенные силы по уравнениям с учетом их направления и принципа Даламбера, получим уравнение движения одиночной частицы в потоке молока

$$F_Д = \frac{K_п \rho_м S_м}{2} + \rho_в\,V_в\,a_с + k\,\rho_м\,V_в\,a_м + k_р\,v_о\,m + F_A + \Delta P_{вак}\,S_м,$$

где $F_Д$ – уравновешивающая сила Даламбера, Н; F_A – подъемная сила Архимеда, действующая на газ введенный в жидкость, Н.

При движении газожидкостной смеси меняется ее состав на участке «молочная железа – коллектор» смесь более насыщена молоком, что способствует снижению вакуумметрического давления и выводу молока. Данный режим наблюдается и на участке подъема молока от коллектора к молокопроводу до некоторой высоты H, далее смесь становится более насыщенной газом, ее режим перемещения меняется и увеличивается вакуумметрическое давление в сравнении с коллектором (рисунок 2).

Движение газожидкостной смеси сопровождается силой трения препятствующей перемещению потока при доении, также при передвижении молока по шлангу введем понятия интенсивности образования пузырьков воздуха

$$F_Д = \frac{K_п \rho_м S_м}{2} + \rho_в\,V_в\,a_с + k\,\rho_м\,V_в\,a_м\,v_п + k_р\,v_о\,m + F_A + \Delta P_{вак}\,S_м - F_{тр},$$

где $v_п$ – скорость образования пузырьков воздуха при движении по шлангу в молокопровод, шт./ч; $F_{тр}$ – сила трения газожидкостной смеси при движении по шлангу, Н.

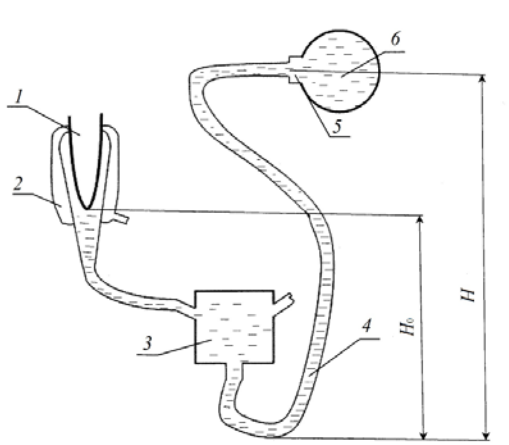


Рис. 2. **Схема газожидкостного контура «молочная железа – доильный аппарат – молокопровод»:**

1 – сосок вымени; *2* – доильный стакан; *3* – коллектор; *4* – молочный шланг; *5* – молочный кран; *6* – молокопровод

Перемещение жидкости в контуре «молочная железа – доильный аппарат – молокопровод» представляет замкнутый цикл движения, который можно смоделировать в виде сообщающихся сосудов, где давление внутри одинаково, баланс давлений в этом случае составит

$$H\,\rho_{см} = H_0\,\rho_м,$$

где H – высота от нижней точки патрубка коллектора до молокопровода, м; $\rho_{см}$ – плотность смеси, кг/м^3; H_0 – высота от нижней точки патрубка коллектора до кончика соска вымени, м.

Сила, затраченная на преодоление перепада от соска вымени до патрубка коллектора, характеризует свойства внутренней неоднородности смеси

$$F_{нс} = \rho_{см}\,H_0\,g\,S_ш,$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2; $S_ш$ – площадь сечения шланга, м^2.

Данная сила является критерием динамического подобия, отражая величину сил Архимеда и внутренней неоднородности смеси.

Проектирование гидродинамических систем доения обусловлено влиянием различных факторов, но оптимизация проектной модели может обуславливаться на доминирующих параметрах продуктивности животных и минимизации энергетических затрат при доении.

Характер воздействия моющей жидкости на формирование эффекта очистки внутренней части сосковой резины, также определяется параметрами эвакуации моющего раствора из коллектора [4]. При одинаковых режимах вакуумного воздействия уменьшение площади контакта с коллекторными промывочными насадками улучшает степень очистки доильных стаканов.

В силу некоторого упрощения моделирования системы доильной установки, отвечающей современным требованиям доения высокопродуктивных коров, возможно, считать, что скорость перемещения потока вакуума в доильной машине не превышает 100 м/с, а сам газ близок по свойствам к идеальному [5]. При этом при таких скоростях теплообмен с внешней средой принимается нулевой, а температура газожидкостной смеси во всех сечениях рассматриваемого молокопровода одинакова. Если принять константными в течение некоторого времени значения температуры $T_в$ и давления $P_р$, то на основании уравнения Менделеева-Клайперона можно представить функциональную зависимость

$$\frac{m_{mp}(t)}{P_р(t)} = \frac{MV_р}{R_г T_г},$$

где m_{mp} – масса газожидкостной смеси в объеме $V_р$, кг; $P_р$ – давление газа в объеме $V_р$, Па; M – молярная масса газа, кг/моль; $R_г$ – универсальная газовая постоянная, Дж/моль·К; $T_г$ – температура газожидкостной смеси, К.

Введем параметр B, определяющий характеристики данной системы с постоянным объемом с точки зрения постоянства массы газа, находящегося в данном пространстве под давлением в один Па и постоянной температурой. Данный коэффициент определяет емкость рассматриваемой гидродинамической системы

$$B = \frac{MV_{\text{р}}}{R_{\text{г}}T_{\text{г}}}.$$

В этом случае парциальная масса молока, проходящая через сечение молочного шланга за определенное время, составит

$$\frac{dm_{m\text{р}}(t)}{dt} = B\frac{dP_{\text{р}}(t)}{dt}.$$

Обоснование величины диаметра молочного шланга, для отвода молока из коллектора определиться как

$$\frac{dm_{m\text{р}}}{dt} = k_{m\text{р}}\frac{ddP_{\text{р}}}{dt} \cdot k_{\text{р}}\frac{g}{S},$$

где $k_{m\text{р}}$ – коэффициент гидропневматической системы доильного аппарата, кг/Па; $k_{\text{р}}$ – распределенный коэффициент сопротивления гидропневматической системы, Па·с/кг; g – ускорение свободного падения, м/с; S – разность площадей сечений, м^2.

Выводы. Движение газожидкостной смеси влияет на изменение режима доения, а именно вакуума в подсосковой камере доильного стакана, при этом в процессе доения возникает неоднородное воздействие на сосок вымени животного. Представлены теоретические исследования о влиянии на движение газожидкостной смеси различных режимных параметров. Установленные параметры позволяют моделировать оптимальные режимы транспортировки газожидкостного потока и конструктивные характеристики коллекторов и молокопроводящих шлангов доильных аппаратов.

Библиографический список

1. Иванов Ю.Г. Филонов Р.Ф., Мурусидзе Д.Н. Механизация и технология животноводства: лабораторный практикум. – М.: ИНФРА-М. 2016. 208 с.

2. Шахов В.А., Урбан В.А., Вагенлейтнер Е.В., Бабков А.Ю., Шахов Е.А. Исследование процесса гидродинамического движения газожидкостной смеси в замкнутом контуре «молочная железа – доильная машина – счетчик молока - молокопровод» системы «Ч-М-Ж-С». – Оренбург, Известия оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (55). С. 86-88.

3. Филонов Р.Ф., Мурусидзе Д.Н., Кирсанов В.В., Мирзоянц Ю.А. Механизация животноводства: дипломное и курсовое проектирование по механизации животноводства. – М.: ИНФРА-М. 2016. 427 с.

4. Кирсанов В.В., Филонов Р.Ф., Кожевникова Н.Г., Рузин С.С.; Патент № 2636332 «Стенд для промывки доильных стаканов». – Бюл. № 33 от 22.11.2017 г.

5. Шахов В.А. Техническое обеспечение реализации потенциала молочной продуктивности коров. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Мичуринск – Наукоград РФ. 2010. 533 с.

УДК 631.3.-192

УВЕЛИЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ «ВАЛ-МАНЖЕТА»

***Мельников Олег Михайлович**, доцент кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ommelnikov@rambler.ru*

***Аннотация.** Приведены причины низкой работоспособности соединений «вал-манжета» сельскохозяйственной техники и влияние их на ресурс подшипниковых узлов. Указаны способы повышения надежности данных соединений и приведены результаты исследований, проведенных на кафедре сопротивления материалов и деталей машин РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.*

***Ключевые слова:** манжетные уплотнения, подшипниковые узлы, надежность, износостойкость.*

***Abstract.** The reasons for the low working capacity of the "shaft-cup" joints of agricultural machines and their influence on the life of the bearing units are given. The ways of increasing the reliability of these compounds are indicated and the results of studies carried of the Department of Resistance of Materials and Machine Parts, Russian Timiryazev State Agrarian University.*

***Key words:** bearing units, cup-type seals, reliability, wear resistance.*

Сельскохозяйственные машины работают в запыленных (или влажных), агрессивных средах, иногда при значительных перепадах температур, что приводит к повышенному износу их деталей. Анализ состава почв нечерноземной зоны показывает, что в них содержится более 70% частиц SiO_2, поверхностная твердость которых колеблется в пределах 10..12 тыс. МПа [1]. Доказано, что износостойкость поверхностей деталей зависит от соотношения их твёрдости и твёрдости абразива [2]. Большинство деталей сельскохозяйственной техники изготавливают из стали в лучшем случае с поверхностной закалкой ТВЧ, или цементацией, что обеспечивает поверхностную твердость не более 8000 МПа, что в 1,5 раза меньше твердости абразивных частиц [1].

В этой статье проанализированы влияние условий работы на работоспособность подшипниковых узлов, основные причины низкой надежности и долговечности (ресурса) манжетных уплотнений сельскохозяйственных машин, рассмотрены некоторые вопросы повышения этих показателей.

В качестве уплотнений подшипниковых узлов применяются различные уплотнения (рисунок 1), но чаще других используются армированные резиновые манжеты по ГОСТ 8752-79. В режиме сухого и полужидкостного трения между валом и манжетой в начале эксплуатации происходит приработка материалов. Но по истечении времени эластичные свойства манжеты теряются, происходит изменение ее геометрических параметров. На стадии разрушения

резины происходит потеря герметичности соединения. Одновременно из-за компрессионного действия зазора (вследствие биения вала) абразивные частицы попадают извне в смазку и на рабочую поверхность манжеты, что ведет к увеличению изнашивания рабочей кромки манжеты и поверхности вала. Отказ уплотнений приводит к увеличению интенсивности изнашивания деталей подшипников и их посадочных мест, утечке смазочного материала и загрязнению почвы нефтепродуктами [1].

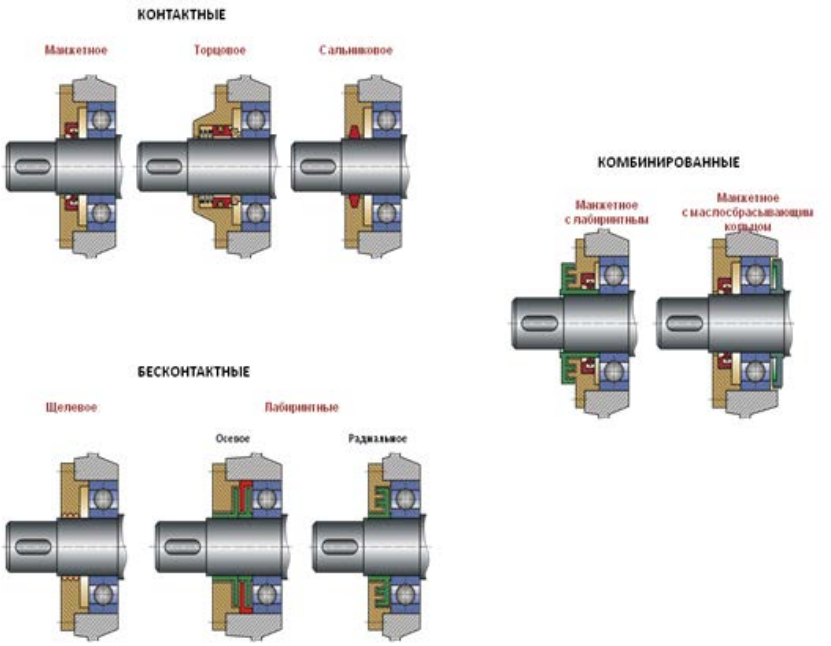


Рис. 1. **Уплотнения подшипниковых узлов**

При анализе технического состояния соединений «вал-уплотнение» было выявлено, что наиболее изнашиваемой деталью является манжета (при ремонте редукторов подлежат замене 100% манжеты) [1].

Исследование износа соединения «вал-манжета» показало, что комплексным критерием, определяющим состояние деталей в соединении, является величина утечки уплотняемой жидкости.

Оптимальный зазор между валом и манжетой должен быть не более 0,06 мм (0,02…0,05 мм). Указанная величина зазора обеспечивает необходимую герметичность подшипников узла.

Утечка жидкости через концентричную кольцевую щель пропорционально величине зазора в третьей степени и может быть определена по формуле [3]:

$$Q_0 = 0{,}262\frac{d}{\eta L}\delta^3 * \Delta p, \qquad (1)$$

где d – средний диаметр зазора, мм; η – коэффициент абсолютной вязкости среды, Па с; L – длина поверхности контакта в соединении, мм; δ – величина зазора, мм; $\Delta p = p_1 - p_2$ = разность давлений на концах зазора, мПа.

Для эксцентричной кольцевой щели утечка жидкости:

$$Q = Q_0(1+\frac{3e^2}{2}) \qquad (2)$$

где e – величина эксцентриситета, мм; Q_0 – утечка жидкости через концентричную щель, мм³.

Утечка жидкости через эксцентричную щель в сравнении с концентричной возрастает до 2,5 раз [3].

Для сохранения зазора необходимо уменьшить износ вала и износ рабочей кромки манжеты. Этого можно добиться за счёт:

- повышения износостойкости материалов;
- снижения коэффициента трения;
- повышения точности сборки соединения и точности изготовления деталей.

На кафедре «Сопротивление материалов и детали машин» проводятся исследования направленные на повышение износостойкости и герметичности соединения «вал-манжета». Исследованы несколько способов повышения работоспособности данного соединения: обработка рабочих поверхностей эпиламирующими составами, покрытие рабочих кромок манжет медьсодержащей пленкой с финишной антифрикционной безобразивной обработкой вала (втулки), поверхностная обработка фторорганическими соединениями, использование манжет из модифицированной резины.

Эпиламирующие составы представляют собой растворы поверхностно-активных веществ. Они наносятся на предварительно обезжиренную поверхность и абсорбируются в виде пленки. Образующаяся пленка повышает усилие тангенциального сдвига масла в несколько раз, благодаря чему смазка фиксируется в зоне трения, снижается адгезия, износостойкость рабочей поверхности увеличивается в 1,2…1,3 раза.

Финишная антифрикционная безобразивная обработка с одновременным покрытием рабочих кромок манжет медьсодержащей пленкой и введением в смазочные материалы металлоорганических присадок повышает износостойкость в период приработки более чем в два раза.

Для защиты вала от износа в зоне контакта с манжетой желательно смонтировать на валу втулку (рисунок 2).

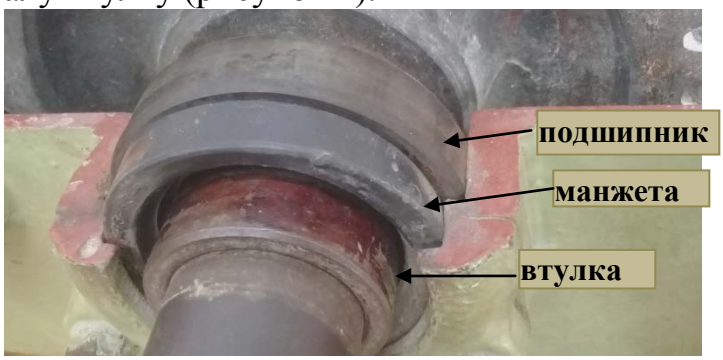


Рис. 2. **Манжетное уплотнение с втулкой**

Поверхностная обработка фторорганическими соединениями приводит к набуханию резины и уменьшению утечек смазки.

Манжеты из модифицированной резины дают самый стабильный эффект.

Библиографический список

1. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Карп А.В и др. Детали машин и основы конструирования // Под ред. М.Н. Ерохина. 2 е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС. 2011. 512 с.

2. Ерохин М.Н., Казанцев С.П., Чупятов Н.Н. Способы модифицирования поверхностей трения деталей машин: Монография // М.: ФГБОУ ВПО МГАУ. 2014. 140 с.

3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник // Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др. – 4 изд. М.: «Издательство дом Альянс». 2010. 423 с.

УДК 621(075.8)

КВАТЕРНИОННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ

Павлов Александр Егорович, *кандидат физико-математических наук, доцент кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, alexpavlov60@mail.ru*

Павлова Лариса Александровна, *доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, krasilnikowa.larisa2011@yandex.ru*

Аннотация. *В работе получена формула передаточного числа в кватернионном представлении, формулы для угловой скорости, углового ускорения ведомого тела в кватернионном представлении.*

Ключевые слова: *эллиптическая зубчатая передача, угловое ускорение в кватернионном представлении, передаточное число в кватернионном представлении.*

Abstract. *In this paper, the formula of the gear ratio in quaternion representation, formulas for angular velocity, angular acceleration of the driven body in quaternion representation is obtained.*

Keywords: *elliptical gear drive, angular acceleration in quaternion representation, gear ratio in quaternion representation.*

Для описания вращения твёрдого тела традиционно используются углы Эйлера в силу их наглядности. Такая параметризация группы вращений обладает недостатками: представление несимметрично, сферическая система координат имеет особенности, что проявляется в численном интегрировании уравнений движения. В работах математиков в разное время, независимо друг от друга Гауссом, Родригом, Гамильтоном и Кэли было введено кватернионное

описание вращений, в котором указанные недостатки были устранены.

В машиностроении широкое распространение получили колёса с эллиптическими центроидами, центрами вращений которых являются фокусы эллипса [1]. С кинематической точки зрения механизмы некруглых цилиндрических колёс служат для передачи вращательного движения вокруг параллельных осей с переменным отношением угловых скоростей [2]. В настоящей работе, на примере такой механической задачи, продемонстрируем замену класса тригонометрических функций на более простой – алгебраический класс функций, для описания характеристик вращательного движения.

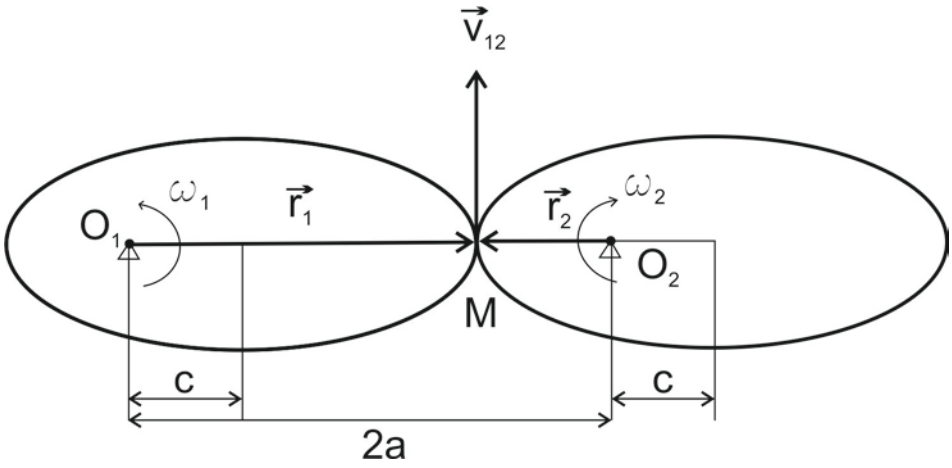


Рис. 1. **Эллиптическая зубчатая передача**

Два одинаковых эллипса выступают в качестве сопряжённых центроид (рисунок 1), где 2a – межосевое расстояние, O_1 и O_2 – оси вращения колёс, e=c/a эксцентриситет эллипса – отношение фокусного расстояния к длине большой полуоси a. Уравнения эллипсов в полярных системах координат с центрами в точках O_1 и O_2 имеют вид

$$r_1 = \frac{p}{1 - e \cdot \cos\varphi_1}, \qquad r_2 = \frac{p}{1 - e \cdot \cos\varphi_2}, \qquad (1)$$

где $p = a(1-e^2)$ и $r_1 + r_2 = 2a$. Передаточное отношение определяется формулой

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\upsilon_{12}/r_1}{\upsilon_{12}/r_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{2a - r_1}{r_1} = \frac{2a}{r_1} - 1, \qquad (2)$$

где v_{12} – скорость точки контакта колёс M, а r_1 и r_2, соответственно, расстояния O_1M и O_2M. Подставив в формулу (2) функцию r_1 (1), получаем

$$i_{12} = \frac{1 + e^2 - 2e\cos\varphi_1}{1 - e^2}. \qquad (3)$$

Отсюда найдём функцию положения – зависимость между углами поворотов ведущего и ведомого колёс

$$\varphi_2 = \int_0^{\varphi_1} \frac{d\varphi}{i_{12}} = 2arctg\left[\left(\frac{1+e}{1-e}\right) tg\frac{\varphi_1}{2}\right].$$

Перепишем полученный ответ в симметричной форме

$$tg\left(\frac{\varphi_1}{2}\right)=\left(\frac{1-e}{1+e}\right)tg\left(\frac{\varphi_2}{2}\right). \qquad (4)$$

В силу нелинейной зависимости между углами поворотов (4), равномерное вращение ведущего колеса приводит к неравномерному вращению ведомого колеса. Формула (4) представляет трансцендентную связь между половинами углов поворотов, что не случайно и предполагает наличие алгебраической связи в кватернионном виде [3]

$$\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)=\left(\frac{1-e}{1+e}\right)\left(\frac{\lambda_1^{'}}{\lambda_2^{'}}\right). \qquad (5)$$

Параметры Родрига – Гамильтона связаны с углами поворотов следующим образом:

$$\lambda_0=\cos\frac{\varphi_1}{2}, \qquad \lambda_1=\sin\frac{\varphi_1}{2}, \qquad \lambda_0^{'}=\cos\frac{\varphi_2}{2}, \qquad \lambda_1^{'}=\sin\frac{\varphi_2}{2}.$$

Элементы матрицы поворота в кватернионном виде представляются квадратичными соотношениями

$$\begin{pmatrix}\cos\varphi & \sin\varphi\\ -\sin\varphi & \cos\varphi\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\left(\lambda_0^2-\lambda_1^2\right) & 2\lambda_0\lambda_1\\ -2\lambda_0\lambda_1 & \left(\lambda_0^2-\lambda_1^2\right)\end{pmatrix}.$$

Продифференцируем уравнение (4) по времени

$$\frac{\left(\dot{\varphi}_1/2\right)}{\cos^2\left(\varphi_1/2\right)}=\left(\frac{1-e}{1+e}\right)\frac{\left(\dot{\varphi}_2/2\right)}{\cos^2\left(\varphi_2/2\right)} \qquad (6)$$

и представим в кватернионном виде

$$\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{\cdot}=\left(\frac{1-e}{1+e}\right)\left(\frac{\lambda_1^{'}}{\lambda_2^{'}}\right)^{\cdot}. \qquad (7)$$

Далее перепишем дифференциальное уравнение (6) в следующем виде

$$\left(1+tg^2\left(\frac{\varphi_1}{2}\right)\right)\left(\frac{\dot{\varphi}_1}{2}\right)=\left(\frac{1-e}{1+e}\right)\left(1+tg^2\left(\frac{\varphi_2}{2}\right)\right)\left(\frac{\dot{\varphi}_2}{2}\right).$$

Отсюда выводится формула для передаточного числа

$$i_{12}=\left(\frac{1-e}{1+e}\right)\frac{1+tg^2\left(\frac{\varphi_2}{2}\right)}{1+tg^2\left(\frac{\varphi_1}{2}\right)}, \qquad (8)$$

которую перепишем в кватернионном виде

$$i_{12}=\left(\frac{1-e}{1+e}\right)\frac{1+(\lambda_1^{'}/\lambda_0^{'})^2}{1+(\lambda_1/\lambda_0)^2}=\left(\frac{1-e}{1+e}\right)\left(\frac{\lambda_0}{\lambda_0^{'}}\right)^2. \qquad (9)$$

В результате, передаточное число (9) представлено в алгебраической форме.

Продифференцируем теперь равенство

$$\left(\frac{\lambda_1^{'}}{\lambda_0^{'}}\right)=tg\left(\frac{\varphi_2}{2}\right)$$

по времени и находим

$$\left(\frac{\lambda_1'}{\lambda_0'}\right)' = \frac{\lambda_1'\lambda_0' - \lambda_1'\lambda_0'}{\lambda_0'^2} = \frac{\left(\varphi_2'/2\right)}{\cos^2\left(\varphi_2/2\right)}.$$

Отсюда получаем, что угловая скорость ведомого тела в кватернионном представлении равна

$$\omega_2 \equiv \varphi_2' = 2\left(\lambda_1'\lambda_0' - \lambda_1'\lambda_0'\right). \qquad (10)$$

Продифференцируем теперь выражение для угловой скорости (10) по времени и получим угловое ускорение в кватернионном представлении

$$\varepsilon_2 \equiv \varphi_2'' = 2\left(\lambda_1''\lambda_0' - \lambda_1'\lambda_0''\right). \qquad (11)$$

В конечном итоге формулы: функция положения (5), передаточное число (9), угловая скорость (10) и угловое ускорение (11) ведомого колеса представлены в кватернионной форме.

Библиографический список

1. Litvin L. Faydor, et al. Noncircular gears: design and generation // Cambridge: Cambridge University Press. 2009. 204 p.
2. Павлов А.Е., Павлова Л.А. Сопряжение двух центроид, одна из которых – эксцентричная окружность // Вестник МГАУ. 2017. № 5. С.13-17.
3. Павлов А.Е., Павлова Л.А. Динамика твёрдого тела для агроинженеров // LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrucken. Germany. 2014. 348 с. http://www.ljubljuknigi.ru/.

УДК 631.3-049.7:620.3

ИСПЫТАНИЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРИСАДОК К СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ

***Балабанов Виктор Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,vbalabanov@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Приведены результаты триботехнических исследований ряда ремонтно-восстановительных составов и эксплуатационных испытаний присадки Renom Engine. Установлено, что применение ремонтно-восстановительных присадок позволяет снизить износ трущихся образцов по сравнению с базовым маслом Лукойл-Супер 10W40 более чем в 8 раз, позволяют повысить максимальное давление в конце такта сжатия в цилиндрах двигателя до номинальных значений, сэкономить до 10 % смазочного материала и топлива.*

Ключевые слова: *ремонтно-восстановительные составы, безразборный сервис автотракторной техники, триботехнические испытания, эксплуатационные испытания.*

Abstract*. The results of tribotechnical studies of a number of repair and recovery compositions and operational tests of the additive Renom Engine are presented. It has been established that the use of repair and reduction additives allows to reduce the wear of rubbing samples in comparison with the base oil of Lukoil-Super 10W40 by more than 8 times, allow to increase the maximum pressure at the end of the compression stroke in the engine cylinders to nominal values, to reduce the carbon monoxide content in the exhaust gases up to 3 times, save up to 10 % of the lubricant and fuel.*

Key words: *repair and recovery compositions, indivisible service of automotive engineering, tribotechnical tests, operational tests.*

В последние четверть века в России и за рубежом активно развивается новое научно-техническое направление – «Техническое обслуживание машин и механизмов без их разборки» (безразборный сервис), представляющее собой комплекс технических и технологических мероприятий, направленных на проведение безразборных операций технического обслуживания и ремонта узлов и механизмов в процессе непрекращающейся эксплуатации техники [1-3]. Методами безразборного технического сервиса могут проводиться следующие виды работ: диагностика, приработка, профилактика, автохимический тюнинг, очистка и восстановления как отдельных деталей и трущихся соединений, так и машин и механизмов в целом [1-10].

Развитие нанотехнологий позволило разработать новые такие химические вещества и триботехнические ремонтно-восстановительные составы, обладающие повышенными очистными свойствами и способными к самовосстановлению нано- и микродефектов трущихся поверхностей [7-9].

В статье представлены результаты эксплуатационных и триботехнических испытаний эффективности некоторых ремонтно-восстановительных составов, представленных в таблице, для применения в автотракторной технике.

Сравнительные триботехнические испытания различных ремонтно-восстановительных составов к смазочным испытаниям проводились в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на модернизированной машине трения Timken-Mashine.

Принцип работы машины трения Timken-Mashine заключается в трении верхнего образца (подшипниковые ролики диаметром 8 мм) по нижнему образцу (кольцо конического подшипника тип 7202 ГОСТ 520), изготовленных из шарикоподшипниковой стали ШХ15 ГОСТ 801–78, с постоянной регистрацией силы и температуры трения и последующей весовой оценкой износа образцов. В качестве базы сравнения взяты результаты испытаний этих

же конструкционных материалов при смазывании моторным маслом Лукойл-Супер 10W40.

Таблица 1

Состав исследуемых смазочных композиций [1-10]

Наименование (марка)	Производитель/ разработчик	Тип	Содержание, % вес.
Лукойл-Супер 10W40	ЗАО «Лукойл»	Базовое масло	0,0
Resurs	Фирма «ВМПАвто»	Реметаллизант	5,0
Motor Healer	ЗАО «Fine Metal Powders»	Реметаллизант	5,0
Ретурн Металл	РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева	Реметаллизант	5,0
Валена	Кусковский завод консистентных смазок	Реметаллизант	0,6
МКФ-18НТ	Фирма «Триботехнология»	Реметаллизант	5,0
«Кремнезем»	ФГБНУ ФНАЦ ВИМ	Геомодификатор	1,0
«Бемит»	ФГБНУ ФНАЦ ВИМ	Геомодификатор	1,0
DLCf	Фирма «Триботехнология»	Геомодификатор	1,0
Forsan nanoceramics	Фирма Forsan	Геомодификатор	3,0
XADO Engine	Концерн XADO	Геомодификатор	3,0
GTM	Фирма «Vico»	Геомодификатор	1,0
Renom Engine	Фирма «Автохимпроект»	Комплексный	5,0

Установлено, что ремонтно-восстановительная присадка Renom Engine обеспечивает максимальные антиизносные свойства по сравнению с другими исследуемыми присадками и позволяет снизить износ трущихся образцов по сравнению с базовым маслом Лукойл-Супер 10W40 в 8,59 раза (рисунок 1).

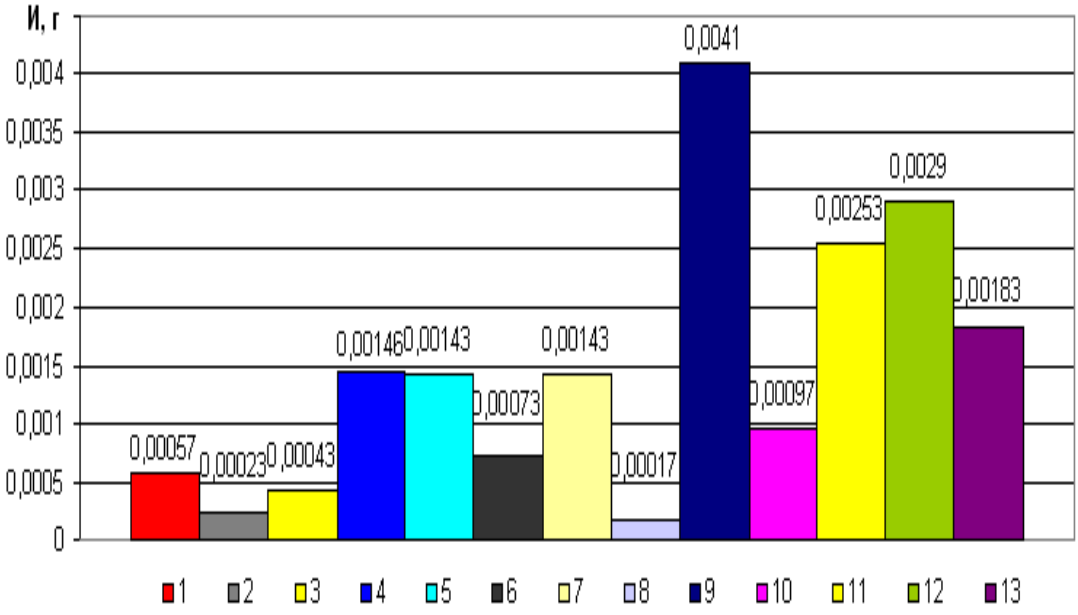


Рис. 1. **Износ образцов (И, г) при триботехнических испытаниях различных смазочных композиций:**

1 – Resurs; 2 – Motor Healer; 3 – Ретурн Металл; 4 – Лукойл-Супер 10W40 (база); 5 – Валена; 6 – «Кремнезем»; 7 – «Бемит»; 8 – Renom Engine; 9 – DLCf; 10 – МКФ-18НТ; 11 – Forsan nanoceramics; 12 – XADO Engine; 13 – GTM

Ремонтно-восстановительная присадка Renom Engine изготовлена на основе синтетических маслорастворимых металлоорганических композиций и предназначена для добавления в моторные масла автотракторной техники.

Для проведения эксплуатационных испытаний в ООО «Московский конезавод № 1» Одинцовского района Московской области была отобрана ремонтно-восстановительная присадка Renom Engine, для применения ее в качестве добавки в моторное масло двигателя Д-242 трактора МТЗ-82 (Беларус).

До применения ремонтно-восстановительной присадки проведена частичная диагностика состояния цилиндропоршневой группы двигателя трактора. Для чего перед заменой масла при общей наработке трактора равной 8951 мото-ч было замерено максимальное давление в конце такта сжатия (средняя компрессия) в цилиндрах двигателя, а также оценен средний расход топлива на транспортных работах с применением глобальной навигационной системы ГЛОНАСС.

Трактор МТЗ-82 был направлен в эксплуатацию на транспортные работы по одному и тому же маршруту для перевозке кормов и других сыпучих материалов.

Контрольные испытаний были проведены после эксплуатации трактора на присадке Renom Engine и общей наработке 8972 мото-ч, что составляет наработку равную – 21 мото-ч.

Эксплуатационные испытания трактора МТЗ-82 в условиях сельскохозяйственного предприятия показали следующие основные результаты:

1. Средняя компрессия (максимальное давление в конце такта сжатия) в цилиндрах двигателя Д-242 трактора МТЗ-82 составило:

до применений присадки – 2,1 МПа;

с присадкой Renom Engine – 2,3 МПа.

2. Расход топлива на транспортный перегон составляет:

до применений присадки – 40 литров на 100 км;

с присадкой Renom Engine – 37 литров на100 км.

Следовательно, применение ремонтно-восстановительной присадки Renom Engine обеспечивает повышение максимального давления в конце такта сжатия (средней компрессии) в цилиндрах двигателя на 9,52% и снижение среднего расхода топлива на транспортный перегон на 8,1%.

Выводы:

1. Триботехнические испытания показали, что применение ремонтно-восстановительных составов позволяет более чем в 8 раз снизить износ трущихся образцов по сравнению с испытаниями на базовом масле.

2. Применение металлоорганической ремонтно-восстановительной присадки Renom Engine позволяет повысить максимальное давление в конце такта сжатия (компрессию) в цилиндрах двигателя до 10%, при снижении среднего расхода топлива более чем на 8%.

3. Проведенные испытания показывают целесообразность применения ремонтно-восстановительных составов (присадок и добавок) для повышения эффективности эксплуатации тракторной техники.

Библиографический список

1. Балабанов В.И., Потапов Г.К. Способ безразборного восстановления трущихся соединений / Патент РФ 2062821. Бюл. № 18, 1996. 4 с.

2. Балабанов В.И., Потапов Г.К. Методы безразборного восстановления автомобильной техники // Диагностика, надежность и ремонт машин: Сборник научных трудов МГАУ. М. 1995. С. 92-97.

3. Балабанов В.И. Повышение качества отремонтированных двигателей внутреннего сгорания путем реализации избирательного переноса при трении // Вестник машиностроения. 2001. № 8. С. 14-19.

4. Беклемышев В.И., Махонин И.И., Лепгов А.Ф., Филиппов В.К., Балабанов В.И. Влияние металлоорганических присадок RENOM на поверхности трения и показатели автомобильной техники // Вестник машиностроения. 2004. № 10. С. 51-55.

5. Балабанов В.И., Беклемышев В.И., Махонин И.И., Филиппов В.К. Ремонтно-восстановительные препараты для техники // Сельский механизатор. М. № 11. 2005. С. 40-41.

6. Синельников А.Ф., Балабанов В.И. Автомобильные масла, топлива и технологические жидкости // Сер. Краткий справочник. М.: «За рулем». 2007. С.155-172.

7. Балабанов В.И Нанотехнологии и нанопрепараты для автотракторной техники // Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК: Сб. докладов. - М.:ФГНУ «Росинформагротех». 2008. С. 77 -81.

8. Балабанов В.И., Болгов В.Ю., Лехтер В.В. Нанотехнологические препараты автохимии для безразборного сервиса автомобиля // Нанотехнологии, экология, производство. № 2. 2009. С. 18-21.

9. Федоренко В.Ф., Ерохин М.Н., Балабанов В.И. и др. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе: Научн. аналитический обзор // М.: Росинформагротех. 2011. 312 с.

10. Балабанов В.И., Болгов В.Ю. Автомобильные присадки и добавки // М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2011. 302 с.

УДК 631.3-049.7:620.3

К ПРОБЛЕМАМ КАЧЕСТВА НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ

***Балабанов Виктор Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vbalabanov@rgau-msha.ru*

***Воротникова Олеся Сергеевна**, инженер, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vbalabanov@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** В статье приводится определение научного направления «Техническое обслуживание машин и механизмов без их разборки» (безразборный сервис), представляющее собой комплекс технических и технологических мероприятий, направленных на проведение безразборных операций технического обслуживания и ремонта узлов и механизмов в процессе непрекращающейся эксплуатации техники. Также приводятся обобщенные результаты лабораторных триботехнических и физико-химических исследований, стендовых и эксплуатационных испытаний ремонтно-восстановительных составов к смазочным материалам.*

***Ключевые слова:** ремонтно-восстановительные составы, безразборный сервис автотракторной техники, качество.*

***Abstract.** The article defines the scientific direction "Maintenance of machines and mechanisms without their dismantling" (an indiscriminate service), which is a complex of technical and technological measures aimed at carrying out the indiscriminate operations of maintenance and repair of units and mechanisms in the process of continuous operation of machinery. Also summarized are the results of laboratory tribotechnical and physico-chemical studies, bench and operational tests of repair and recovery compositions for lubricants.*

***Keywords:** repair and recovery compositions, indispensable service of automotive engineering, quality.*

Несколько последних десятилетий в Российской Федерации и за рубежом активно развивается новое научно-техническое направление – «Техническое обслуживание машин и механизмов без их разборки» (безразборный сервис), представляющее собой комплекс технических и технологических мероприятий, направленных на проведение безразборных операций технического обслуживания и ремонта узлов и механизмов в процессе непрекращающейся эксплуатации техники [1-3].

Так как обработка происходит в процессе непрекращающейся эксплуатации техники, то не надо тратиться на дорогостоящие услуги автосервиса, на покупку запасных частей, не нужно ходить пешком или, если это спецтехника, не нужно останавливать запланированные работы и нести экономические затраты из-за её простоя [1-10].

Развитие нанотехнологий позволило разработать новые химические вещества и триботехнические ремонтно-восстановительные составы, обладающие повышенными очистными свойствами и способными к самовосстановлению нано- и микродефектов трущихся поверхностей [7-9].

Препараты нефтехимии для безразборного сервиса автотракторной техники могут быть отнесены к нанотехнологическим разработкам по трем основным критериям:

1. Наличие в их составе наноразмерных частиц (ультрадисперсные алмазы, металлические порошки, политетрафторэтилен (PTFE), модифицированный графит и т.д.);

2. Применение компонентов, полученных (произведенных) с использованием нанотехнологий, например золь-гель технологии (рекондиционеры);

3. Формирование на поверхностях трения вследствие взаимодействия с активными компонентами этих препаратов защитных наноразмерных (наноструктурированных) покрытий и структур (ионные металлоплакирующие присадки, кондиционеры, геомодификаторы).

Методами безразборного технического сервиса могут выполняться следующие виды ремонтных и обслуживающих работ: приработка (обкатка), профилактика, автохимический тюнинг, очистка и восстановление как отдельных деталей и трущихся соединений, так и машин и механизмов в целом [1-10].

Проведенные в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и во многих других образовательных и научных учреждениях лабораторные триботехнические и физико-химические исследования, стендовые и эксплуатационные испытания ремонтно-восстановительных составов к смазочным материалам, в том числе относящихся к нанотехнологическим разработкам, показывают, что их применение обеспечивает:

– увеличение ресурса двигателей, коробок передач, задних мостов и гидроагрегатов автомобилей в 1,5-2 раза;

– увеличение эффективной мощности двигателей на 10-15% за счёт снижения потерь на трение и восстановления рабочих параметров узлов и механизмов путем компенсации их износа ремонтно-восстановительными препаратами;

– уменьшение расхода топлива дизелей на 5-7% за счет улучшения рабочих параметров топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы и за счет каталитического воздействия топливных препаратов на улучшение сгорание топлива;

– уменьшение расхода моторных и гидравлических масел на 15-20% за счет уменьшения их срабатывания на поверхностях трения;

– снижение динамических нагрузок, вибрации и шума при работе агрегатов трансмиссии на 2-5 децибел за счет уменьшения зазоров в

высоконагруженных соединениях зубчатых и шлицевых соединениях,

– сокращение продолжительности послеремонтной обкатки агрегатов в 1,5 раза с одновременным повышением качества приработки соединений;

– уменьшение на 15-25% дымности и до 2-х раз выбросов вредных веществ (CO, CH) в отработавших газах двигателей автомобилей;

– уменьшение расхода денежных средств и трудозатрат на техническое обслуживание, ремонт и эксплуатацию автомобиля;

– сокращение потерь за счет снижения времени простоя и т.д.

В целом применение нефтехимических разработок, предназначенных для применения в качестве присадок и добавок к топливно-смазочным материалам, во многих случаях позволяет значительно повысить не только качество используемых эксплуатационных материалов, но и обеспечивает более высокую надежность, экономичность и экологичность эксплуатации автотракторной и сельскохозяйственной техники.

Библиографический список

1. Балабанов В.И., Потапов Г.К. Способ безразборного восстановления трущихся соединений / Патент РФ 2062821. Бюл. № 18. 1996. 4 с.

2. Балабанов В.И., Потапов Г.К. Методы безразборного восстановления автомобильной техники // Диагностика, надежность и ремонт машин: Сборник научных трудов МГАУ. М. 1995. С. 92-97.

3. Балабанов В.И. Повышение качества отремонтированных двигателей внутреннего сгорания путем реализации избирательного переноса при трении // Вестник машиностроения. 2001. № 8. С. 14-19.

4. Беклемышев В.И., Махонин И.И., Лепгов А.Ф., Филиппов В.К., Балабанов В.И. Влияние металлоорганических присадок RENOM на поверхности трения и показатели автомобильной техники // Вестник машиностроения. 2004. № 10. С. 51-55.

5. Балабанов В.И., Беклемышев В.И., Махонин И.И., Филиппов В.К. Ремонтно-восстановительные препараты для техники // Сельский механизатор. М. № 11. 2005. С. 40-41.

6. Синельников А.Ф., Балабанов В.И. Автомобильные масла, топлива и технологические жидкости // Сер. Краткий справочник. М.: «За рулем». 2007. С.155-172.

7. Балабанов В.И Нанотехнологии и нанопрепараты для автотракторной техники // Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК: Сб. докладов. - М.:ФГНУ «Росинформагротех». 2008. С. 77-81.

8. Балабанов В.И., Болгов В.Ю., Лехтер В.В. Нанотехнологические препараты автохимии для безразборного сервиса автомобиля // Нанотехнологии, экология, производство. № 2. 2009. С. 18-21.

9. Федоренко В.Ф., Ерохин М.Н., Балабанов В.И. и др. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе: Научн. аналитический обзор / М.: Росинформагротех. 2011. 312 с.

10. Балабанов В.И., Болгов В.Ю. Автомобильные присадки и добавки // М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2011. 224 с.

УДК 621.797:621.436.001.57

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

***Богачёв Борис Александрович**, кандидат технических наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, bogachev@mail.ru*
***Чванов Константин Григорьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, chvanov1953@mail.ru*

***Аннотация**. Рассмотрены методы диагностирования дизельной топливной аппаратуры, исполняющие роль обратной связи между техническим состоянием элементов топливной аппаратуры и системой ее технического обслуживания и ремонта. Приведена методология поиска достоверных связей между структурными и диагностическими параметрами топливной аппаратуры.*

***Ключевые слова:** топливная аппаратура дизелей, техническое обслуживание, диагностирование, оценка технического состояния топливной аппаратуры.*

***Abstract**. The methods of diagnosing diesel fuel equipment, performing the role of feedback between the technical condition of the fuel equipment elements and the system of its maintenance and repair, are considered. The methodology of search of reliable connections between structural and diagnostic parameters of the fuel equipment is resulted.*

***Keywords:** diesel fuel equipment, maintenance, diagnosis, assessment of the technical condition of the fuel equipment.*

В настоящее время для обслуживания машин в сельском хозяйстве предусмотрена комплексная система технического обслуживания и ремонта (ТОР), согласно которой обслуживание сборочных единиц и агрегатов машин можно проводить по трем стратегиям. Для обслуживания топливной аппаратуры (ТА) предназначена вторая стратегия, то есть периодическое техническое обслуживание (ТО) в зависимости от наработки. Но при техническом обслуживании топливного насоса высокого давления (ТНВД) и форсунок, устранение последствий отказов которых наиболее трудоемко, проведение операций, связанных с предупреждением отказов, практически не предусматривается. Если при контроле технического состояния топливной аппаратуры (ТА) на стационарных стендах по регламентированным выходным параметрам процесса подачи будет установлена ее работоспособность, то обслуживание насоса и форсунок как наиболее сложных агрегатов ТА, на этом

заканчивается и продолжается их эксплуатация до очередного ТО. При обнаружении нарушений работоспособности ТНВД и форсунок технология ТО предусматривает ряд операций по устранению последствий отказов [1-4].

Таким образом, содержание работ по техническому обслуживанию насоса и форсунок без применения средств диагностирования схоже по сути своей с обслуживанием агрегатов машин по первой стратегии комплексной системы ТОР, когда обслуживание проводится по потребности.

Для повышения эффективности ее обслуживания необходимо использовать диагностическую информацию для обоснования объема и глубины операций ТО, направленных на предупреждение отказов.

Таким образом, первая стратегия технического обслуживания неэффективна для ТА. Вторая не позволяет выявить необходимый объем информации для управления техническим состоянием и процессом обслуживания.

Наиболее эффективной является третья стратегия, при которой диагностика исполняет роль обратной связи между техническим состоянием элементов ТА и системой технического обслуживания. На современном уровне развития методов и средств диагностирования использовать третью стратегию для обслуживания ТА сложно по техническим и методологическим причинам.

Для того чтобы использовать третью стратегию обслуживания ТА, необходимо, чтобы диагностика решала три задачи:

- оценивала работоспособность ТА;
- оценивала правильность ее функционирования;
- в случаях ее нарушения выявляла причины, то есть решала задачу поэлементной диагностики.

Анализ известных методов диагностирования ТА в свете решения трех задач диагностики показывает, что ни один из методов не решает сразу всех поставленных задач. Метода для оценки правильности функционирования элементов ТА не существует. Функционирование элементов ТА можно оценить по степени влияния их технического состояния на процесс топливоподачи. Известно, что оценка процесса топливоподачи осуществляется по регламентированным выходным параметрам ТА. Поэтому для оценки правильности функционирования элементов ТА необходимо определить связь между техническим состоянием элементов топливной аппаратуры и регламентированными выходными параметрами процесса топливоподачи.

В наибольшей степени требованиям, предъявляемым к методам диагностирования ТА, удовлетворяют следующие методы [5, 6]:

- виброакустический;
- метод диагностирования по диаграмме давления в топливопроводе высокого давления (ТВД);
- метод диагностирования по величине хода иглы распылителя форсунки.

У последнего метода имеется недостаток, который оказывает решающее влияние на выбор методов диагностирования ТА. Так как в настоящее время датчиков перемещения иглы распылителя, которые можно было бы

использовать в условиях эксплуатации, не существует, этот метод можно применять только в лабораторных условиях.

Возможность диагностирования ТА по виброакустическим характеристикам определялась в МАДИ, СибИМЭ, ЛСХИ, ГОСНИТИ, ЧГАУ. Данный метод позволяет оценить работоспособность ТНВД и форсунок, давление начала впрыскивания, все фазовые регулировочные параметры [7].

Важными преимуществами этого метода являются отсутствие разборочных операций ТА при диагностировании и невысокая трудоемкость. Однако данный метод имеет также ряд серьезных недостатков, снижающих его эффективность и ограничивающих применение. Так, значительные трудности представляет выделение сигнала, несущего информацию о техническом состоянии топливной аппаратуры, поэтому приборы для диагностирования этим методом сложны по конструкции и дороги. Кроме того, этим методом нельзя оценить техническое состояние всех прецизионных элементов топливной аппаратуры, без чего нельзя решить вторую задачу диагностики. По этим причинам виброакустический метод нельзя назвать перспективным для диагностирования всех элементов топливной аппаратуры [8].

Этот метод можно применять при диагностировании ТА в силу его высокой производительности, низкой трудоемкости и универсальности в сочетании с другими методами, которые помогут получить недостающую диагностическую информацию для решения второй задачи диагностики.

Наиболее перспективным методом, позволяющим решить все три задачи диагностики, является метод диагностирования топливной аппаратуры по по диаграмме давления. Суть его заключается в том, что с помощью датчика давления, установленного перед форсункой, на экране компьютера, подсоединенного к тестеру, или дисплее самого тестера регистрируются осциллограммы давления топлива на различных режимах работы ТА. Осциллограммы имеют ряд характерных точек с ярко выраженными экстремумами, координаты которых, измеренные по отношению к системе координат с осями Р, МПа (давление) и φ, град. (угол поворота коленчатого вала двигателя), несут информацию о техническом состоянии всех элементов насоса и форсунки [9].

Диагностический анализ диаграммы давления получает в последнее время все большее распространение, в первую очередь, благодаря появлению легко устанавливаемых на топливопровод высокого давления датчиков накладного типа [10].

На рисунке 1 приведена типичная для дизеля диаграмма давления в ТВД.

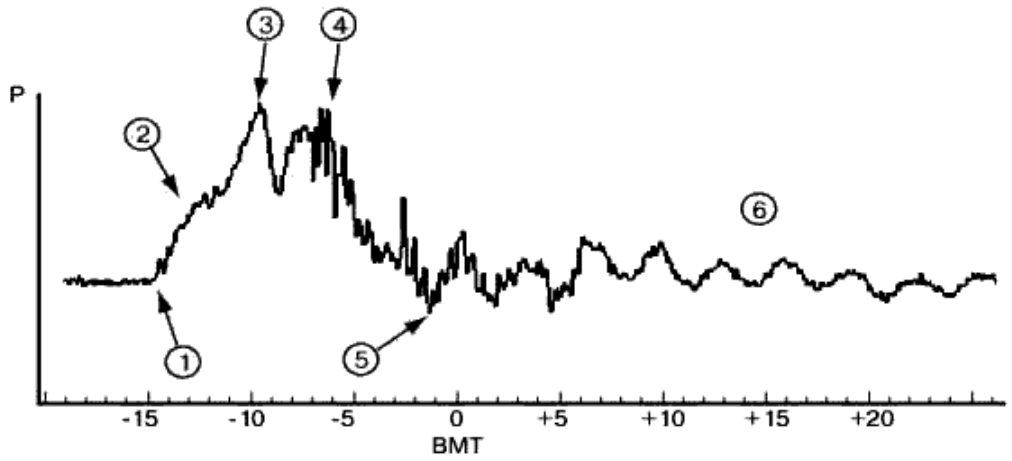


Рис. 1. **Диаграмма давления топлива в ТВД дизеля (участок впрыска)**

Рассмотрим связь между работой топливной аппаратуры дизеля и характером изменения давления в топливопроводе. На протяжении большей части цикла дизеля давление в ТВД остается постоянным и равным величине остаточного давления. В точке 1 (рисунок 1) начинается рост давления, вызванный нагнетательным ходом плунжера насоса и открытием нагнетательного клапана насоса, вследствие чего надплунжерная полость насоса и ТВД сообщаются друг с другом. Открытие нагнетательного клапана вызывает волну давления, наблюдаемую на фоне продолжающегося роста давления (зона 2 диаграммы). Игла форсунки остается неподвижной до тех пор, пока давление в ТВД не превысит усилие затяжки пружины форсунки. Начавшийся в точке 3 впрыск топлива форсункой приводит к снижению давления в трубопроводе, но продолжающийся в это время нагнетательный ход плунжера может вызвать новое повышение давления, на которое накладываются прямые и отраженные волны давления топлива в трубе. В зависимости от цикловой подачи и расходного коэффициента форсунки количество и амплитуда колебаний давления после точки 3 может отличаться от приведённых на рисунке 1. Окончание нагнетательного хода плунжера сопровождается падением давления (точка 4). Момент закрытия (окончание посадки) иглы форсунки обычно связывают с точкой 5 диаграммы, когда давление достигает своего минимума. После этого топливопровод оказывается вновь закрытым как со стороны насоса, так и со стороны форсунки, что способствует лучшему отражению волны на границах трубки, и как следствие этого появлению на диаграмме слабозатухающих колебаний остаточного давления (зона 6).

Таким образом, к диагностическим признакам диаграммы давления в общем случае можно отнести следующие параметры:

– величины давлений в момент начала подачи топлива (точка 3) и в других характерных точках диаграммы;

– фазовые характеристики топливоподачи:

а) начало подачи топлива насосом;

б) начало впрыска топлива форсункой;

в) окончание подачи топлива насосом;

г) окончание подачи топлива форсункой;

д) продолжительность перечисленных участков;

– амплитуда колебаний давления на участке «сжатия» топлива;

– амплитуда колебаний остаточного давления.

Как следует из вышесказанного, из всех рассмотренных методов только метод диагностирования ТА по диаграмме давления позволяет определить как момент начала подачи топлива насосом (начало рабочего хода плунжера), так и момент начала подачи топлива форсункой (действительной подачи топлива в цилиндр).

Библиографический список

1. Петровский Д.И., Корнеев В.М. Методы диагностирования топливной аппаратуры дизелей // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, А.В. Дедова и др. 2015. С. 243-247.

2. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Диагностика топливной аппаратуры с электронным управлением // Сельский механизатор. 2012. № 10. С. 30-31.

3. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Перспективы развития топливной аппаратуры дизелей // Сельский механизатор. 2013. № 1 (47). С. 6-7.

4. Гайдар, С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

5. Петровский Д.И., Вашланов П.В. Совершенствование форсунок и клапанов топливных систем common rail // Сельский механизатор. 2014. № 2. С. 36.

6. Кравченко И.Н., Коломейченко А.В., Корнеев В.М. и [др.]. Основы изобретательства и патентоведения // М.: КноРус. 2017. 262 с.

7. Петровский Д.И., Вашланов П.В. Платформа для проведения и анализа полевых испытаний // Сельский механизатор. 2013. № 9. С. 10.

8. Петровский Д.И. Совершенствование методов оценки технического состояния топливной аппаратуры дизелей // В сборнике: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. 2015. С. 159-162.

9. Корнеев В.М., Ивойлов А.А., Захарова М.С., Петровский Д.И. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 94-103.

10. Петровский Д.И., Корнеев В.М. Влияние неисправностей форсунок дизеля на его мощностные и экономические показатели // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК

Материалы Международной научно-практической конференции. 2009. С. 111-118.

УДК 631.371

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ

***Чванов Константин Григорьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, chvanov1953@mail.ru*
***Богачёв Борис Александрович**, кандидат технических наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, bogachev@mail.ru*

***Аннотация.** Рассмотрены существующие методы оценки технического состояния топливной аппаратуры дизелей сельскохозяйственного назначения. Приведён сравнительный анализ современных методов диагностирования топливной аппаратуры дизелей.*

***Ключевые слова:** топливная аппаратура дизелей, техническое обслуживание, диагностирование, оценка технического состояния топливной аппаратуры.*

***Abstract.** The existing methods for estimating technical condition of fuel equipment of diesel engines for agricultural purposes. The above comparative analysis of modern methods of diagnosing of fuel equipment of diesel engines.*

***Keywords:** diesel fuel equipment, maintenance, diagnosis, assessment of the technical condition of the fuel equipment.*

Практика эксплуатации самоходных сельскохозяйственных машин показала, что наименее надёжным агрегатом является двигатель, а наименее надёжной и наиболее сложной его системой – топливная аппаратура (ТА). На долю топливной аппаратуры приходится 45-60% всех отказов двигателя [1, 2].

Такое количество отказов ТА, несмотря на ее высокую конструктивную надёжность, связано с неэффективной эксплуатацией топливной аппаратуры [3].

Поэтому при эксплуатации дизельных двигателей необходимо контролировать не только регламентированные параметры топливной аппаратуры, техническое состояние отдельных элементов, но главным образом, совокупность технического состояния этих элементов.

Без решения вопросов, связанных с оценкой указанных влияний, нельзя перейти на более эффективные методы поддержания топливной аппаратуры в работоспособном состоянии.

Дизельная топливная аппаратура с электронным управлением – это сложная высокотехнологичная система, каждый узел которой очень чувствителен к нарушениям герметичности разъемов и стыков. Любая разборка

элементов топливной аппаратуры, в том числе для осмотра и диагностики сопряжена с опасностью внесения загрязнений, что незамедлительно может повлечь за собой сбой в работе двигателя или выход из строя чувствительных к загрязнению деталей, а следовательно дорогостоящий ремонт. Именно поэтому производители топливной аппаратуры делают большой акцент на разработку методов и средств диагностики неисправностей топливной аппаратуры не только в рамках мероприятий технического обслуживания, но и диагностики в процессе эксплуатации транспортного средства, в том числе до запуска двигателя [3-5].

В практике оценки технического состояния топливной аппаратуры дизелей существует несколько различных методов диагностирования топливных систем с электронным управлением. Рассмотрим наиболее перспективные из них.

Оценка технического состояния дизелей с помощью средств самодиагностики систем управления

Электронные системы управления дизелей разрабатывались на основе систем управления бензиновыми двигателями, следовательно, они вобрали в себя многие конструктивные и технологические особенности последних. Алгоритмы работы систем управления дизелем так же формировались на основе систем управления бензиновыми двигателями. Именно поэтому, практически все системы предусматривают возможности функций самодиагностики.

Средства самодиагностики позволяют не нарушать целостность топливной аппаратуры и не тратить время на, возможно, ненужные разборки, тем самым сэкономить время и средства. Но основная ценность элементов самодиагностики в том, что они дают информацию о возникновении неполадок в процессе работы технического средства, практически моментально после их возникновения. Таким образом, появилась возможность устранить неисправность до возникновения более опасных последствий.

Система управления производит самодиагностику в начале и в процессе работы без участия человека. Информация о возникших неисправностях и режимах работы заносится в память блока управления. При возникновении критических неисправностей производится незамедлительное визуальное оповещение оператора.

Более подробную информацию для принятия мер по устранению неисправности получает инженер сервисного центра, проводящий диагностику дизелей с применением электронного стационарного или портативного мотор-тестера [2, 6].

Компьютерная функциональная диагностика топливной аппаратуры

Функциональная диагностика топливной аппаратуры с помощью измерения показателей ее работы и компьютерной обработки данных в России пока доступна только в сервисных центрах по ремонту и обслуживанию иностранной техники на их собственном оборудовании и программном обеспечении. Российские системы компьютерной диагностики более упрощены

по функционалу, основными разработчиками подобных систем являются ГОСНИТИ и МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Особое внимание при диагностике уделяется вредным выбросам в отработавших газах, обусловленными низким уровнем технического состояния дизелей. Другой предпосылкой для диагностики топливной аппаратуры является значительная частота ее отказов от общих по дизелю, а дизеля по транспортному средству (18...30%). Безразборная диагностика позволяет снизить затраты на дорогостоящий ремонт.

Принципы самодиагностики топливной аппаратуры направлены на контроль качества работы элементов системы управления и, прежде всего, базируются на анализе электрических сигналов, поступающих от датчиков, но при этом остаются без контроля важнейшие узлы топливной аппаратуры (ТНВД, форсунки) – на это направлена функциональная диагностика.

Таким образом, упомянутые средства диагностики являются дополняющими друг друга, зачастую они реализуются при различных условиях и не являются конкурирующими.

Для определения текущих значений структурных параметров (функциональных параметров, при нарушении которых топливная аппаратура теряет работоспособность) используется структурный анализ топливной аппаратуры. Вывод о состоянии топливной аппаратуры делается на основании сравнения с нормируемыми значениями.

На этапе анализа топливной аппаратуры как диагностируемого объекта выбирается наиболее полное количество структурных параметров. Их выбор направлен на недопущение ошибок пропуска неисправности и ошибок ложной отбраковки. Но использование слишком большого количества структурных параметров может снизить достоверность диагностики. При определении структурных параметров используются технические условия на капитальный ремонт, ГОСТ 20760-75 на испытания топливной аппаратуры, конструкторскую документацию. В том числе используются величины, полученные специальным перерасчетом регламентируемых в технических условиях параметров, задаваемые в расчетных моделях, например, зазоры в прецизионных парах. Некоторые функциональные параметры носят альтернативный характер или количественно не регламентированы.

Наиболее точными и информативными являются методы, основанные на измерениях давлений в линиях высокого давления, непосредственно связанных с особенностями впрыска. Сложность установки специализированных накидных пьезопленочных датчиков минимальна. Осциллограмму из полученных измерений сравнивают с эталонной и получают диагноз по пяти-шести важнейшим неисправностям [7-9].

Оценка неисправностей топливной аппаратуры по показателям работы дизеля

Наибольшим достоинством этого подхода является его универсальность, оперативность, нетребовательность к специальному оборудованию, а, следовательно, доступность. К наиболее явным признакам неисправности

элементов топливной аппаратуры можно отнести затруднённый пуск дизеля, нестабильную работу дизеля на холостом ходу, нестабильную работу на тяговых режимах, уменьшение мощности дизеля без дыма отработавших газов, появление чёрного дыма, снижение экономичности и мощности дизеля, жёсткая работа дизеля, перегрев элементов топливной аппаратуры [10].

Недостатком данного метода является неоднозначность полученного диагноза, и высокая требовательность к квалификации оператора, проводящего диагностику.

Выводы: доля дизелей в мировом автопарке продолжает расти, вместе с этим ужесточаются экологические нормы, что предполагает необходимость совершенствования методов и средств диагностики топливной аппаратуры. Критериями совершенства качества диагностики являются показатели экономичности дизеля, его мощности и шумности работы, величины выбросов вредных веществ с отработавшими газами, динамичности транспортного средства, надежности пуска и т.д.

Ведутся работы по совершенствованию систем самодиагностики топливной аппаратуры – доработка методов комплексной диагностики средствами блока управления двигателем, разработка дополнительных программ и алгоритмов аварийной работы топливной аппаратуры, расчет остаточного ресурса отдельных элементов системы, взаимодействие с сервисными службами производителя без посещения центров обслуживания, автоматическое удаленное обновление программного обеспечения системы самодиагностики и т.д.

Ведущие производители топливной аппаратуры, такие, как «R.Bosh», «Lucas CAV», «Stanadyne», «Detroit Diesel», «Zexel», «Siemens» и т.д. ведут активную работу по созданию универсальных инструментов для ведения функциональной компьютерной диагностики – разрабатываются универсальные системные сканеры с функциями мотортестера, ведётся постоянная обработка статистических данных для совершенствования существующих и написания новых программных продуктов, используемых при тестировании и диагностике топливной аппаратуры на любых режимах работы двигателя.

Библиографический список

1. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

2. Кравченко И.Н., Коломейченко А.В., Корнеев В.М. и [др.] Основы изобретательства и патентоведения // М.: КноРус. 2017. 262 с.

3. Петровский Д.И, Корнеев В.М. Влияние неисправностей форсунок дизеля на его мощностные и экономические показатели // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК Материалы Международной научно-практической конференции. 2009. С. 111-118.

4. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Перспективы развития топливной аппаратуры дизелей // Сельский механизатор. 2013. № 1 (47). С. 6-7.

5. Корнеев В.М., Ивойлов А.А., Захарова М.С., Петровский Д.И. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 94-103.

6. Петровский Д.И., Вашланов П.В. Платформа для проведения и анализа полевых испытаний // Сельский механизатор. 2013. № 9. С. 10.

7. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Диагностика топливной аппаратуры с электронным управлением // Сельский механизатор. 2012. № 10. С. 30-31.

8. Петровский Д.И., Корнеев В.М. Методы диагностирования топливной аппаратуры дизелей // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, А.В. Дедова и др. 2015. С. 243-247.

9. Петровский Д.И., Вашланов П.В. Совершенствование форсунок и клапанов топливных систем common rail // Сельский механизатор. 2014. № 2. С. 36.

10. Петровский Д.И. Совершенствование методов оценки технического состояния топливной аппаратуры дизелей // В сборнике: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. 2015. С. 159-162.

УДК 629.11.01

ВЛИЯНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДИЗЕЛЯ

***Сливов Анатолий Фёдорович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, anatoliy.slivov@mail.ru*

***Орлов Анатолий Михайлович**, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, aorlov1950@mail.ru*

***Аннотация**. Приведён анализ влияния технического состояния топливной аппаратуры дизелей на работоспособность сельскохозяйственных машин, рассмотрены показатели оценки её технического состояния, приведены причины отказов топливной аппаратуры.*

***Ключевые слова:** оценка технического состояния, диагностирование, средства диагностики машин, диагностические параметры, безотказность.*

***Abstract.** The influence of technical state of fuel equipment of diesel engines on the performance of agricultural machinery considered indicators of an estimation of*

its technical condition, given the causes of failures of fuel equipment.

Keywords: *assessment of the technical condition, diagnosis, diagnostics of machines, diagnostic parameters, reliability.*

Техническое состояние сельскохозяйственных машин во многом определяется работоспособностью топливной аппаратуры дизелей. Выходные параметры топливной аппаратуры непосредственно определяют характер рабочего процесса дизеля, его мощность, экономичность и надежность в эксплуатации. Топливоподающая аппаратура – самый сложный и тонкий агрегат современного дизеля. Практика показывает, что для повышения надежности дизелей необходимо в первую очередь повысить качество диагностирования топливной аппаратуры. Доля отказов топливной аппаратуры составляют до 50 % отказов всех агрегатов дизеля [1-3].

Вследствие нарушения регулировок топливной аппаратуры дизели развивают эффективную мощность меньше номинальной на 12...17%, расход топлива увеличивается в этом случае на 12...25%, а производительность техники снижается на 12...30 процентов [4].

Материалы и методы исследований. Техническое состояние топливной аппаратуры оценивается величиной единичной подачи, опережения и давления впрыска, неравномерностью распределения его по цилиндрам дизеля, началом действия регулятора и др. Статистика отказов позволяет сделать вывод в том, что топливная аппаратура является наиболее уязвимым в эксплуатационном отношении узлом двигателя: большинство вынужденных сельскохозяйственной техники происходит из-за неполадок в топливной аппаратуре [5, 6].

Топливная аппаратура – сложный в конструктивном отношении узел, состоящий из многих прецизионных элементов с притертыми поверхностями, работающих в условиях либо больших механических, либо гидродинамических и тепловых нагрузок. Такие условия работы усугубляются действием внешних факторов: повышенной вибрацией, приводящей к взбалтыванию осадков; длительными режимами переменных нагрузок, от которых возникают коррозионные процессы на соплах форсунок; плохим качеством топлива, усложняющим действие сепараторов и фильтров и т. д.

Весьма важным фактором, ведущим к отказу отдельных элементов топливной аппаратуры, может являться низкий уровень ее технического обслуживания и в первую очередь несоблюдение требований безукоризненной чистоты при переборках, притирке и монтаже ее элементов. Рассмотрим наиболее типичные случаи отказов топливной аппаратуры дизелей сельскохозяйственной техники [3].

В случае прихвата, плунжер периодически зависает во втулке, при заклинивании силы пружины не хватает для возвращения плунжера в нижнее положение, она остается сжатой, цилиндр самовыключается. Стрелка тахометра при заклинивании плунжера показывает падение частоты вращения, при прихватах – колеблется.

Опытные данные показывают, что главной причиной зависания плунжеров являются недостаточные чистота и смазывающие свойства топлив (некоторые дизельные топлива называют «сухими», они плохо смазывают плунжерную пару, особенно при повышенной температуре, например, когда топливо после охлаждения форсунки подается в систему наполнения ТНВД). Чистота топлива – определяющий фактор надежности работы плунжерной пары и клапанов ТНВД, форсуночной пары и сопловых отверстий распылителя [7-9].

Чистота топлива обеспечивается заданным уровнем подогрева, определяющим качество отстоя, сепарирования и фильтрации в грубых и тонких фильтрах. Очень важна монтажная чистота и чистота емкостей хранения топлива.

В ТНВД современных дизельных машин имеется еще одна причина прихватов и заклинивания плунжеров – эрозионный износ поверхностей, обтекаемых потоком перепуска до и после активного хода плунжера. Эрозия является следствием кавитационных явлений, возникающих во время перепуска топлива.

Анализ литературных источников так же указывает на то, что надежность элементов топливной аппаратуры остается очень низкой. Так, ресурс новых прецизионных деталей составляет: у плунжерных пар – 700-3000 ч; нагнетательных клапанов – 1000-2000 ч; распылителей форсунок -– 800-1600 ч. При этом затраты на техническое обслуживание и ремонт топливной аппаратуры (ТА) составляет около 30% общих затрат на машину. У тракторных двигателей по некоторым данным, используемых в сельском хозяйстве, от 20 до 50% и более отказов приходится на топливную аппаратуру, из них до 50% – на форсунки и 20-30% на плунжерные пары и нагнетательные клапаны [10].

По статистике, полученной от сети предприятий по ремонту топливной аппаратуры, можно сделать вывод, что в реальной эксплуатации число отказов топливной аппаратуры из-за некачественного технического обслуживания и ремонта выше по сравнению с нормативной в несколько раз.

Таким образом, для снижения числа отказов топливной аппаратуры дизелей сельскохозяйственных машин необходимы научно-обоснованные рекомендации по техническому обслуживанию её элементов.

Библиографический список

1. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

2. Корнеев В.М., Петровская Е.А. Система оценки качества услуг предприятий технического сервиса // В сборнике: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. 2016. С. 118-121.

3. Петровский Д.И., Вашланов П.В. Совершенствование форсунок и клапанов топливных систем Common Rail // Сельский механизатор. 2014. № 2. С. 36.

4. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Перспективы развития топливной аппаратуры дизелей // Сельский механизатор. 2013. № 1 (47). С. 6-7.

5. Корнеев В.М., Петровская Е.А. Система оценки качества услуг предприятий технического сервиса // В сборнике: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. 2016. С. 118-121.

6. Кравченко И.Н., Корнеев В.М., Петровский Д.И. Основы изобретательства и патентоведения // М.: КноРус. 2017. 262 с.

7. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Диагностика топливной аппаратуры с электронным управлением // Сельский механизатор. 2012. № 10. С. 30-31.

8. Корнеев В.М., Ивойлов А.А., Захарова М.С., Петровский Д.И. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 94-103.

9. Кравченко И.Н., Корнеев В.М., Коломейченко А.В., Пастухов А.Г., Логачев В.Н., Ерофеев М.Н., Петровский Д.И. Основы патентоведения // М.: Инфра-М. 2017. 252 с.

10. Петровский Д.И. Совершенствование методов оценки технического состояния топливной аппаратуры дизелей // В сборнике: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии имени Д.К. Беляева. 2015. С. 159-162.

УДК 629.1.04

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

***Орлов Анатолий Михайлович**, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, aorlov1950@mail.ru*

***Сливов Анатолий Фёдорович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, anatoliy.slivov@mail.ru*

***Аннотация.** Рассмотрены современные конструкции топливной аппаратуры дизелей. Приведён сравнительный анализ методов повышения эффективности топливной аппаратуры совершенствованием их конструктивных параметров.*

Ключевые слова: *топливная аппаратура, Common Rail, давление впрыска, электронное управление подачей топлива.*

Abstract. *Reviewed the current design of fuel equipment of diesel engines. The comparative analysis of methods of increase of efficiency of the fuel equipment by improvement of parameters is resulted.*

Keywords: *fuel injection equipment, Common Rail, forecasts of fuel systems, electronic fuel control.*

Доля дизелей в мировом технопарке продолжает расти, вместе с этим ужесточаются экологические нормы, что предполагает необходимость в постоянном совершенствовании топливной аппаратуры. При этом пришло время дизелей с современной топливной аппаратурой. Это связано не только с введением более жестких экологических норм, но и с внедрением систем подачи топлива нового поколения [1, 2].

Цель – провести анализ методов повышения эффективности топливной аппаратуры дизелей совершенствованием её конструкции.

Материалы и методы исследований. Основными критериями совершенствования топливной аппаратуры являются показатели экономичности двигателя, жесткости сгорания, тепловым нагрузкам, мощности и шумности работы, величины выбросов вредных веществ с отработавшими газами, надежности пуска, коэффициента приспособляемости, динамичности транспортного средства, соблюдение ограничений по давлению в цилиндре, температуры газов перед турбиной. На основании изложенных выше критериев, есть возможность сформировать основные направления совершенствования топливной аппаратуры ближайшего будущего.

Управление характеристикой впрыска дает возможность значительно влиять на показатели дизеля. До недавнего времени имелись минимальные возможности влиять на характеристику впрыска, сегодня актуальна проблема управления ею по режимам работы двигателя [3, 4].

Повышение давления впрыска позволяет снизить выбросы частиц вредных веществ и расход топлива. Однако достаточно важным является не только высокий уровень давления впрыска, но и его оптимальные параметры в соответствии с режимом работы двигателя.

Оптимизация рабочего процесса и топливоподачи. Равномерность коэффициентов расхода и характеристик топливных струй может обеспечить только центрально и вертикально расположенная форсунка. Данное техническое решение становится типовым, несмотря на некоторые компоновочные и эксплуатационные неудобства. Совершенствование рабочего процесса ведется постоянно, но основными проблемами выхода на оптимальное решение поставленных задач являются сложность моделирования процессов, дефицит комплексных математических моделей, слишком высокая трудоемкость физической оптимизации. На данный момент актуальной является задача разработки дизеля, отвечающего предъявляемым требованиям экономичности и экологичности. Для решения существующих задач ведется

подготовка математических моделей и ориентированного программного обеспечения [5, 6].

Электронное управление подачей топлива. Производство топливной аппаратуры с механической системой регулировки сворачивается. Использоваться они будут только на простейших дизелях или на специализированной технике. Повсеместное использование систем электронного управления ограничивается отсутствием быстродействующих электроклапанов, пьезоприводов, адаптированных ТНВД, а так же отсутствия унифицированного программного обеспечения для управления подачей топлива.

Управление углом опережения впрыска. Без регулирования угла опережения впрыска по частоте вращения, поведение реального угла опережения впрыска качественно отличается от оптимального. Управление углом опережения впрыска – обязательное требование при проектировании систем топливной аппаратуры [7, 8].

Обеспечение стабильности впрыска и малых цикловых подач обеспечивает работу двигателя на холостом ходу, подачу запального впрыска и отсутствие послевпрысков.

Ускорение переходных процессов в топливной аппаратуре и формирование скоростной характеристики позволяет сократить переходные режимы дизеля. Формирование характеристик топливной аппаратуры помимо корректоров может решаться конструктивной оптимизацией топливной аппаратуры и внедрением электронного управления.

Использование альтернативного топлива диктуется требованиями новых экологических и экономических стандартов. Потенциальные альтернативные виды топлива, как правило, дают меньше выбросов, усиливающих смог, загрязнение воздуха и глобальное потепление, большинство альтернативных видов топлива производится из неисчерпаемых запасов, использование альтернативных видов топлива позволяет любому государству повысить энергетическую независимость и безопасность. Каждая разновидность альтернативного топлива обуславливает свои конструктивные особенности топливной аппаратуры.

Быстрое завершение впрыска необходимо для исключения образования крупных капель топлива, заброса газов в распылитель, т.е. для снижения расхода топлива и закоксовывания распылителей. Вопросу придает актуальность увеличение давления подачи топлива.

Обеспечение стабильного функционирования топливной аппаратуры в реальных условиях эксплуатации. В режиме реальной работы на дизеле не достигаются параметры подачи топлива при безмоторных испытаниях. Это связано с использованием некачественного топлива и низких температур эксплуатации дизелей [9, 10].

Заключение. Совершенно очевидно, что системы подачи топлива с низким давлением перспектив не имеют (рисунок 1).

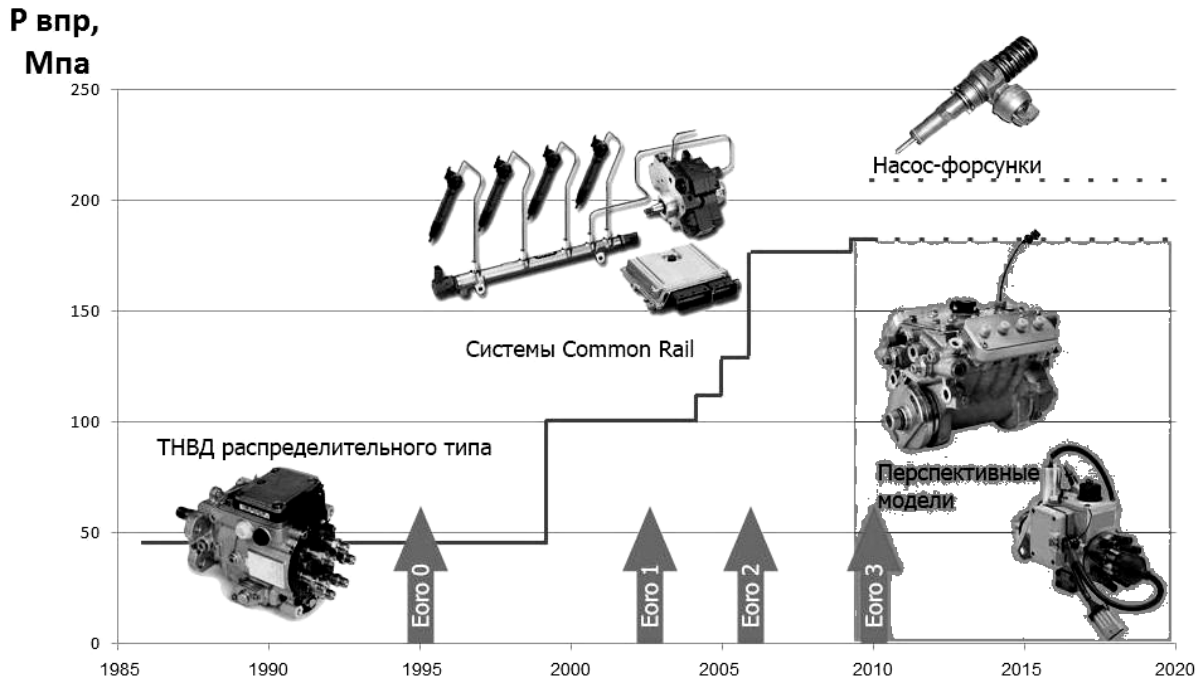


Рис. 1. **Эволюция дизельной топливной аппаратуры**

Системы первого поколения Common Rail с давлением впрыска до 135 МПа обеспечивают выполнение требований перспективных норм Euro-7. Данная проблема решается производством топливной аппаратуры Common Rail с высоким давлением впрыска. Common Rail внедряется на дизелях самого различного назначения и является наиболее перспективной.

Библиографический список

1. Корнеев В.М., Ивойлов А.А., Захарова М.С., Петровский Д.И. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 94-103.

2. Петровский Д.И., Корнеев В.М. Методы диагностирования топливной аппаратуры дизелей // В сборнике: Инновационные технологии и техничекие средства для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, А.В. Дедова и др. 2015. С. 243-247.

3. Корнеев В.М., Ивойлов А.А., Петровский Д.И. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 94-103.

4. Петровский Д.И. Совершенствование методов оценки технического состояния топливной аппаратуры дизелей // В сб: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сб. Всероссийской научно-мет. конф., посвящённой 85-летию Ивановской ГСХА имени Д.К. Беляева. 2015. С. 159-162.

5. Гайдар, С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

6. Петровский Д.И. Теоретические и технологические предпосылки повышения эффективности диагностирования прецизионных элементов дизельной топливной аппаратуры // В сб.: Молодые ученые – сельскому хозяйству России Сб. Всероссийской конференции. 2004. С. 305-309.

7. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Диагностика топливной аппаратуры с электронным управлением // Сельский механизатор. 2012. № 10. С. 30-31.

8. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Платформа для проведения и анализа полевых испытаний on-line // Сельский механизатор. 2013. № 9. С. 10-11.

9. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Перспективы развития топливной аппаратуры дизелей // Сельский механизатор. 2013. № 1 (47). С. 6-7.

10. Вашланов П.В., Петровский Д.И. Совершенствование форсунок и клапанов топливных систем Common Rail // Сельский механизатор. 2014. № 2. С. 36-37.

УДК 621.89.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВОВ СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ИХ ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА

***Посунько Иван Александрович**, инженер кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, avtokon56@yandex.ru*

***Петровская Елена Андреевна**, старший преподаватель кафедрыкафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ea-petrovskaya@rambler.ru*

***Аннотация.** Показаны преимущества легированных смазочных материалов, выбрана методика исследования смазочных материалов. Приведены результаты испытаний смазочных композиций, показаны основные зависимости параметров трения от внешней нагрузки.*

***Ключевые слова:** износ, трибология, экспериментальные исследования, скорость изнашивания, момент сил трения.*

***Abstract.** Advantages of doped lubricants are shown, the technique of research of lubricants is chosen. The results of the test lubricant compositions, shows the main dependence of the friction parameters of the load.*

***Keywords:**wear, tribology, experimental studies, wear rate, friction torque.*

Надёжность машин в значительной степени обусловлена надежностью работы их подвижных соединений. Одним из факторов, снижающих надежность техники, является износ трущихся поверхностей трибосопряжений [1-5]. Для уменьшения износа и увеличения срока службы техники в трибосопряжения их агрегатов вводят специальные смазочные композиции, основой которых являются минеральные или синтетические масла [6].

Минеральные масла получили широкое распространение ввиду их низкой стоимости, для получения же необходимых эксплуатационных свойств в эти масла добавляют широкий спектр присадок. Так, одни присадки улучшают вязкость масла, другие уменьшают износ и т.д.

Таким образом, проблема легирования минеральных масел остается актуальной. В данной работе были исследованы следующие смазочные композиции:

- Масло трансмиссионное ТМ5-18;
- Смазочная композиция ТМ5-18 + 10% Акор-1;
- Смазочная композиция ТМ5-18 + 10% Телаз-ЛС.

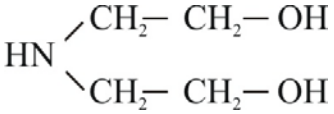
Антикоррозионная присадка АКОР-1 (ГОСТ 15171–78) изготавливается на основе нитрованных базовых масел марок М-8, М-11, АС-9,5 с добавлением 10% стеариновой кислоты и последующей нейтрализацией гидроксидом кальция. Присадка представляет собой густую маслянистую жидкость черного цвета, прозрачную в тонком слое. Применяется в основном для приготовления рабоче-консервационных составов, 5…10% добавляют к маслам, 3,5% – к дизельному топливу. Для наружной консервации техники при хранении в помещениях и под навесом содержание АКОР-1 в свежих и отработанных маслах доводят до 20% [7].

Технология синтеза присадки АКОР-1 разработана на основе исследований Крейна и Шехтера. Процесс получения состоит из следующих стадий: нитрование масла (М-8, М-11) 98%-ной азотной кислотой, смешение полупродукта с 60%-ной стеариновой кислотой, нейтрализация смеси оксидом кальция, сушка и центрифугирование полученной присадки [8].

Модификатор Телаз-ЛС представляет собой органические соединения, молекулы которых обладают хемосорбционной способностью, в качестве активного ингредиента использованы карбоновые кислоты. При синтезе использованы карбоновые кислоты с углеводородными или перфторированными радикалами. Радикалы участвуют в формировании гидрофобной части молекулы [9, 10].

При синтезе использованы:

- карбоновые кислоты $CH_3(CH_2)_nCOOH$; $CF_3(CF_2)_nCOOH$

- диэтаноламин 

- борная кислота H_3BO_3.

В результате синтеза получаются органические соединения с асимметричной молекулярной структурой, содержащие гидрофобный радикал (для соединений с перфторированным радикалом он является лиофобным) и гидрофильную часть.

Испытания проводились на стандартной машине трения типа Амслер – «МИ», которая снабжена системами создания, поддержания и измерения температур, нормальных сил, линейных скоростей скольжения, моментов сил

трения и скоростей изнашивания. Основные испытуемые параметры – трение и износ регистрируются с помощью двухканального самописца модели «2309» фирмы «Брюль и Къер». Схема трения «колодка – ролик» с постоянными величинами коэффициентов взаимного перекрытия и площади соприкосновения независимо от износа, что является важным фактором достоверности получаемых экспериментальных результатов, представлена на рисунке 1.

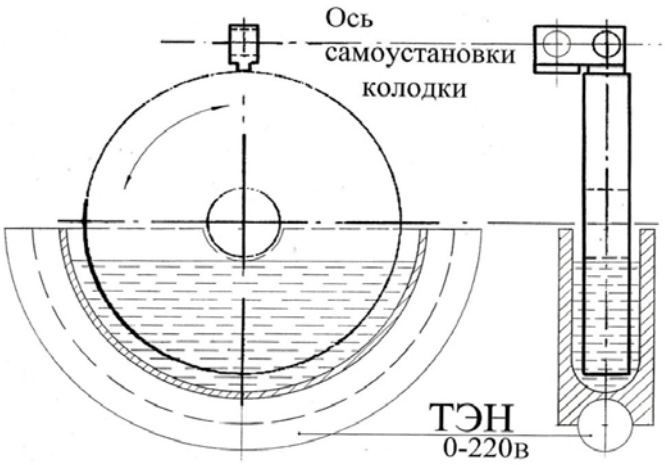


Рис. 1. **Испытания по схеме «колодка-ролик»**

Методика экспериментирования согласно ГОСТ 23216-84 заключается в организации вращения ролика, находящегося в ёмкости тороидальной формы, в которую вливается тщательно перемешанная смазочная композиция. Прикладывается нормальная сила, происходит контакт рабочих поверхностей самоустанавливающейся колодки и вращающегося ролика, после чего осуществляется синхронное измерение скорости изнашивания и момента сил трения в течение всего опыта без разъединения зоны трения.

Зона трения образована цилиндрическими поверхностями ролика и колодки. Радиус ролика R=35,0-0,1 мм, площадь контакта колодки и ролика 0,1654 см^2. Частота вращения вала n=100 об/мин (линейная скорость 0,37-0,01 м/с), выбрана из условия гарантированного отсутствия гидродинамического режима смазки. Ряд нормальных сил, прикладываемых к испытуемым образцам – 311,5; 521,5; 731,5; 941,5; 1151,5 Н определен экспериментально, в том числе из условия гарантированного отсутствия признаков заедания.

В результате двух основных серий испытаний получены экспериментальные зависимости параметров трения от нормальной нагрузки. Итогом обработки зависимостей являются сводные таблицы 1 и 2.

Таблица 1

Скорость изнашивания $V_{изн}$(мкм/час) и момент сил трения $M_{тр}$ (Нм) при 100 об/мин. I серия экспериментов

Нормальные силы, Н	ТМ5-18		ТМ5-18+10% Акор-1		ТМ5-18+ 10% Телаз-ЛС	
	$V_{изн}$	$M_{тр}$	$V_{изн}$	$M_{тр}$	$V_{изн}$	$M_{тр}$
311,5	40,2	1,401	6,3	1,201	5,7	0,200
521,5	56,3	2,402	51,2	2,602	11,3	2,402
731,5	83,3	3,603	117,4	3,803	26,9	3,403
941,5	186,2	4,603	139,1	5,004	25,3	4,403
1151,5	238,2	5,604	169,6	6,405	29,2	5,804

Таблица 2

Скорость изнашивания $V_{изн}$ (мкм/час) при 100 об/мин II серия экспериментов

Нормальные силы, Н	ТМ5-18	ТМ5-18+10% Акор-1	ТМ5-18+ 10% Телаз-ЛС
731,5	70,0	35,8	29,2
941,5	118,7	104,5	30,5/10,1*
1151,5	145,9	122,7	9,7*

Примечание: * – результаты получены после работы смазочной композиции при температуре 105°С.

Исследуемые смазочные композиции обнаружили различные уровни взаимодействия с трущимися поверхностями, и, соответственно, различного уровня воздействия на измеряемые параметры. Это выразилось в том, что все исследуемые смазочные материалы при одних и тех же условиях испытаний имеют незначительно отличающиеся друг от друга значения $M_{тр}$, но $V_{изм}$ отличается существенно, в отдельных случаях на порядок.

Экспериментальные исследования, проведенные в испытательном узле трения «ролик – колодка» при описанных выше параметрах испытаний, позволяют сделать следующие основные выводы:

1) Смазочная композиция ТМ5-18+10% Телаз-ЛС во всем диапазоне нормальных сил демонстрирует:

- Снижение $V_{изн}$ по сравнению с чистым ТМ5-18 от 2 до 8 раз, а по сравнению со смазочной композицией ТМ5-18+10% Акор-1 от 1,1 до 6 раз;
- В целом композиция демонстрирует меньшие значения $M_{тр}$.

2) Трибохарактеристики смазочной композиции ТМ5-18+10% Телаз-ЛС после нагрева при температуре 105°С и последующего охлаждения демонстрирует уменьшение скорости изнашивания в 3 раза.

Библиографический список

1. Гайдар С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий Гайдар С.М.: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук (05.20.03) / Гайдар Сергей Михайлович; ФГБОУ

ВПО МГАУ. – Москва. 2011. 33 с.

2. Гайдар С.М., Петровская Е.А. Обеспечение износостойкости узлов трения // В сборнике: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. 2016. С. 99-102.

3. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

4. Гайдар С.М., Карелина М.Ю., Петровская Е.А., Зиятдинов Э.А. Повышение износостойкости узлов трения // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 40-47.

5. Гайдар С.М., Дёмина Л.Ю., Дмитревский А.Л., Петровская Е.А. Полифункциональные ингибиторы биокоррозии – эффективное средство повышения сохраняемости машин в животноводстве // Техника и оборудование для села. 2014. № 4 (202). С. 26-29.

6. Ингибитор коррозии металлов. Патент на изобретение RUS 2597442 заявл. 15.04.2015 / С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина, А.В. Пыдрин, Д.И. Петровский, Е.А. Петровская, Е.В. Быкова, К.В. Быков, М.И. Голубев, А.Е. Шлыков. 2016.

7. Консервационная консистентная смазка. Патент на изобретение RUS 2553001 заявл. 22.04.2014, МПК: C10M 101/02; C10M 121/04. / С.М. Гайдар, Д.И. Петровский, Е.А. Петровская, А.Л. Дмитревский. 2015.

8. Кузнецова Е.Г., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Гайдар С.М. Консервационные составы на основе водорастворимых ингибиторов коррозии // Наука в центральной России. 2013. № 5. С. 43-47.

9. Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Петрашев А.И., Гайдар С.М. Защитная эффективность водорастворимых ингибиторов коррозии при консервации сельскохозяйственной техники // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 6. С. 23-25.

10. Пучин Е.А., Гайдар С.М. Хранение и противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники: учебное пособие // М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2011. 510 с.

УДК 621.891

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НА ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРИ ТРЕНИИ

***Петровская Елена Андреевна**, старший преподаватель кафедрыкафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ea-petrovskaya@rambler.ru*

***Лагузин Алексей Борисович**, заместитель руководителя Центра испытаний НАМИ по научной работе Государственного научного центра Российской Федерации, ГНЦ РФ ФГУП НАМИ, avtokon56@yandex.ru*

***Аннотация.** В статье показана перспектива модификации поверхностей пар трения за счет формирования мономолекулярной защитной плёнки для уменьшения износа. Приведены технологии нанесения мономолекулярной защитной плёнки. Выбраны методика и схема испытания, позволившие получить достоверные результаты оценки эффективности влияния модификации поверхностей пар трения.*

***Ключевые слова:** поверхностно-активные вещества, трение, износ, пары трения, коррозионная стойкость.*

***Abstract.** The article shows the prospect of modifying the surfaces of friction pairs by forming a monomolecular protective film to reduce wear. The technologies of applying a monomolecular protective film are presented. The technique and scheme of the test, which allowed to obtain reliable results of the evaluation of the effect of modification on top of friction pairs.*

***Keywords:** surfactants, friction, wear, friction pairs, corrosion resistance.*

В результате интенсивного абразивного изнашивания трущихся деталей изменяются геометрия поверхности и общие размеры, что является причиной нарушения параметров работы, повышения энергетических затрат [1, 2].

Надежность машин в большей степени обусловлена безотказностью работы их подвижных соединений [3, 4]. Одним из основных факторов ограничивающих надежность работы машин и механизмов, является износ контактирующих поверхностей трибосопряжений, что в значительной степени сказывается на ресурсе их работы. Поэтому для повышения долговечности деталей машин используют различные методы их упрочнения: термические, криогенные, физические, физико-химические, пластическую деформацию.

Физико-химические методы повышения износостойкости можно условно разделить на четыре основных класса [5, 6]:

1. Создание износостойкой пленки на поверхности;
2. Изменение химического состава поверхностного слоя;
3. Изменение энергетического запаса поверхностного слоя;
4. Формирование мономолекурярной плёнки на поверхности за счёт адсорбции органических соединений с дифильными молекулами.

Для снижения величины и стабилизации условий трения, предотвращения

интенсивного износа в трибосопряжения вводят различные смазочные среды. Необходимо, чтобы слой смазки между поверхностями трибосопряжения имел достаточную толщину, обеспечивающую отсутствие соприкосновения вершин шероховатостей поверхностей, и таким образом препятствовал их изнашиванию. Такой вид смазки называют жидкостной или гидродинамической [7].

В современной металлургии большую часть выпускаемой продукции составляют черные сплавы. Наиболее распространёнными из всего ассортимента черных сплавов являются низкоуглеродистые стали. Их применяют для производства сварных конструкций, деталей, изготавливаемых методами пластического деформирования, а также различных деталей машин и механизмов (валы, оси, зубчатые колеса и т.д.) [8].

В то же время низкоуглеродистые стали не обладают высокой коррозионной стойкостью, что приводит к необходимости применения различных мер по защите деталей из этих сплавов и сборочных единиц, в которые они входят, от различных видов коррозии, в результате которой снижаются механические свойства и ресурс этих изделий В условиях очень больших нагрузок или высоких местных контактных напряжений (особенно в контактах качения зубьев шестерён или роликовых подшипниках) пленка смазки становится очень тонкой, порядка 2,5…0,25 мкм, а местное давление очень большим. В этих условиях в середине зоны контакта вязкость масла приближается к вязкости смолы. Смазка продолжает оставаться полностью гидродинамической. Эту область смазки называют «смазкой в тонком слое», а также «смешанная» или «квазигидродинамическая» смазка.

При дальнейшем уменьшении скорости скольжения или увеличении нагрузки масляный слой становится настолько тонким, что противолежащие шероховатости обоих поверхностей трибосопряжения «цепляются» друг за друга, и существование сплошной масляной пленки делается невозможным. Нагрузку в этом случае несет молекулярный слой, обычно состоящий из молекул поверхностно активных веществ (ПАВ).

ПАВ являются вещества (синтетические или природные), способные адсорбироваться на поверхности раздела фаз, снижая поверхностную энергию. Эти вещества имеют дифильное строение: молекула ПАВ содержит гидрофобную часть и полярную группу той или иной природы (-COOH, -COF, -H_2N-, -HN=, N≡, – HO и др.). Гидрофобная часть представляет углеводородный радикал R (C_nH_{2n+1}, C_nH_{2n-1}, C_6H_4 и др.), содержащий от 8 до 30 углеродных атомов. Большой интерес представляют Фтор-ПАВы, содержащие фторированные углеводородные радикалы R (-CF_2-CF_2-CF_2-…) [9].

Фтор-ПАВы обладают гораздо большей поверхностной активностью, чем углеводородные. Для создания условия адсорбции молекул на поверхности необходимо растворить ПАВ в рабочей среде или растворителе (моторное масло, топливо, минеральное масло и т.п.) для уменьшения межмолекулярного взаимодействия [10].

Адсорбция молекул ПАВ происходит за счет взаимодействия полярных

групп с активными центрами, всегда существующими на твердой поверхности. Такими центрами могут быть пики и возвышения, имеющиеся на любой, даже самой гладкой поверхности. Вследствие малого радиуса действия адсорбционных сил, и в дальнейшем образование химических связей (хемосорбция) происходит насыщение активных центров поверхности, в результате образуется защитная мономолекулярная плёнка толщиной 3…6 нм [6].

Цель данной работы – исследование влияния защитной мономолекулярной плёнки Фтор-ПАВ на процессы трения и изнашивания поверхностей трибосопряжений в условиях трения.

При проведении исследований использовался раствор перфторированной кислоты в летучем растворителе. После нанесения композиции на образцы растворитель испаряется, а из молекул Фтор-ПАВ формируется мономолекулярная защитная пленка (МЗП) – происходит модификация поверхности. Кардинально изменяется энергетика обработанной поверхности. Так, поверхностная энергия металлов снижается с 1825…6000 mH/м (эрг/см^2) до 4…6 mH/м. Последнее приводит к изменению эксплуатационных характеристик модифицированных изделий: снижается износ и коэффициент трения, момент трения покоя, повышается коррозионная стойкость и т.п.

Существуют три основных способа модификации поверхности [1]:

1) Метод окунания с последующей сушкой на воздухе;

2) Метод окунания с последующим термостатированием при температурах 100…150 °С в течение 1,0…1,5 ч;

3) Метод кипячения в течение 0,5…1,0 ч с последующей сушкой на воздухе.

Расход композиции в первых двух случаях около 100 г/м^2, в третьем – 30 г/м^2.

Для оценки влияния термостатирования на качество МЗП было проведено сравнительное исследование образцов, подготовленных с помощью 1-го и 2-го способов. Полученные данные показывают, что термостатирование приводит к образованию более равномерной МЗП и способствует ее перераспределению на ранее непокрытые участки. Эффект зарастания МЗП непокрытых участков подтвердился в следующем эксперименте. Металлическую пластину покрывали МЗП таким образом, что на обеих ее поверхностях оставались изолированными по 15 участков диаметром 3 мм. Эти участки не были покрыты МЗП, что наглядно наблюдалось после стекания масла с пластины, предварительно погруженной в масляную ванну. На этой же пластине после термостатирования обе ее поверхности, включая ранее изолированные участки, становились покрытыми пленкой МЗП.

Третий способ – кипячение, приводит, по-видимому, к такому же результату, как и второй – равномерному распределению пленки по поверхности металла. Преимущество этого способа – более экономное расходование композиции [10].

Представляет интерес кинетика нанесения МЗП. С помощью метода

контактной разности потенциалов проведено исследование кинетики нанесения МЗП. Процесс нанесения МЗП практически заканчивается через 1,5...3,0 мин и дальнейшая выдержка в композиции не приводит к изменению контактной разности потенциалов [4, 6].

В результате испытаний было установлено, что модифицированные поверхности пары трения диск-плоскость из сталей ШХ-15, при начальном давлении Р=200 МПа, износ в течении 15…20 минут первоначально возрастал приблизительно в 1,3 раза по сравнению с немодифицированными, а затем снижался в 1,4…1,5 раза и оставался постоянным на весь период испытаний. Соответственно изменялся и коэффициент трения.

Такое повышение износа и коэффициента трения объясняется тем, что в первоначальный период идет интенсивная приработка контактных поверхностей и скорость приработки узлов трения скольжения модифицированных поверхностей повышается в 4 и более раз.

Лабораторные триботехнические испытания показали влияние применения технологии модифицирования поверхностей пар трения, как на скорость приработки в начальный период (уменьшение в 4 и более раз), так и на снижение износа после приработки в 1,4 – 1,5 раз.

Библиографический список

1. Гайдар С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий Гайдар С.М.: автореф. дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук (05.20.03) / Гайдар Сергей Михайлович; ФГБОУ ВПО МГАУ. – Москва. 2011. 33 с.

2. Кузнецова Е.Г., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Гайдар С.М. Консервационные составы на основе водорастворимых ингибиторов коррозии // Наука в центральной России. 2013. № 5. С. 43-47.

3. Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Петрашев А.И., Гайдар С.М. Защитная эффективность водорастворимых ингибиторов коррозии при консервации сельскохозяйственной техники // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 6. С. 23-25.

4. Гайдар С.М., Петровская Е.А. Обеспечение износостойкости узлов трения // В сборнике: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. 2016. С. 99-102.

5. Пучин Е.А., Гайдар С.М. Хранение и противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники: учебное пособие // М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2011. 510 с.

6. Гайдар С.М., Карелина М.Ю., Петровская Е.А., Зиятдинов Э.А. Повышение износостойкости узлов трения // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 40-47.

7. Гайдар, С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

8. Ингибитор коррозии металлов. Патент на изобретение RUS 2597442 заявл. 15.04.2015 / С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина, А.В. Пыдрин, Д.И. Петровский, Е.А. Петровская, Е.В. Быкова, К.В. Быков, М.И. Голубев, А.Е. Шлыков. 2016.

9. Консервационная консистентная смазка. Патент на изобретение RUS 2553001 заявл. 22.04.2014, МПК: C10M 101/02; C10M 121/04. / С.М. Гайдар, Д.И. Петровский, Е.А. Петровская, А.Л. Дмитревский. 2015.

10. Гайдар С.М., Дёмина Л.Ю., Дмитревский А.Л., Петровская Е.А. Полифункциональные ингибиторы биокоррозии – эффективное средство повышения сохраняемости машин в животноводстве // Техника и оборудование для села. 2014. № 4 (202). С. 26-29.

УДК 658.511.5

ЭТАПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

***Петровский Дмитрий Иванович**, кандидат технических наук,, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, dm_petrovsky@mail.ru*

***Корнеев Виктор Михайлович**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, tsmo@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. Рассмотрены структура системы технологической подготовки и этапы обеспечения технологической готовности производства предприятий технического сервиса.*

***Abstract**. The structure of the system of technological preparation and the stages of ensuring the technological readiness of the production of technical service enterprises.*

***Ключевые слова:** технический сервис, технологическая подготовка, предприятие, готовность.*

***Keywords:** technical service, technological training, enterprise readiness.*

Деятельность предприятия по развитию его материально-технической базы, организации производства, труда и управления представляет собой технологическую подготовку производства.

Технологическая подготовка производства (ТПП) – совокупность взаимосвязанных мероприятий (процессов), обеспечивающих технологическую готовность предприятия к оказанию услуг технического сервиса регламентированного качества в соответствии с востребованностью на потребительском рынке и оптимальными значениями по срокам и ресурсам [1-3].

Цель – проанализировать этапы обеспечения технологической готовности производства предприятий технического сервиса.

Технологическая подготовка производства (ТПП) предприятий технического сервиса осуществляется в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). При этом весь комплекс работ по технологической подготовке производства регламентируется ГОСТ 14.004-83 «Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий». Настоящий стандарт действует совместно с ГОСТ Р 50995.3.1-96 «Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства» и ГОСТ Р 50995.0.1-96 «Технологическое обеспечение создания продукции. Основные положения», устанавливающие основные положения стандартов системы менеджмента качества и рекомендаций [4].

Основное назначение ЕСТПП заключается в создании системы организации и управления технологической подготовкой производства, предусматривающей широкое применение прогрессивных технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ [5-7].

Порядок формирования и применения документации на методы и средства ТПП определяется отраслевыми стандартами, стандартами предприятий и документацией различного назначения, разработанной в соответствии со стандартами ЕСТПП (рисунок 1).

Разработку документации по организации технологической подготовки производства осуществляют в три стадии [3, 8, 9].

Разработка технического задания предусматривает организационно-технологический анализ существующих методов и средств ТПП и выработку технических предложений по их совершенствованию. На этой стадии устанавливают технические требования к документации, исполнителей, предварительные сроки разработки технического и рабочего проектов, источники финансирования и проводят ориентировочные расчёты ожидаемой технико-экономической эффективности ТПП.

Рис. 1. **Состав документации по методам и средствам ТПП**

На стадии технического проекта принимают основные принципиальные технические и организационные решения по установленным функциям и задачам ТПП. При этом разрабатывают общую структурную схему ТПП, организационную структуру служб, основные положения организации и управления ТПП, технические задания и алгоритмы для программирования задач; осуществляют унификацию и стандартизацию форм документации и т.д.

На стадии рабочего проекта создают рабочую документацию, необходимую для решения задач ТПП; разрабатывают информационную модель ТПП, документацию для решения задач на ЭВМ, технические задания и алгоритмы для программирования задач; осуществляют унификацию и стандартизацию форм документации и др.

Технологическая готовность производства – наличие на предприятии полных комплектов эксплуатационной, конструкторской, технологической, ремонтной и нормативной документации, а также средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданной номенклатуры и объёма услуг технического сервиса с установленными технико-экономическими показателями при минимальных затратах. В ходе ТПП разрабатываются и внедряются новые технологии, прогрессивные методы и формы организации производства, а также проводится совершенствование существующих технологий и средств технологического оснащения. При этом конечной целью ТПП является создание технологической документации [8, 9, 10].

Основными этапами ТПП являются:

– научно-исследовательская работа в области совершенствования технологии ремонта и средств технологического оснащения);

– изучение дефектов и их сочетаний в деталях и сборочных единицах ремонтного фонда машин;

– разработка технологической документации по всей номенклатуре деталей и сборочных единиц и всей совокупности технологических воздействий с разработкой трудовых и материальных нормативов;

– выбор средств технологического оснащения (оборудования, оснастки, обрабатывающего и измерительного инструмента);

– приобретение промышленных и изготовление непромышленных средств технологического оснащения (СТО);

– проектирование СТО собственного изготовления;

– разработка планов расположения оборудования и подготовка производственной площади для его размещения;

– планирование сроков, трудовых и материальных затрат вспомогательного производства;

– создание производственных коммуникаций (подвод электроэнергии, и теплоэнергии, сжатого воздуха, технологических газов, питьевой и технической воды, установка общеобменной и местной вентиляции, прокладка канализации);

– монтаж оборудования, установка оснастки, наладка, испытание,

доработка (корректировка) и ввод в эксплуатацию СТО.

Типовая схема организации ТПП приведена на рисунке 2.

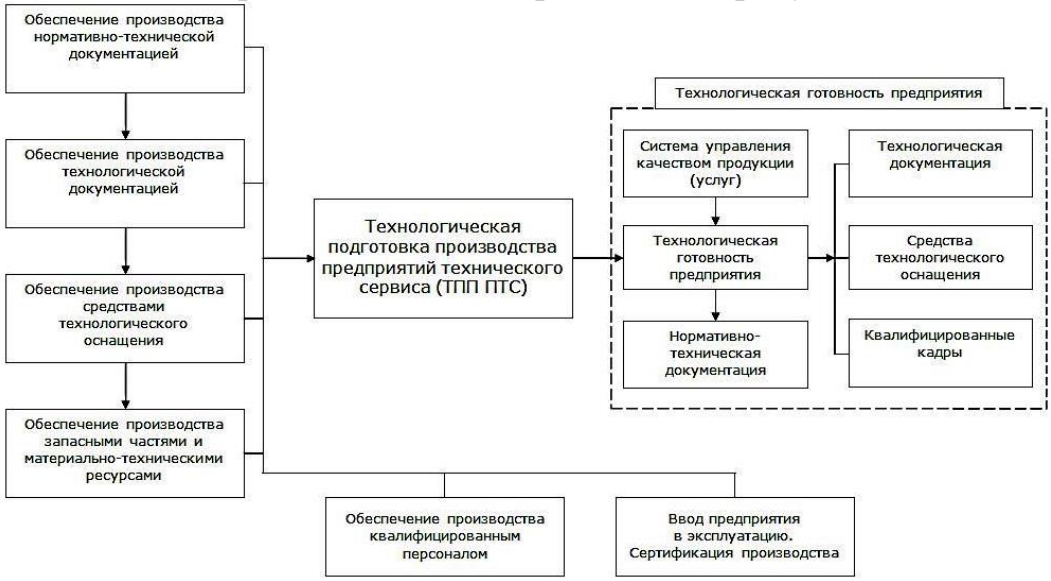


Рис. 2. **Структура технологической подготовки предприятий технического сервиса**

Технологическую подготовку производства завершают выверкой, отладкой и внедрением в производство разработанных технологических процессов. В процессе освоения технологические процессы корректируются, а в технологическое оснащение вносятся совершенствующие его изменения.

Технологическая подготовка производства представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к оказанию услуг заданного уровня качества при установленных сроках, объёмах выпуска и затратах. Работа на всех ее стадиях регламентируется ЕСТПП.

Библиографический список

1. Корнеев В.М., Ивойлов А.А., Петровский Д.И. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 94-103.

2. Корнеев В.М., Катаев Ю.В., Вялых Д.Г. Обеспечение работоспособности техники в гарантийный период эксплуатации // Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 39-40.

3. Кравченко И.Н., Петровский Д.И. Анализ технического сервиса машин и оборудования в агропромышленном комплексе // Доклады ТСХА. 2016. № 288-4. С. 283-286.

4. Гайдар, С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

5. Аксёнова М.Н., Петровский Д.И. Система технического сервиса в АПК // В сб.: Актуальные проблемы агроинженерии В XXI веке. Матер. Межд. науч.-практ. конференции. – Майский: Изд-во: Белгородский ГАУ имени В.Я.

Горина. 2018. С. 296-299.

6. Дидманидзе О.Н., Корнеев В.М. Технический сервис в АПК // М.: ООО УМЦ «Триада». 2015. 110 с.

7. Корнеев В.М., Кравченко И.Н., Корнеева Е.Н. Логистика технического сервиса // М.: РГАУ-МСХА. 2016. 140 с.

8. Корнеев В.М., Петровская Е.А. Система оценки качества услуг предприятий технического сервиса // Вклад молодых учёных в инновационное развитие АПК России: материалы Межд. н.–п. конференции молодых учёных (27-28 октября). – Пенза: РИО ПГСХА. 2016. С. 118-121.

9. Корнеев В.М., Кравченко И.Н., Петровский Д.И., Шамарин Ю.А., Ерофеев М.Н. Технологическая подготовка предприятий технического сервиса: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М. 2018. –260 с.

10. Корнеев В.М., Катаев Ю.В. Технология предпродажного обслуживания машин // Сельский механизатор. 2016. № 5. С. 32-34.

УДК 631.152:658.562

ДИЛЕРСКАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

***Петровский Дмитрий Иванович**, кандидат технических наук,, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, dm_petrovsky@mail.ru*

***Аннотация**. Рассмотрена современная концепция предпродажного и гарантийного обслуживания сельскохозяйственной техники. Представлены основные плюсы дилерской системы обслуживания сельхозтехники в текущей экономической ситуации.*

***Ключевые слова:** сервис, техническое обслуживание, качество, эффективность, сельскохозяйственная техника.*

***Abstract.** The modern concept of pre-sale and warranty service of agricultural machinery is considered. The main advantages of the dealer system of agricultural machinery maintenance in the current economic situation are presented.*

***Keywords:** service, maintenance, quality, efficiency, farm equipment.*

Поддержание техники в работоспособном состоянии до 1990 года осуществлялось на основе планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта [1-3].

В соответствии с ГОСТ 18322-78 под системой технического обслуживания и ремонта понимается совокупность взаимосвязанных средств, документации и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества машин сельскохозяйственного назначения.

Использование системы технического обслуживания и ремонта машин на протяжении многих десятилетий явилось значительным резервом повышения надежности машинно-тракторного парка. В настоящее время вследствие

реформирования экономических взаимоотношений в практике широко используется термин «технический сервис» [4-6].

В международной практике машиноиспользования термин «технический сервис» трактуется как комплекс услуг, оказываемых потребителю, в приобретении техники, эффективному её использованию и поддержанию в работоспособном состоянии в течение всего срока эксплуатации машины, а также ее утилизации по истечении срока службы.

В этой связи на основании проведенных исследований определены основные задачи технического сервиса, представленные на рисунке 1.

Рис. 1. **Технический сервис в системе инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса**

Большое значение в системе технического сервиса имеет ее оптимальная организация, включающая следующие аспекты: обеспечение рациональных форм организации работ; формирование и использование ремонтно-обслуживающей базы; формирование и использование эксплуатационных материалов; управление производственными процессами; организация труда персонала; финансовое и информационное обеспечение [7, 8].

Таким образом, можно констатировать, что организация технического сервиса в современных условиях требует обоснованного научного подхода, обеспечивающего эффективное использование машинно-тракторного парка.

По ряду объективных причин, сельскохозяйственная техника поступает в полуразобранном, а то и в разобранном виде. По субъективным причинам – бывает недоукомплектованной и неисправной. Поэтому требуется подготовка «новой» техники к работе.

Исследование проблемы комплектности и надежности поставляемой

техники показывает, что к числу объективных причин того, что машины поступают в полуразобранном виде, в первую очередь относятся условия их транспортирования. Следует учитывать и тот фактор, что в процессе транспортирования случаются хищения и повреждения составных частей машин. Таким образом, входной контроль, досборка техники, регулировка технологических параметров перед ее использованием по назначению – это объективная необходимость [9, 10].

Есть и другая сторона этого вопроса, вызывающая потребность в предпродажном обслуживании – это надежность поставляемых машин и в первую очередь, их безотказность.

Из общего перечня неисправностей до 15% вскрывается и устраняется в процессе предпродажного обслуживания. Устраняя такое количество неисправностей, службы предпродажного обслуживания дилеров тем самым на 5-10% повышают эффективность использования техники, поставляемой на село. В том и состоит задача, чтобы в процессе предпродажного обслуживания техники, кроме досборки машины, устранить обнаруженные неисправности, провести техническое обслуживание, проверить возможность технической регулировки и, только убедившись в работоспособности машины, с уверенностью реализовать ее сельскому товаропроизводителю.

Таким образом, вопросы обслуживания машин в процессе использования по назначению являются очень важными, особенно в гарантийный период эксплуатации. В этот период задачу устранения неисправностей, особенно возникших по вине завода-изготовителя, берут на себя дилеры, через которые эти машины были реализованы. Для этих целей они создают ремонтные службы или привлекают предприятия технического сервиса на договорной основе, для устранения неисправностей.

Работы служб предпродажного и гарантийного обслуживания техники дилерской системы показывают, что при выполнении всех технических регламентов можно получить значительный эффект, который формируется на основе следующих составляющих:

- упреждение отказов в процессе предпродажной подготовки и уменьшение за счет этого простоев машин в период полевых работ;
- сокращение простоев машин за счет проверки возможности технологической регулировки сельскохозяйственных машин;
- возврат денежных средств заводами-изготовителями за восстановление работоспособности машин, отказавший по их вине;
- увеличение производительности машин за счет сокращения продолжительности простоев по техническим причинам;
- упреждение отказов машин за счет повышения квалификации мастеров-наладчиков и механизаторов.

При этом необходимо отметить, что дилерские предприятия обеспечивают поддержание работоспособности техники и в послегарантийный период эксплуатации путем ее ремонта и модернизации на основе реализации инновационных технологий технического сервиса.

Организация предпродажного и гарантийного обслуживания техники является важнейшим этапом в эксплуатации машин, особенно в настоящее время при ослабленной материально-технической базе хозяйств. В такой ситуации роль и ответственность дилеров значительно возрастает, и их задача сводится теперь не только к своевременной и комплектной поставке машин, но и к надлежащей организации предпродажного, гарантийного и послегарантийного технического сервиса.

Библиографический список

1. Аксёнова М.Н., Петровский Д.И. Система технического сервиса в АПК // В сб.: Актуальные проблемы агроинженерии В XXI веке. Матер. Межд. науч.-практ. конференции. – Майский: Изд-во: Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина. 2018. С. 296-299.

2. Корнеев В.М., Петровская Е.А. Система оценки качества услуг предприятий технического сервиса // Вклад молодых учёных в инновационное развитие АПК России: материалы Международной н.–п. конференции молодых учёных (27-28 октября). – Пенза: РИО ПГСХА. 2016. С. 118-121.

3. Кравченко И.Н., Коломейченко А.В., Корнеев В.М., и [др.].Основы изобретательства и патентоведения // М.: КноРус. 2017. 262 с.

4. Корнеев В.М., Кравченко И.Н., Корнеева Е.Н. Логистика технического сервиса: учебное пособие // М.: Изд-во РГАУ-МСХА. 2016. 140 с.

5. Корнеев В.М., Кравченко И.Н., Петровский Д.И., Шамарин Ю.А., Ерофеев М.Н. Технологическая подготовка предприятий технического сервиса: учебное пособие // М.: РГАУ-МСХА. 2018. 180 с.

6. Кравченко И.Н., Корнеев В.М., Коломейченко А.В. и [др.].Основы патентоведения // М.: Инфра-М. 2017. 252 с.

7. Корнеев В.М., Ивойлов А.А., Захарова М.С., Петровский Д.И. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 94-103.

8. Корнеев В.М., Новиков В.С., Кравченко И.Н., Петровский Д.И. Технология ремонта машин: учебник // М.: ИНФРА-М. 2018. 314 с.

9. Кравченко И.Н., Петровский Д.И. Анализ технического сервиса машин и оборудования в агропромышленном комплексе // Доклады ТСХА. 2016. № 288-4. С. 283-286.

10. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

УДК 631.512.2, 631.514, 631.517

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОГО РЕСУРСА ЗАРУБЕЖНЫХ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ

***Новиков Владимир Савельевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, tsmo@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. Разработана конструкция и приведены результаты испытаний опытного лемеха для плуга фирмы Lemken, ресурс которого соответствует ресурсу фирменного лемеха.*

***Ключевые слова:** почва, плуг, рабочий орган, долговечность.*

***Abstract**. Developed design and the results of testing the blade for plough Lemken firms, resource resource which corresponds to the brand of the blade.*

***Keywords:** soil, plough, working organ, durability.*

Технический уровень почвообрабатывающих машин определяется в первую очередь совершенством их рабочих органов. Вследствие этого особенно привлекательным в зарубежной технике является ресурс их рабочих органов, который в два и более раз превышает ресурс отечественных почвообрабатывающих машин [1, 2].

В то же время удельные затраты на обработку почву отечественными и импортными плугами свидетельствует о превосходстве отечественных над импортными.

Цель – оценить ресурс и эффективность разработанной конструкции опытного лемеха для зарубежного плуга фирмы Lemken.

Материалы и методы исследований. Проведем расчёты для 4-корпусных плугов отечественного ПЛН-4-35 и импортного луга Lemken ЕврОпал-7.

Удельные затраты на обработку почвы определялись по формуле:

$$C_n = \frac{1}{TW} \cdot \left[Ц_м + \sum_1^n \left(\frac{TW}{P_i} - K \right) \cdot \left(Ц_{Дi} + C_р \cdot T_{рi} \right) \right] + \frac{C_р}{A \cdot K}, \quad (1)$$

где C_n – затраты на 1 га обработки почвы, р./га; $Ц_м$ – цена машины (плуга, культиватора и др.), р.; T – срок службы машины, лет; W – среднегодовая наработка машины, га; P_i – ресурс i-той детали рабочего органа, га; $Ц_{дi}$ – цена i-той детали рабочего органа, р.; T_{pi} – трудоемкость замены i-той детали рабочего органа, чел.-ч; $C_р$ – заработная плата рабочего, р./ч; n – количество деталей, входящих в рабочий орган, шт.; K – количество рабочих органов в машине, шт.; A – производительность лемеха, га/ч.

Средние показатели по ресурсу, цене, трудоемкости замены и затраты на замену деталей плужных корпусов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Удельные затраты на замену деталей плужных корпусов плугов ПЛН-4-35 и Lemken ЕврОпал-7

Наименование детали	Ресурс, га	Цена, р.	Трудоёмкость замены, чел.-ч	Удельные затраты на замену, р./га
Плуг ПЛН-4-35		86300		
Лемех	15	360	0,25	25,50
Крыло отвала	140	980	0,30	5,97
Грудь отвала	35	200	0,20	6,12
Полевая доска	30	250	0,20	8,78
			Итого:	46,35
Плуг Lemken ЕврОпал-7		540000		
Лемех	100	3000	0,30	23,76
Долото	30	800	0,25	25,80
Крыло отвала	200	8000	0,40	22,70
Грудь отвала	35	1700	0,20	45,48
Полевая доска	50	1600	0,20	28,9
			Итого:	146,54

Для расчётов приняты следующие условия: продолжительность чистой работы в день для обоих плугов составляет 6 часов, среднегодовая нагрузка на пахоте – 60 рабочих дней, срок службы (амортизации) плуга – 8 лет, часовая тарифная ставка механизатора при обработке почвы и замене износившихся деталей – 120 р./ч.

Подставляя в формулу 1 значения параметров, получим:

- для плуга ПЛН-4-35 C_n=179,5 р./га;
- для плуга Lemken ЕврОпал-7 C_n=387,25 р./га.

Таким образом, удельные затраты на вспашку плугом фирмы Lemken более, чем в два раза превышает удельные затраты отечественного плуга.

Взаимодействуя с почвой, рабочие органы интенсивно изнашиваются, изменяя свою форму и размеры, поэтому их приходится часто заменять или ремонтировать [3, 4].

Испытания рабочих органов плугов показывают, что, выпускаемые отечественными предприятиями, лемехи недостаточно совершенны с точки зрения износостойкости и прочности [5-7].

Повышение ресурса рабочих органов обеспечивается, как правило, по следующим направлениям:

- материаловедческому – за счёт применения более износостойких и прочных материалов и методов упрочнения при изготовлении [8, 9];
- конструкционному – за счёт придания деталям рабочих органов таких форм, при которых значительный износ не вызывал бы изменения служебных характеристик [10];
- технологическому – за счёт создания на наиболее изнашиваемых ограниченных участках деталей рабочих органов условий трения «почва – почва» вместо «почва – металл» [3, 9].

Применительно к рабочим органам почвообрабатывающих машин, предельные износы устанавливаются, прежде всего, по технологическому критерию, т.е. по соблюдению агротехнических требований.

Так, выбраковочными параметрами лемеха являются: предельный износ по высоте носка, предельный износ по ширине лезвийной части, предельная толщина лезвия лемеха для данных условий вспашки, в результате чего снижается заглубляющая способность лемеха, не обеспечивается стабильная глубина вспашки, а так же снижается ширина захвата.

По вышеприведённым критериям можно представить потенциальный ресурс лемеха, используя аналитическое выражение:

$$T = \frac{\Delta h_{пр} \cdot \varepsilon_{эт} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0{,}016 \cdot m_{эт} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot V_п}, \quad (2)$$

где T – долговечность лемеха, га; $\Delta h_{пр}$ – предельный износ лемеха, см; $\varepsilon_{эт}$ – относительная износостойкость материала лемеха при эталонном давлении абразива ($P_{эт}$ =0,1 МПа); η_2 – коэффициент изменения относительной износостойкости материала в зависимости от давления абразива; χ – отношение поступательной скорости лемеха к скорости перемещения пласта почвы по нему; A – производительность лемеха, га/ч; $m_{эт}$ – относительная изнашивающая способность почвы при эталонном давлении абразива (0,1 МПа); η_1 – коэффициент изменения изнашивающей способности почвы в зависимости от давления абразива; p – давление почвы на изнашиваемом участке лемеха, МПа; $V_п$ – поступательная скорость рабочего органа, км/ч.

Результаты исследований. На кафедре технического сервиса машин и оборудования были разработаны, изготовлены и испытаны опытные рабочие органы для импортных почвообрабатывающих машин, в том числе опытный лемех для зарубежного плуга фирмы Lemken.

Фирменный лемех для этого плуга состоит из двух частей: долота и лезвийной части – собственно лемеха. Опытный лемех изготовлен из стали 40Х одной деталью и носок его упрочнён с лицевой стороны пластиной из стали 40Х толщиной 4 мм, с обратной стороны – наплавкой электродом ОЗИ-6. Лезвийная часть не упрочнялась.

Результаты расчётов, подтверждённые опытной эксплуатацией для супесчаных почв (m=0,42) показали следующее:

- расчётный ресурс долота фирменного лемеха составляет 36 га, лезвийной части – 74 га. Это соответствует реальным данным;

- расчётный ресурс носка опытного лемеха составляет 42 га, а лезвийной части – 90 га.

Заключение. Особенностью конструкции опытного лемеха является то обстоятельство, что в нем обеспечена равностойкость носка и лезвийной части. Таким образом, разработанные технологии изготовления и упрочнения рабочих органов, как для отечественных, так и для импортных плугов соответствуют, а в ряде случаев и превышают импортные образцы.

Библиографический список

1. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. Прогнозирование ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. 2015. № 11. С. 6-9.

2. Лемех плуга. Пат. 81619 Российская Федерация МПК: A01B 15/00 / Новиков В.С., Ерохин М.Н., Петровский Д.И. и др.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – №2008145238; заявл. 18.11.2008; опубл. 27.03.2009. Бюл. №9.

3. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. К вопросу об импортозамещении рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 206-212.

4. Новиков В.С., Петровский Д.И. Высокоресурсные рабочие органы машин для основной обработки почвы // В сборнике: Инновационные технологии для АПК юга России. 2016. С. 79-82.

5. Новиков В.С., Петровский Д.И. Повышение ресурса рабочих органов машин для основной обработки почвы // В сборнике: Основные направления развития техники и технологий в АПК VII Всероссийская научно-практическая конференция. 2016. С. 288-293.

6. Петровский Д.И., Вольф Н.В. Теоретические основы создания высокоресурсного лемеха плуга // В сборнике: Инновационные технологии для АПК юга России. 2016. С. 86-90.

7. Петровский Д.И., Новиков В.С. Технология повышения ресурса рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК. Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, В.А. Гулевского. 2016. С. 70-74.

8. Новиков В.С., Петровский Д.И. Теоретические предпосылки повышения долговечности почворежущих рабочих органов // Управление рисками в АПК. 2016. № 5. С. 41-50.

9. Петровский Д.И., Петрищев Н.А. К вопросу обеспечения долговечности лемеха плуга // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 127. С. 184-189.

10. Петровский Д.И., Новиков В.С. К вопросу о повышении долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы межд. науч.-пр. конференции, посвящённой 100-летию каф. сельскохозяйственных машин Воронежского ГАУ им. Петра I. Ч. II. Воронеж. 2015. С. 125-129.

УДК 631.512.2, 631.514, 631.517

ХАРАКТЕР ИЗНАШИВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА

***Новиков Владимир Савельевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, tsmo@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. Изложен характер износов стрельчатых лап культиваторов, приведены критерии их замены в результате изнашивания, даны основные направления повышения долговечности рабочих органов.*

***Ключевые слова:** почва, обработка, стрельчатая лапа культиватора, долговечность.*

***Abstract.** Describes the nature of the wear of the Lancet paws cultivators, given the criteria for their replacement of the wear, the main directions for improvement of durability of working bodies.*

***Keywords:** soil, processing, hoe cultivator, durability.*

Технический уровень почвообрабатывающих машин определяется в первую очередь совершенством их рабочих органов. Вследствие этого особенно привлекательным в зарубежной технике является ресурс их рабочих органов, который в два и более раз превышает ресурс рабочих органов отечественных почвообрабатывающих машин [1-4].

Стрельчатая лапа является основным рабочим органом культиваторов для сплошной и междурядной обработки почвы. Основное её назначение – борьба с сорной растительностью и рыхление почвы.

Цель – рассмотреть характер износов стрельчатых лап культиваторов, определить критерии их замены, обосновать основные направления повышения долговечности рабочих органов.

Материалы и методы исследований. Размеры и форма стрельчатой лапы характеризуются углом раствора 2γ, углом крошения β, углом заточки ί, шириной крыла *a* и шириной захвата *b*.

По мере эксплуатации, в результате изнашивания, практически все эти параметры изменяются, снижая работоспособность лапы. В результате изнашивания носовой части увеличивается радиус режущей кромки, косое резание переходит в категорию фронтального резания, в результате чего повышается сопротивление, снижается заглубляющая способность лапы, нарушается равномерность глубины обработки [5, 6].

В результате износа крыльев лапы по ширине возникает нарушение сплошности обработки за счёт уменьшения ширины захвата и ликвидации зоны перекрытия обработки почвы лапами первого и второго рядов.

По мере изнашивания режущей кромки лезвия, увеличивается её толщина, ухудшается её режущая способность и снижается глубина обработки

на твёрдых участках.

Долговечность лапы по износу носовой части и износу крыла по ширине можно определить по выражению [7, 8]:

$$T = \frac{W_{пр} \varepsilon_{эт} \eta_2 \chi A}{0{,}016 m_{эт} \eta_1 p V_к}, га \quad (1)$$

Долговечность лапы по износу лезвия крыла лапы можно определить по выражению:

$$T = \frac{(a - c) \varepsilon_{эт} \eta_2 \chi A}{0{,}016 m_{эт} \eta_1 p V_к \sin i}, га \quad (2)$$

где: $W_{пр}$ – предельный износ носовой части (или крыла по ширине) лапы, см; $\varepsilon_{эт}$ – относительная износостойкость материала при эталонном давлении абразива (0,1 МПа); η_2 – коэффициент, учитывающий изменение относительной износостойкости материала в зависимости от давления абразива; A – производительность лапы, га/ч; 0,016 – коэффициент пропорциональности изнашивания эталонного образца (сталь 45 в состоянии поставки) в эталонных условиях (при давлении абразива 0,1 МПа), см/МПа·км; $m_{эт}$ – относительная изнашивающая способность почвы при эталонном давлении абразива; η_1 – коэффициент, учитывающий изменение изнашивающей способности почвы в зависимости от давления абразива; p – давление почвы (абразива) в точке наибольшего изнашивания, МПа; χ – отношение поступательной скорости культиватора к скорости перемещения пласта почвы по поверхности лапы; $V_к$ – поступательная скорость культиватора, км/ч; a – предельная толщина лезвия лапы, см; c – начальная толщина лезвия лапы, см; i – угол заточки лезвия лапы, град.

Относительная изнашивающая способность почв определяется из выражения:

$$m_{эт} = \frac{\Delta q}{\Delta q_{эт}}, \quad (3)$$

где Δq – интенсивность изнашивания эталонного материала (сталь 45 твёрдостью HRB 90) в исследуемой почве; $\Delta q_{эт}$ – интенсивность изнашивания того же образца в эталонной почве (частицы кварца).

Если принять изнашивающую способность кварцевых частиц за 1, относительная изнашивающая способность натуральных почв с различным фракционным составом будет соответствовать изнашивающей способности смесей [7, 8].

Примерное значение относительной износостойкости стали, из которой изготавливается лапа, при давлении абразива P=0,1 МПа можно определить из эмпирического выражения:

$$\varepsilon_o = 0{,}85 \cdot (0{,}24x_1 + 0{,}07x_2 + 0{,}11x_3 - 3{,}54), \quad (4)$$

где: x_1 – содержание углерода в стали, %; x_2 – содержание хрома в стали, %; x_3 – твёрдость стали в единицах HRC.

В настоящее время лапы культиваторов изготавливают в основном из стали 65Г. Их ресурс составляет, в зависимости от механического состава почвы, от 7 до 18 га.

Повысить их долговечность возможно различными способами: применением более изностойких сталей для изготовления лапы; различного вида наплавками или напылением на лезвийную часть лапы износостойких сплавов; закреплением на наиболее изнашиваемых точках накладных элементов и др.

Наиболее приемлемыми для изготовления лапы культиватора марками сталей являются 40ХС, 40Х, 65Г и 30ХГСА.

Для повышения долговечности наплавкой или напылением твёрдых сплавов лапа упрочняется наплавкой по всему режущему контуру толщиной 0,5…1,0 мм и шириной 15…20 мм. При применении наплавки твёрдых сплавов для упрочнения режущих рабочих органов очень важно обеспечить нужную толщину наплавляемого слоя.

Срок службы лапы, упрочнённой наплавкой, не удовлетворяет условию равностойкости носка и лезвийной части крыльев, особенно при обработке песчаных, супесчаных и лёгких суглинистых почв. Замена лапы проводится, как правило, по причине износа носовой части.

Анализ изношенных лап показывает, что предельный износ носовой части составляет около 50 мм, а предельный износ крыла по ширине в его конце – примерно 20…25 мм.

Упрочнение носовой части лапы с помощью накладного элемента заключается в закреплении механически заострённого бруса из сталей 9ХС, 30ХГСА и других легированных сталей. Предпочтительным материалом для изготовления самой лапы вместо стали 65Г может быть рекомендована сталь 40ХС или 40Х при поверхностной твёрдости HRC 48…58 [9, 10].

Заключение:

1. Для обеспечения высокой долговечности и работоспособности стрельчатых культиваторных лап их изготовление целесообразно осуществлять из стали 40ХС вместо 65Г.

2. Упрочнение наиболее изнашиваемой носовой части стрельчатых лап более целесообразно осуществлять накладными элементами в виде брусов. Такое упрочнение позволяет повысить их ресурс по сравнению с простой наплавкой лезвийной части крыльев не менее, чем в два раза.

Библиографический список

1. Корнеев В.М., Новиков В.С., Петровский Д.И. Технология ремонта машин: учебник // М.: ИНФРА-М. 2018. 314 с.

2. Лемех плуга. Патент. 81619 Российская Федерация МПК: A01B 15/00. / Новиков В.С., Ерохин М.Н., Петровский Д.И., Мамедов Д.Ф.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – №2008145238; заявл. 18.11.2008; опубл. 27.03.2009. Бюл. №9.

3. Новиков В.С., Петровский Д.И. Повышение ресурса рабочих органов

машин для основной обработки почвы // В сборнике: Основные направления развития техники и технологий в АПК VII Всероссийская научно-практическая конференция. 2016. С. 288-293.

4. Новиков В.С., Петровский Д.И. Повышение ресурса стрельчатых лап культиваторов // В сборнике: Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию А.П. Тарасенко. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, В.И. Оробинского, И.В. Баскакова. 2017. С. 54-62.

5. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. К вопросу об импортозамещении рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 206-212.

6. Петровский Д.И., Новиков В.С. К вопросу о повышении долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации с.х. Ч. II. Воронеж. 2015. С. 125-129.

7. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

8. Новиков В.С., Петровский Д.И. Теоретические предпосылки повышения долговечности почворежущих рабочих органов // Управление рисками в АПК. 2016. № 5. С. 41-50.

9. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. Прогнозирование ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. 2015. № 11. С. 6-9.

10. Петровский Д.И., Новиков В.С. Технология повышения ресурса рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК. 2016. С. 70-74.

УДК 621.822; 621.785.5

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

***Кравченко Игорь Николаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, kravchenko-in71@yandex.ru*

***Глинский Максим Александрович**, инженер кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, tsmo@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. В данной работе описан метод получения антифрикционных износостойких покрытий, позволяющий рационально управлять такими свойствами поверхности деталей, как износостойкость, антифрикционные качества, контактная прочность.*

***Abstract.** This paper describes a method for obtaining anti-friction wear-resistant coatings, which allows you to efficiently manage the properties of the*

surface of the parts, such as wear resistance, anti-friction properties, contact strength.

***Ключевые слова**: металлополимерные покрытия, газотермическое напыление, антифрикционные материалы, металлоплакирующий состав.*

***Keywords:** metal-polymer coatings, thermal spraying, antifriction materials, metal-cladding composition.*

Основной причиной выхода из строя машин различного назначения является износ. При этом в ряде работ авторов [1-3] отмечается несколько путей повышения долговечности трущихся деталей машин:

1. Создание новых антифрикционных материалов.
2. Создание антифрикционных износостойких покрытий.
3. Создание новых более совершенных смазок.

Создание антифрикционных покрытий возможно тремя способами:

- нанесение бронзовых или латунных покрытий;
- получение пористого покрытия с последующей пропиткой маслом;
- нанесение композиционных покрытий, содержащих металлическую матрицу и смазывающий наполнитель.

В качестве смазывающего наполнителя обычно используются: плакированный углерод, дисульфид молибдена, фторопласт и др.

В данной работе описан способ получения антифрикционных износостойких покрытий, позволяющий рационально управлять такими свойствами поверхности деталей, как износостойкость, антифрикционные качества, контактная прочность.

Образцы представляли собой диски с наружным диаметром 39-40 мм, толщиной 10 мм, причем образец-индикатор изготовлен из стали 45, а испытуемый образец – из стали 3 с покрытием сплавом ПГ-ХН80СРЗ толщиной до 0,5 мм. Перед напылением на образец нарезалась винтовая резьба на глубину 0,5-0,6 мм на сторону, и после пескоструйной обработки наносилось покрытие толщиной 0,6-0,7 мм. После оплавления и шлифования до необходимых размеров на поверхности образца наблюдалась «полосатая» макроструктура с чередованием полос износостойкого материала покрытия и полос мягкого основного металла.

Испытания покрытий проводились на машине трения СМЦ-2. Определялись зависимости износа поверхности, момента трения от твердости покрытия и пути трения. В ходе испытаний получены зависимости, подтверждающие значительное улучшение антифрикционных свойств и уменьшение износа с увеличением твердости покрытия. Характер изменения момента трения от пути трения представлен на рис. 1, где кривая *1* соответствует образцу-индентору из стали 45, кривая *2* – образцу из стали 3 с покрытием, работавшим без смазки, кривая *3* – образцу из стали 3 с покрытием, работавшим со смазкой.

Область *а* на кривых соответствует периоду приработки образца-индентора и испытуемого образца, область *б* – периоду нормального износа,

область *в* – периоду ускоренного износа, сопровождающегося иногда разрушением поверхности образца-индентора.

Анализ рисунка 1 показывает, что образец из Ст3 с «полосатым» покрытием даже при работе без смазки (кривая *2*) уменьшает момент трения с величины 60 кг см до величины 50 кг см, т.е. примерно на 17%. Применение смазки (кривая *3*) еще более снижает момент трения и значительно уменьшает износ.

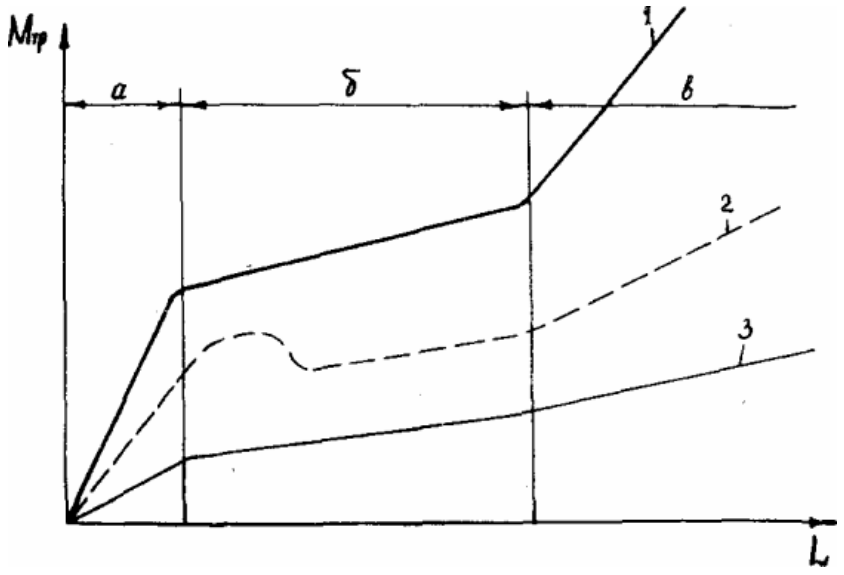


Рис. 1. **Характер изменения момента трения от пути трения**

При трении образцов с «полосатой» поверхностной структурой происходит процесс, аналогичный процессам избирательного переноса при трении. В какой-то момент времени происходит разрушение поверхностного слоя, его диспергирование с образованием тонкодисперсных частиц. Затем поверхности трения обволакиваются тонкой пластичной пленкой, в результате чего понижается давление в зоне контакта и снижается величина момента трения.

Огромный интерес в настоящее время представляют металлополимерные композиционные покрытия с их уникальными свойствами [4-8].

Повышает эффективность металлополимерных покрытий использование сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) при производстве подшипников скольжения, когда металлическая матрица несет силовую нагрузку, а СВМПЭ выполняет роль антифрикционного наполнителя.

Опыт разработки составов композиций и применения композиционных полимерных покрытий свидетельствует о том, что введение в состав композиций материалов, содержащих металлоплакирующий состав, обеспечивает в процессе трения формирование сервовитной пленки (от лат. «servo-witte» – спасать жизнь). К таким материалам относятся комплексные соединения меди, способствующие улучшению эксплуатационных свойств узла трения. Известно, что улучшить триботехнические, физико-механические

свойства покрытия можно за счет эффекта «безызносности». Этот эффект обеспечивается благодаря образованию в зоне фрикционного контакта координационных соединений меди с продуктами деструкции полимеров. Механизм смазывающего действия связан с образованием пленок переноса на сопряженных поверхностях.

На рисунке 2 приведен пример изготовления подшипника скольжения с металлополимерным покрытием

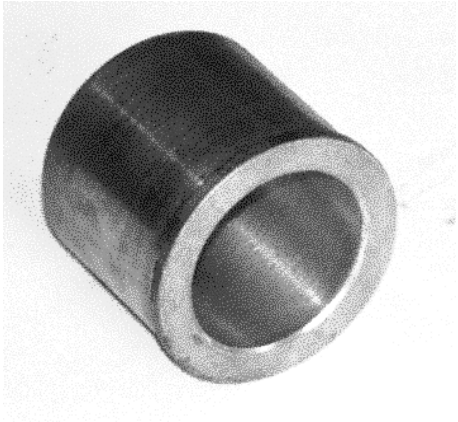


Рис. 2. **Подшипник скольжения (покрытие-бронза + СВМПЭ)**

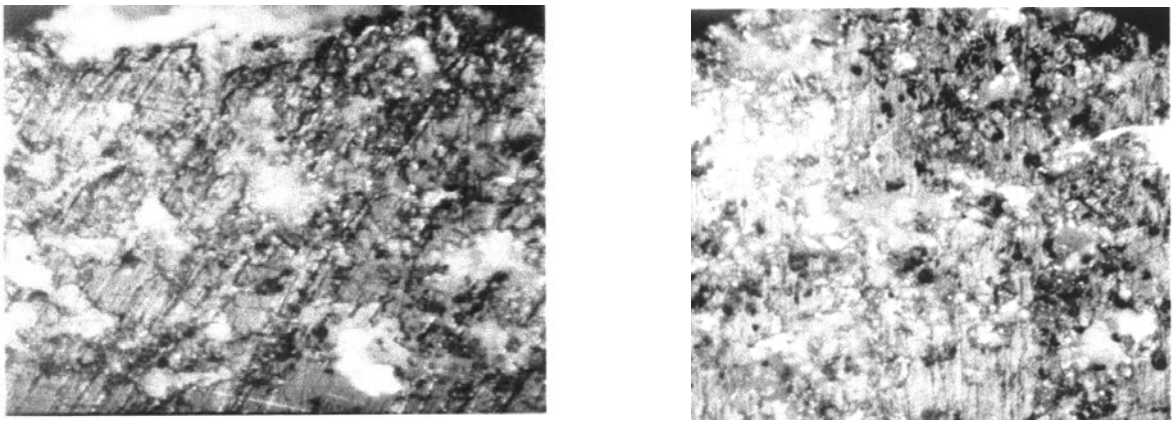
Примеры использования металлополимерных покрытий в подшипниках скольжения имеют коэффициент трения f_{mp}≈0,01-0,036 [9, 10], при этом механическая прочность металлополимерного покрытия достаточно высокая.

Для обеспечения длительной работоспособности узлов трения в режиме самосмазывания использованы плазменные металлополимерные покрытия фторопластов. В частности, для замены бронзы применен литейный алюминий с подслоем из ПГСР и слоем Ф-40. Проведенные испытания показали, что коэффициент трения покрытий по стальному закаленному контртелу составляет 0,08-0,10, а износостойкость увеличивается в 100-200 раз.

Огромный интерес в настоящее время представляют металлополимерные композиционные покрытия в связи с их уникальными свойствами.

Так, нами была разработана технология изготовления опор скольжения мостов, заменяющая опоры качения. В качестве антифрикционного слоя использовалась «фторопласт + бронза», позволившая получить коэффициент трения при сдвиге 0,01-0,015. Фотографии микрошлифов таких покрытий приведены на рис. 3 (светлая фаза – бронза, серая фаза – фторопласт).

Бронза в покрытии создает прочный каркас, заполненный фторопластом, выполняющим роль антифрикционной компоненты покрытия.



а) *б)*

Рис. 3. **Микрошлиф покрытия фторопласт + бронза:**
а) 70% фторопласт – 30% бронза; б) 30% фторопласт – 70% бронза

Наибольшие перспективы использования металлополимерных покрытий могут быть рекомендованы для нанесения коррозионностойких покрытий методами газотермического напыления: нефте- и бензохранилища, крупногабаритные строительные профили, сборные конструкции гидротехнических сооружений, шасси подвижного состава, обода колёс, коммуникации животноводческих ферм и др.

Таким образом, процесс получения подобных покрытий позволяет управлять структурой поверхности детали путем сочетания в определенных соотношениях материалов с определенными свойствами (износостойкие антифрикционными, металлические с керамическими и т.п.), а также конструировать покрытия и придавать деталям различные служебные свойства, например, малый коэффициент трения в сочетании с высокой износостойкостью.

Библиографический список

1. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008. 360 с.

2. Кравченко И.Н., Пузряков А.Ф. [и др.]. Инженерные методы обеспечения долговечности и надежности машин и оборудования в промышленности // под общ. ред. И.Н. Кравченко. – М.: Изд-во «Эко-Пресс». 2011. 424 с.

3. Гайдар С.М., Карелина М.Ю., Петровская Е.А. Повышение износостойкости узлов трения // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 40-47.

4. Кравченко И.Н., Петровский Д.И. Анализ технического сервиса машин и оборудования в агропромышленном комплексе // Доклады Тимирязевский сельскохозяйственной академии. 2017. № 288-4. С. 283-286.

5. Кравченко И.Н., Коломейченко А.А., Пузряков А.Ф. Износостойкие твердосплавные подшипники скольжения на основе антифрикционных наноструктурированных покрытий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 5 (часть 2). С. 24-27.

6. Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: монография // М.:

ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 548 с.

7. Петровский Д.И., Петровская Е.А., Пыдрин А.В. Современные антикоррозионные составы для обработки техники в условиях АПК // Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. 2016. С. 115-118.

8. Гайдар С.М., Петровская Е.А. Обеспечение износостойкости узлов трения // В сборнике: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. 2016. С. 99-102.

9. Петровский Д.И., Петровская Е.А., Посунько И.А. Повышение износостойкости поверхностей пар трения // В сборнике: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. Министерство сельского хозяйства российской федерации; ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». 2017. С. 234-238.

10. Кравченко И.Н., Карелина М.Ю., Зубрилина Е.М., Коломейченко А.А. Ресурсосберегающие технологии получения функциональных наноструктурированных покрытий высокоскоростными методами нанесения // Вестник Донского государственного технического университета. 2015. Т. 15. № 3 (82). С. 19-27.

КАЧЕСТВО, СЕРТИФИКАЦИЯ И ИСПЫТАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

УДК 631.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИО-НАНОПРЕПАРАТОВ

***Федоренко Вячеслав Филиппович**, доктор технических наук, академик РАН, директор ФГБНУ Росинформагротех, fgnu@rosinformagrotech.ru*
***Селиванов Виктор Григорьевич**, кандидат технических наук, заместитель директора ФГБНУ Росинформагротех, fgnu@rosinformagrotech.ru*
***Глущенко Наталья Николаевна**, доктор биологических наук, заведующая лабораторией ИНЭП ХФ РАН, fgnu@rosinformagrotech.ru*
***Жигач Алексей Николаевич**, кандидат физико-математических наук, заместитель директора ИНЭП ХФ РАН, 119334, fgnu@rosinformagrotech.ru*
***Богословская Ольга Александровна**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник ИНЭП ХФ РАН, fgnu@rosinformagrotech.ru*

***Аннотация.** Показаны результаты испытаний био-нанопрепаратов при предпосевной обработке культур в лабораторных и производственных*

условиях с доведением до урожая, дана оценка биометрических показателей растений и урожайности.

Ключевые слова. *био-нанопрепараты, наночастицы железа, цинка, меди, ячмень, кукуруза, картофель, урожайность, качество продукции.*

Abstract. *Shows the test results of bio-nano-preparations during the pre-sowing treatment of crops in laboratory and production environments by bringing to the harvest, and the estimation of biometric parameters of the plants and yield.*

Keyword*. bio-nanopreparations, nanoparticles of iron, zinc, copper, barley, maize, potatoes, yield, product quality.*

Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы предусмотрено снижение уровня импорто-зависимости за счет внедрения и использования технологий производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, сырья и продо-вольствия путем увеличения числа конкурентоспособных отечественных технологий [1, 2]. Современное сельское хозяйство сталкивается со снижением урожайности из-за сокращения плодородных земель вследствие загрязнения, опустынивания, урбанизации, а также вследствие климатических и почвенных изменений. Тем не менее, существует большой потенциал для увеличения мирового производства продуктов питания с помощью множества новых технологий, включая повышение плодородия почв, использования современ-ных достижений генетики и селекции, использования морских биологических ресурсов, солнечной энергии и т.д. Некоторые проблемы дефицита продовольствия, лекарств и других органических продуктов могут быть решены за счет внедрения нанотехнологий и наноматериалов, обладающих уникальными свойствами. Диапазон наноматериалов довольно широк. Это разные оксиды металлов, магнитные частицы, нанотрубки, керамика, силикаты, полимеры, дендримеры, эмульсии, полупроводниковые квантовые точки. Повышение урожайности и качества посевов за счет оптимизации питания и защиты растений применением био-наноматериалов является актуальной задачей [3-6]. Исследование и обоснование инновационных технологий на основе применения био-наноматериалов при подготовке посевного и посадочного материалов является важным этапом в решении поставленной задачи. Целью представленных исследований являлось изучение влияния предпосевной обработки семян наночастицами (НЧ) металлов (железа, цинка и меди) на изменение биометрических показателей семян ячменя, кукурузы и картофеля с последующими фенологическими и биометрическим наблюдениями посевов и посадок ячменя и картофеля в хозяйственных условиях их возделывания в Московской области. На первом этапе при лабораторных исследованиях были синтезированы нанопорошки железа, цинка, меди и разработана основа раствора (пестициды, стимуляторы роста, пленкообразователь, хелатное соединение) наиболее полно отвечающая требованиям активного воздействия на прорастание семян, клубней и роста растений. В подготовленную основу подбирали композицию НЧ металлов

(Fe:Zn:Cu) различных концентраций, обрабатывали семена зерновых и клубни картофеля, помещали их в климатическую камеру, где в соответствии с ГОСТ 12038-84 фиксировали показатели всхожести. По результатам проведенных лабораторных исследований определены наиболее оптимальные био-нанопрепараты для предпосевной обработки посевного и посадочного материала следующего состава:

- для ячменя: основа + комбинация наночастиц металлов Fe + Zn + Cu в концентрациях 10^{-8}:10^{-4}:10^{-8} (%);
- для кукурузы: основа + комбинация наночастиц металлов Fe + Zn + Cu в концентрациях 10^{-7}:10^{-4}:10^{-8} (%);
- для картофеля: основа + комбинация наночастиц металлов Fe + Zn + Cu в концентрациях 10^{-6}:10^{-2}:10^{-8} (%).

Хозяйственную проверку эффективности предпосевной обработки семян ячменя ярового и картофеля с использованием НЧ металлов проводили на полях ЗАО «Зеленоградское» Пушкинского района Московской области.

Все технологические операции по возделыванию ячменя и картофеля проведены в оптимальные агротехнические сроки и едиными машинными комплексами.

При фенологических и биометрических наблюдениях при возделывании ячменя не отмечено различий в фазах развития и биометрии растений, за исключением влажности зерна, которая в период предуборочного обследования на исследуемом участке составила 26,6%; на контрольном – 28,8%.

Урожайность зерна в бункерном весе на исследуемом участке получена 51,0 ц/га; на контрольном участке – 49,0 ц/га.

При фенологических и биометрических наблюдениях за посадками картофеля в фазах развития «всходы – бутонизация – цветение» отмечено более раннее (на 3-5 дней) частичное и полное формирование фаз развития (рисунок 1).

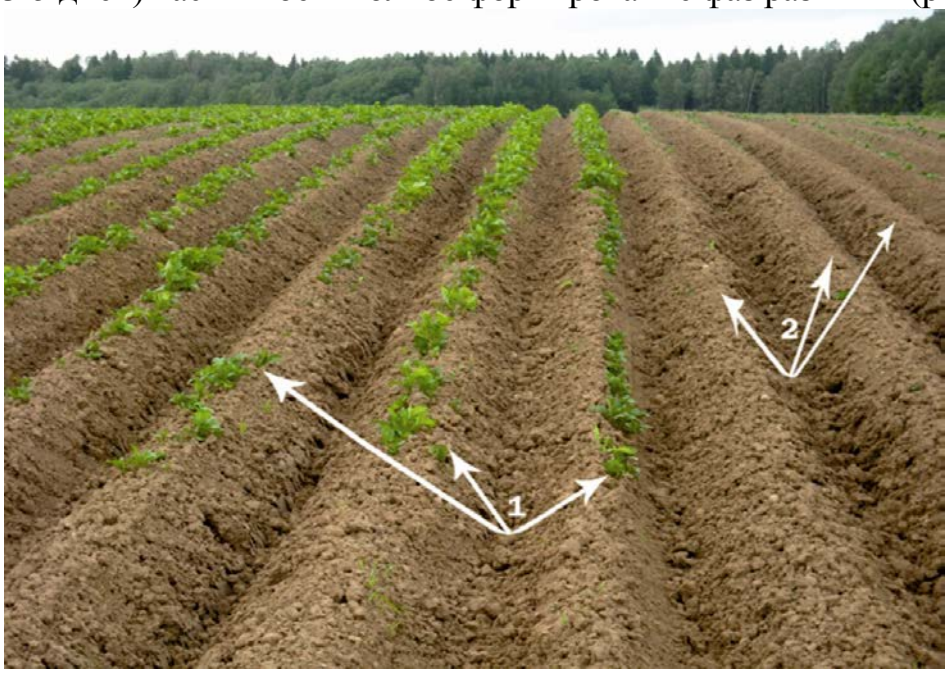


Рисунок 1. Вид на посадки картофеля (фаза – частичные всходы):
1 – исследуемый вариант; 2 – контрольный вариант

Урожайность картофеля на исследуемом участке составила в бункерном весе – 372 ц/га; на контрольном – 340 ц/га.

По результатам научно-исследовательской работы сделаны следующие выводы.

1. В результате лабораторных исследований получена оптимальная композиция НЧ металлов Fe + Zn + Cu с концентрациями, наиболее эффективно влияющими на корневую систему, ростки, энергию прорастания растений.

2. Хозяйственная проверка при возделывании ячменя и картофеля подтвердила эффективность предпосевной обработки зерна и клубней с использованием НЧ металлов Fe + Zn + Cu.

3. Целесообразно провести хозяйственную проверку возделывания кукурузы на зерно в условиях Московской области по разработанной технологии подготовки посевного материала.

Библиографический список

1. Указ Президента Российской Федерации «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» от21 июля 2016 г. № 350.

2. Федеральная научно научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы. Утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996.

3. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Неменущая Л.А. Обзор российских нанопрепаратов для обработки сельскохозяйственных культур // Российские нанотехнологии. 2015. Т. 10. № 3-4. С. 126-131.

4. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Селиванов В.Г., Неменущая Л.А. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур применением нанотехнологических препаратов // Нанотехнологии-производству 2014 Тезисы докладов X научно-практической конференции. 2014. С. 100-101.

5. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Голубев И.Г., Неменущая Л.А. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур применением нанотехнологий // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2013. 96 с.

6. Неменущая Л.А. Методы лазерной, радиационной и других видов обработки сельскохозяйственного сырья и готовой продукции // Научно-аналитический обзор / М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 56 с.

УДК 006.91

ПОРЯДОК ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОНТРОЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН

***Леонов Олег Альбертович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Шкаруба Нина Жоровна**, кандидат технических наук, профессор кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. Рассмотрен порядок и представлен алгоритм оценки качества контрольных процессов, проводимых при ремонте машин. Проведена оценка качества контрольного процесса диаметра промежуточного вала двигателя ЗМЗ калибр-скобой.*

***Ключевые слова.** Контрольный процесс, калибр-скоба, качество контрольного процесса, правильность, прецензионность, сходимость контрольного процесса, воспроизводимость контрольного процесса, приемлемость контрольного процесса.*

***Abstract.** The article considers the procedure and an algorithm for the evaluation of the quality of the control processes carried out when repairing machines. The evaluation of the quality of the control process of the diameter of the intermediate shaft of the engine ZMZ caliber-bracket.*

***Keywords.** Control process, caliber, quality of the control process, correctness, precision, convergence of the control process, reproducibility of the control process, the acceptability of the control process.*

На ремонтных предприятиях наряду с измерительными процессами широко применяются контрольные процессы. Учитывая анализ требований международных стандартов по системе менеджмента качества и системе менеджмента измерений [1, 2], процедуру оценки качества контрольных процессов ремонтного предприятия можно рассматривать как составленной элемент системы мониторинга метрологического обеспечения предприятия.

Оценка качества контрольного процесса проводят в следующем порядке (рисунок 1):

– исследуют контрольный процесс на стабильность (с помощью контрольных *пр*-карт);

– в случае, если контрольный процесс нестабилен, устраняют особые причины изменчивости, вносят соответствующие изменения в операции контроля;

– оценивают правильность результатов контроля (смещение);

– оцениваютпрецензиозность в условиях сходимости результатов контроля;

–оценка приемлемости контрольного процесса проводят путем проверки

гипотезы о значимом отличии смещения контрольного процесса от нуля.

– в случае, если по результатам оценивания смещения и сходимости контрольный процесс признают неприемлемым, модифицируют средства контроля, вносят соответствующие изменения в операции контроля.

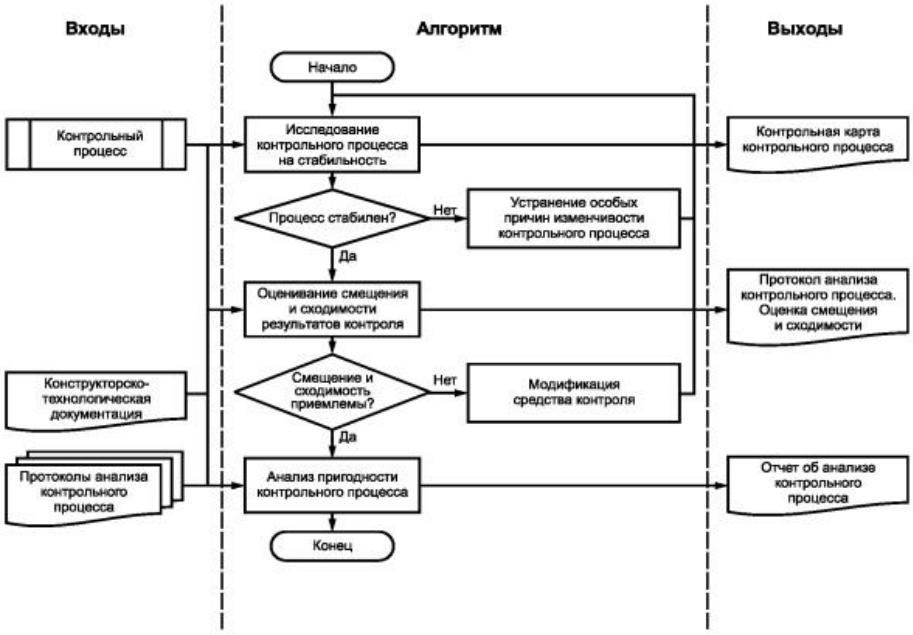


Рис. 1. **Блок-схема алгоритма оценивания качества контрольных процессов**

Применение методики оценки качества контрольных процессов рассмотрим на примере контроля размеров промежуточного вала двигателя ЗМЗ-406 с помощью калибр-скобы.

Для контроля диаметра 48*d*8 передней шейки промежуточного вала двигателя ЗМЗ-406 используютя калибр-скоба, характеристики которой представлены в таблице 1.

Таблица 1

Предлагаемые калибры для контроля ответственных деталей автомобилей

Наименование контролируемого параметра	Обозначение	Используемое средство измерений	Предлагаемое средство контроля
Диаметр промежуточного вала двигателя ЗМЗ	Ø48*d*8	Микрометр МК50	Калибр-скоба Ø48*d*8

Для эксперимента отобраны $N = 9$ образцов промежуточного вала, находящихся как в пределах допуска, так и выходящих за его границы. Для отобранных образцов, определены предполагаемые истинные значение измеряемого параметра.

Для оценивания выхода параметра за нижнюю границу допуска с применением исследуемого средства контроля (калибр-скобы), два оператора ($M = 2$) контролируют каждый из образцов $Q = 20$ раз. Для каждого из образцов регистрируем количество случаев a_i, в которых промежуточный вал признан соответствующим.

Промежуточный вал, имеющий наименьшее значение измеряемого параметра, по результатам измерения должен быть Q = 20 раз признан несоответствующим ($a_{min} = 0$).

Промежуточный вал, имеющий наибольшее значение измеряемого параметра, по результатам измерения должен быть признан Q раз признан соответствующим, т.е. удовлетворять условия $a_{max} = Q$.

Для остальных образцов промежуточных валов количество измерений, по которым образец был признан соответствующим, должен находиться от $0 < a_i < Q$.

Результаты измерений отобранных промежуточных валов, а также рассчитанные вероятности признания образца соответствующим $P(X^{ист})$ представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты измерений отобранных образцов, расчёты вероятности признания образца соответствующим $P(X^{ист})$ по нижней границе допуска

Номер детали, N	Истинное значение параметра образца, $X_i^{ист}$	Кол-во признаний образца соответствующим, a_i	Вероятность признания образца соответствующим, $P(X_i^{ист})$
1	47,880	0	0
2	47,882	6	0,325
3	47,884	9	0,475
4	47,888	13	0,625
5	47,892	16	0,775
6	47,894	16	0,775
7	47,908	19	0,925
8	47,911	18	0,975
9	47,920	20	1

На основании подобранных параметров нормального распределения, рассчитываем предполагаемые истинные значения $X_{ист}$ со следующими вероятными признаниями образцов соответствующему $P(X_i^{ист})$.

В нашем случае:

$$P\left(X_{0,5}^{ист}\right) = 47,8795;$$
$$P\left(X_{0,995}^{ист}\right) = 47,8939;$$
$$P\left(X_{0,005}^{ист}\right) = 47,8652.$$

Смещение контрольного процесса B рассчитывают по формуле:

$$B = X_{0,5}^{ист} - LSL, \quad (1)$$

где LSL – нижняя граница допуска.

$$B = 47,8 - 47,881 = -0,00144.$$

Сходимость контрольного процесса EV рассчитывают по формуле

$$EV = \frac{\left|X_{0,995}^{ист} - X_{0,005}^{ист}\right|}{1,08}; \quad (2)$$

$$EV = \frac{|47{,}8939 - 47{,}8652|}{1{,}08} = 0{,}026 .$$

Анализ приемлемости контрольного процесса проводят путем проверки гипотезы о значимом отличии смещения контрольного процесса от нуля.

Рассчитывают соотношение

$$t = \frac{31{,}3|B|}{EV} ; \quad (3)$$

$$t = \frac{31{,}3 \cdot 0{,}00144}{0{,}026} = 1{,}74 .$$

По таблице *t*-распределения [3] с уровнем значимости α = 0,025 для односторонней критичной области определяем истинное значение распределения $t_{ак}$.

Для наших значений:

$$t_{ак} = 12{,}70620.$$

В нашем случае *t* меньше, чем $t_{ак}$:

$$1{,}74 < 12{,}70620.$$

Следовательно, смещение средства контроля можно признать незначительно отличным от нуля. Процесс можно считать приемлемым.

Библиографический список

1. Шкаруба Н.Ж., Левщанова Е.А. Анализ основных элементов системы менеджмента измерений // Международный технико-экономический журнал. 2014. № 5. С. 41-46.

2. Шкаруба Н.Ж. Современные организационные подходы к метрологическому обеспечению ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 3. С. 41-44.

3. Леонов О.А., Бондарева Г.И., Шкаруба Н.Ж. Оценка качества измерительных процессов в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 2. С. 36-38.

УДК 621.713.24

МЕТОДИКА ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ РЫЧАЖНЫМ МИКРОМЕТРОМ ПРИ НАСТРОЙКЕ ПО КОНЦЕВЫМ МЕРАМ

***Сапожников Иван Иванович**, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы измерения отклонении с помощью рычажного микрометра для случая выхода отклонений за пределы измерений отсчетного устройства, и при условии, что допуск не больше пределов измерений.*

Ключевые слова: *пределы измерений, отклонение, допуск, точность, концевые меры.*

Abstract. *The article deals with the questions of measuring the deviation with the lever micrometer for the case of deviations beyond the measurement of the reading device, and provided that the tolerance is no more than the pre-measurement.*

Keywords: *limits of measurements, deviation, tolerance, accuracy, end measures.*

Метрологическое обеспечение производства – одна из актуальных задач повышения качества машиностроительной продукции [1, 2]. В настоящее время разрабатываются новые подходы к метрологическому обеспечению ремонтного производства [3], совершенствуются методики выбора средств измерений [4], проводится расчет потерь при допусковом контроле изделий [5]. Идет также совершенствование стандартов по нормированию точности [6].

В основы современного подхода к управлению качеством на предприятиях входят и элементы метрологического обеспечения [7], что приносит определенный эффект от контроля [8]. Универсальные средства измерений линейных величин повсеместно используются в единичном и мелкосерийном производстве, а также при ремонте машин [9], именно с ними идет первоначальное знакомство инженеров при выполнении лабораторных работ по измерениям [10].

Рычажный микрометр – одно из уникальных средств измерений, которое можно использовать как для абсолютных, так и для относительных измерений. Определить действительное отклонение от номинального размера с помощью рычажного микрометра возможно у деталей, величина допуска которых не превышает величины диапазона показаний отсчетного устройства.

Настройка прибора для определения действительного отклонения от номинального размера может быть осуществлена двумя способами:

по концевым мерам;

по микровинту.

Рассмотрим методику настройки рычажного микрометра по концевым мерам. При настройке микромера по концевым мерам поверку и установку микрометра на нуль делать не обязательно.

Подбирают размер блока концевых мер по следующим рекомендациям.

Если наибольшее по абсолютному значению предельное отклонение не превышает половину диапазона показаний отсчетного устройства, прибор рекомендуется настраивать по размеру блока концевых мер $L_{бл}$, равному номинальному размеру d_n:

$$L_{бл} = d_n. \quad (1)$$

Если допуск размера меньше диапазона показаний отсчетного устройства, а одно из предельных отклонений превышают половину диапазона показаний, то блок концевых мер подбирается на средний размер:

$$L_{бл} \approx d_{ср} = \left(d_{max} + d_{min}\right)/2. \quad (2)$$

Определяют предельные отклонения детали от размера блока концевых мер, и в соответствии с ними устанавливают указатели отклонений:

$es' = d_{max} - L_{бл}$; (3)

$ei' = d_{min} - L_{бл}$. (4)

Определяют отклонение блока концевых мер от номинального размера:

$e_L = L_{бл} - d_n$. (5)

Вращая микровинт, разводят измерительные поверхности пяток до положения, когда концевые меры могут свободно разместиться между ними.

Вводят блок концевых мер между измерительными поверхностями пяток и, вращая барабан, устанавливают стрелку шкалы на нуль. Стопорят микровинт стопорным кольцом (стопором). Нажав арретир, вынимают блок концевых мер, и вместо него вводят измеряемую деталь.

Действительное отклонение размера детали, подсчитывают как алгебраическую сумму отклонения размера блока концевых мер от номинального размера e_L и показания стрелки отсчетного устройства при измерении – X:

$e_д = e_L + X$. (6)

Деталь считается годной, если значение $e_д$ входит в пределы допуска. При таком подходе значительно сокращается время на контроль, т.к. не надо крутить микровинт и отсчитывать по нему показания. А при использовании регулируемых стрелок на шкале прибора, процесс контроля будет еще быстрее.

Вывод. Таким образом, определена методика настройки рычажного микрометра для случая выхода отклонений за пределы измерений отсчетного устройства, и при условии, что допуск не больше пределов измерений.

Библиографический список

1. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Издательство КолосС, 2009. 468 с.
2. Бондарева Г.И. и др. Составляющие качества ремонта // Сельский механизатор. 2016. № 7. С. 2-4.
3. Шкаруба Н.Ж. Современные организационные подходы к метрологическому обеспечению ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2013. № 3. С. 41-44.
4. Шкаруба Н.Ж. Разработка комплексной методики выбора средств измерений линейных размеров при ремонте сельскохозяйственной техники: Дис… канд. техн. наук. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2006.
5. Вергазова Ю.Г. Расчет потерь при допусковом контроле изделий // Наука и практика в управлении качеством, метрологии и сертификации. Сб. науч. ст. -М. 2014. С. 152-154.
6. Бондарева Г.И. и др. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 12. С. 39-42.

7. Вергазова Ю.Г. Основы современного подхода к управлению качеством на предприятиях по ремонту машин в АПК // Новая наука: От идеи к результату. 2016. № 10-3. С. 31-33.
8. Бондарева Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК // Сельский механизатор. 2016. № 4. С. 34-35.
9. Белов В.М. и др. Метрология, стандартизация, квалиметрия. Метрология. М.: МГАУ, 1997. 109 с.
10. Белов В.М. и др. Метрология, стандартизация и проблемы качества машин в общеинженерной подготовке специалистов для АПК // Международная научно практическая конференция, посвященная памяти академика В.П. Горячкина. М.: 1998. С.138-140.

УДК 658.562.012.7

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ КАК СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

***Пчелкин Александр Андреевич**, инженер кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Рассматриваются методы построения контрольных карт качества для оценки уровня дефектности деталей машин, по результатам выборочного выходного контроля. С целью выявления возможностей ремонтного производства рассматривается построение контрольных карт, отражающих воспроизводимость процесса в отношении качества деталей машин в заданных условиях и в определенный период времени.*

***Ключевые слова:** качество, статистика, ремонт, контроль, карты, контрольные карты, процесс, воспроизводимость*

***Abstract.** Methods for constructing quality control charts for assessing the level of defectiveness of machine parts are considered, based on the results of selective output inspection. In order to identify the possibilities of repair production, construction of control charts reflecting the reproducibility of the process with respect to the quality of machine parts under given conditions and in a certain period of time is considered.*

***Keywords:** quality, statistics, repair, control, charts, control charts, process, reproducibility*

Анализ измерительных и контрольных процессов и оценка точности, правильности и прецизионности методов и результатов измерений являются неотъемлемой частью современного управления качеством измерений. Метрологическое обеспечение производства приобретает все большее значение в оценке качества технологического процесса [1]. Это происходит в результате

наличия возможности оценки сходимости, воспроизводимости и точности результатов измерений [2] и постоянного повышения точности технологических процессов [3]. Ужесточаются требования к экологичности и безопасности, поэтому и точность определения, например, выходных характеристик двигателей [4] должна быть выше. В мелкосерийном и единичном производстве возможно использование более точных универсальных средств измерений [5]. Формируются затраты на контроль [6]. Обеспечение точности гарантирует уменьшение потерь от брака. Затраты и потери в процессе контроля уже минимизируются [7]. Метрологический аспект уже сильно влияет на качество [8].

Статистические методы широко используются в управлении качеством ремонтного производства [9]. Наиболее известным является графический способ контроля и управления качеством, который известен еще со времен создания первых комплексных систем управления качеством. С тех пор данный простой и удобный способ оценки на основе графического построения карт контроля получил всеобщее признание как в нашей стране, так и за рубежом. Управление качеством по картам контроля получило широкое распространение на предприятиях машиностроения и радиоэлектронной промышленности, но данный метод управления может быть применен для оценки качества работы предприятия любого профиля. С помощью карт модно проводить расчет вероятностных характеристик распределения размеров деталей после разбраковки [10].

Любая карта контроля строится по определенному признаку или критерию качества, поэтому каждая из них обладает специфическими особенностями, имеет свое целевое предназначение. Это позволяет, с целью выявления характера процесса и его особенностей, как и для достоверной оценки его воспроизводимости, одновременно, строить две или более карт разного вида по единым результатам выходного контроля.

По разным картам контроля можно выявить особенности и тенденции развития многофакторного технологического процесса и получить более полную и достоверную графическую информацию наперед заданного качества в заданных условиях ремонтного производства.

Для того, чтобы оценить уровень дефектности деталей машин, по результатам выборочного выходного контроля строят карты контроля качества деталей машин по количественному признаку (x-карта, R-карта, S-карта) и по альтернативному признаку (p-карта, np-карта, c-карта).

Все карты контроля строят по единому шаблону, где ВГД и НГД - это верхняя и нижняя границы поля допуска, ограничивающие область допустимых отклонений от некой центральной линии поля допуска (ЦЛ), отвечающей истинному значению измеряемой величины, вычисляемой как среднее арифметическое из всех полученных результатов контрольных испытаний. Допустимые границы ВГД и НГД (иначе ВГР и НГР) обычно устанавливаются эмпирически, либо берутся из нормативных документов.

В принципе, численные значения ЦЛ, ВГД и НГД можно оценить по

приближенным формулам. Хотя расчетная оценка гипотетических границ поля допуска бывает весьма приблизительной, а иногда просто неверной. Расчеты нужны в том случае, когда не установлены нормы по качеству или они не приведены в техническом регламенте ремонтного производства. Хотя в современном понимании нормы качества она не может быть неизменной, в реальной практике рассчитанные величины ВГД и НГД обычно не используются. В ремонтном производстве их вычисляют, при построении карт контроля, с целью пусть приближенной, но первичной оценки ожидаемых границ регулирования процесса. Численное значение величины ЦЛ – центральной линии поля допуска, за ординату которой чаще принимается суммарная величина среднего арифметического $\mathbf{x_\Sigma}$ результатов измерений для объединенной выборочной дисперсии S_Σ^2, вычисляют по формуле $\mathbf{x_\Sigma} = \sum \mathbf{x_m} \,/\, m$, где $\mathbf{x_{mi}}$, – среднее арифметическое результатов i-ой выборки.

С целью выявления потенциальных и реальных возможностей ремонтного производства, строят карты контроля, отражающих воспроизводимость процесса в отношении качества деталей машин в заданных условиях и в определенный период времени. Чаще других строится x-карта. Это карта средних значений результатов выборочного контроля деталей машин, через равные промежутки времени, с объемом одной выборки n и числом выборок m.

Ее строят по общепринятой схеме как дискретную зависимость величины $\mathbf{x_m}$ от порядкового номера выборки (серии испытаний) m. По полученной зависимости $\mathbf{x_m}$ от m – графика воспроизводимости процесса в отношении качества деталей машин нетрудно проследить за отклонениями величины $\mathbf{x_m}$ от ЦЛ в ходе мониторинга качества деталей машин.

Аналогично строится контрольная R-карта. Это – карта текущих значений величины размаха $\mathbf{R_i}$, для каждой выборочной дисперсии S^2. По тому же шаблону строится s-карта, т.е. карта текущих значений стандартного отклонения S, вычисленных для каждой выборочной дисперсии, S_i^2.

В том же масштабе на карте контроля строят границы поля допуска (ВГД и НГД), принимающие соответственно положительное или отрицательное численное значение по отношению к ЦЛ. Затем откладывают на карте текущие численные значения результатов контроля для каждой серии.

Так, на x-карте, через равные промежутки времени (по номеру серии), откладывают текущие значения среднего арифметического $\mathbf{x_m}$ в зависимости от номера выборки m. Соединив точки на карте контроля, получают некую ломаную линию, представляющую собой график отклонения средних значений результатов выборочного контроля от установленной нормы качества (ЦЛ).

Если все результаты контроля находятся в пределах поля допуска, то указанное ремонтное производство работает нормально, не выпуская дефектных деталей. Но если полученный график воспроизводимости процесса, в отношении ее качества, пересекает границы поля допуска, то это становится объектом пристального внимания, так как любое пересечение границы поля допуска свидетельствует о недоброкачественных деталях.

По аналогичной схеме строятся карты контроля по альтернативному признаку, к которым относится np-карта – график зависимости числа дефектов в контролируемой партии изделий от номера серии (от 1 до m), а также, p-карта контроля уровня (степени) дефектности выпускаемых изделий, где p есть отношение количества дефектов np к объему выборки n: p = np/n. Иногда, вместо p-карты, строят c-карту, по которой исследуется зависимость величины c – числа дефектов, приходящихся на одну партию изделий, от номера серии параллельных испытаний. Так, для непрерывных производств величина *c* отражает число дефектов, приходящихся на один погонный метр. Но чаще по альтернативной карте контроля оценивается уровень дефектности изделий, выпускаемых предприятием штучного, а не поточного производства, что характерно для предприятий машиностроения и радиоэлектронной промышленности.

Карты контроля по количественному признаку, более информативны, чем карты контроля по альтернативному признаку, скажем, np- или n-карты.

Несмотря на то, что все карты контроля строятся по единому принципу и по одному шаблону, всякий раз, следует учитывать некоторые специфические особенности построения np- и p-карт контроля, где принимают во внимание то обстоятельство, что величины числа дефектов (np) или степени дефектности (p) не могут принимать отрицательных значений.

Идеальной нормой уровня дефектности деталей является ноль дефектных изделий. Поэтому центральную линию (ЦЛ) на p-карте контроля следует проводить через нулевое значение уровня дефектности изделий. В идеале ЦЛ поля допуска является центром симметрии гауссовой кривой нормального статистического распределения случайных отклонений от нормы качества, принимающих как положительные, так и отрицательные численные значения, если численное значение ЦЛ = 0.

Однако в указанном случае графической оценки воспроизводимости процесса производства деталей машин по np- или p-картам контроля все отклонения со знаком минус не имеют смысла. В данном случае, реализуется лишь положительная область поля допуска, ограниченная ВГД, а нижнюю границу поля допуска НГД можно не устанавливать, так как ее величина не имеет практического значения.

По картам контроля, обсуждаются результаты мониторинга качества и безопасности деталей и принимаются оптимальные технические решения по повышению эффективности работы производства в отношении качества деталей машин.

Карта контроля представляет собой график некой зависимости того или иного показателя качества от времени проведения мониторинга. Каждая карта несет в себе лишь частную информацию о воспроизводимости производственного процесса, в отношении качества выпускаемых деталей, поэтому обычно исследуются две или более карт контроля, построенных по результатам статистических исследований различных показателей качества.

Библиографический список

1. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий // Сборник научных докладов ВИМ. 2012. Т. 2. С. 412-420.
2. Шкаруба Н.Ж. Оценка сходимости и воспроизводимости измерительного процесса при дефектации диаметров шеек коленчатого вала // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2015. № 1. С. 42-46.
3. Леонов О.А., Капрузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Издательство КолосС, 2009. 568 с.
4. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Теория и практика оценки погрешностей средств измерений мощности и расхода топлива при ремонте двигателей внутреннего сгорания // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2004. № 1. С. 95-97.
5. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Методы и средства измерений. М. 2014. 256 с.
6. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Расчет затрат на контроль технологических процессов ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2004. № 5. С. 75-77.
7. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Шкаруба Н.Ж. Экономика качества, стандартизации и сертификации. М.: ИНФРА-М, 2016. 251 с.
8. Шкаруба Н.Ж. Метрологическое обеспечение производства. М.: Изд-во «Росинформагротех», 2017. 180 с.
9. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Статистические методы контроля и управления качеством. М.: Изд-во МГАУ, 2014. 140 с.
10. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Расчет вероятностных характеристик распределения размеров деталей после разбраковки // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 201861089. 27.11.2017.

УДК 658.562.5

КАЛИБР – КОЛЬЦО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО ВАЛА КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ АВТОМОБИЛЕЙ ГАЗ

***Петухов Александр Евгеньевич**, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. Приведена методика организации контроля шлицевого вала карданной передачи с помощью калибра, которая позволяет снизить затраты от потерь при неправильном забраковании и принятии деталей.*

***Ключевые слова:** средства измерений, калибр, управление качеством.*

***Abstract.** The technique of the organization of control of the splined shaft is given gimbal transmission by means of a caliber that allows you to reduce the cost of losses from improper zabrakovanie and adoption details.*

***Keywords:** measuring instruments, caliber, quality management.*

Низкая надежность как новой, так и отремонтированной отечественной техники для сельского хозяйства – специфика организации и технологии единичного и мелкосерийного ремонтного производства [1]. Брак возникает при низком качестве операций контроля [2] и использовании изношенного и старого технологического оборудования [3], материалы деталей, закупаемые по дешевым ценам у непроверенных поставщиков, обычно не согласуются по заданным в техническим условиям параметрам качества [4], а конструктивные посадки деталей соединений выбираются по методу аналогии [5].

При организации контроля необходимо выбрать средства измерений. Современный алгоритм выбора средств измерений показан в [6], возможно его провести и с оценкой потерь от неправильного забракования и принятия деталей и определения затрат на контроль [7]. Далее следует расчет затрат и потерь [8], и рационально провести оптимизацию [9], что уменьшит затраты на качество [10]. Экономия достигается и при применении новых средств измерений. Новые средства измерений описываются в стандартах организации. При контроле срезу нескольких параметров рекомендуется использовать калибры, причем их использование экономически целесообразно даже при мелкосерийном производстве, каким и является ремонтное.

При выборочном контроле проверка соответствия требованиям осуществляется только у случайно выбранных деталей из партии и по их качеству либо бракуют всю партию, либо принимают.

Управление качеством в современных условиях возможно только при выполнении положений стандартов ИСО 9000. Качества ремонта начинается с качества организации операций контроля. Рассмотрим пример.

Шлицевое соединение карданной передачи автомобиля Газель, подвижное, нагрузка - умеренная, центрирование - по внутреннему диаметру *d*: d–8×36H7/f7×40H12/a11×7D9/h8, где z = 8 – число зубьев; d = 36мм – внутренний диаметр; D = 40мм – наружный диаметр; b = 7мм – ширина зуба.

По ГОСТ 7951 – 80 определяем допуски калибра – пробки для прямобочного шлицевого соединения при центрировании по d и сводим в таблицу 1.

Таблица 1

Значения допусков размеров калибра – кольца

Размеры	Допуски на изготовление калибров		
	Z	H	Y
d	8,5	7,0	19,0
D	7,0	4,0	13,0
b	12	4,0	18,0

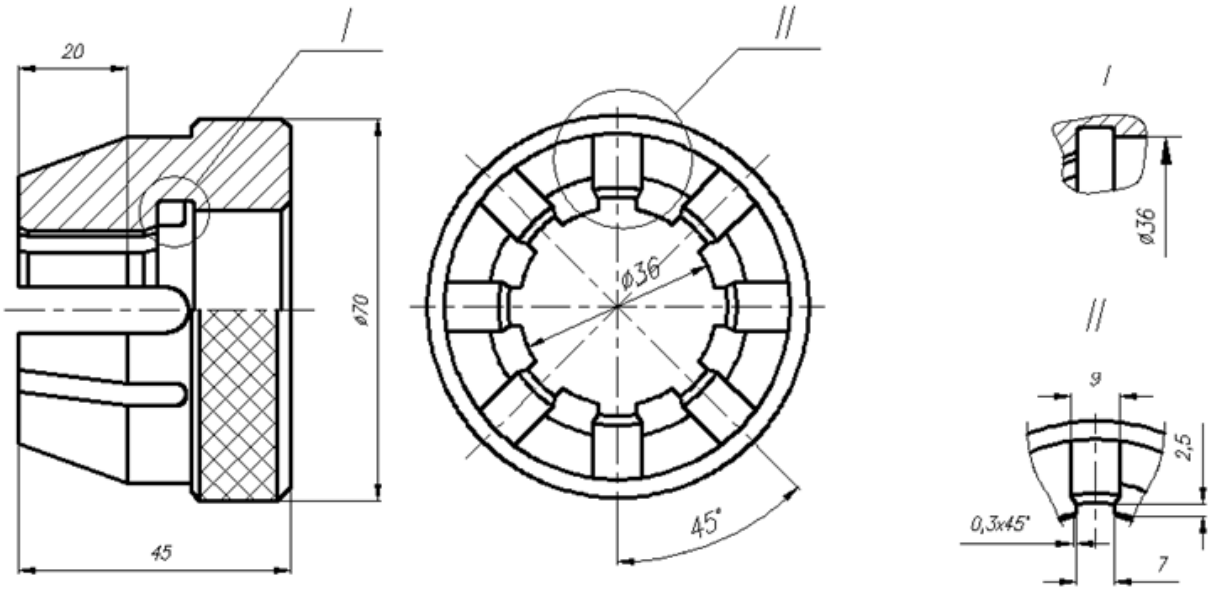


Рис. 1. **Эскиз калибра –кольца шлицевого прямобочного соединения** d–8×36H7/f7×40H12/a11×7D9/h8

По ГОСТ 7951 – 80 находим размеры проходного комплексного калибра кольца. Согласно ГОСТ 24960 – 81 «Калибры для шлицевых прямобочных соединений», выбираем вид проходного комплексного калибра – кольца и чертим на рис. 1 эскиз по номинальным размерам. Таким образом, выполнен расчет калибра – кольца для карданной передачи автомобиля Газель.

Библиографический список

1. Ерохин М.Н., Леонов О.А. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества // Экология и сельскохозяйственная техника. Материалы 4-й научно-практической конференции. СПб. 2005. С. 234-238.

2. Леонов О.А. и др. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С.30-32.

3. Леонов О.А., Селезнева Н.И. Технико-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 5. С.64-67.

4. Ерохин М.Н., Леонов О.А. Особенности обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники на современном этапе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2005. № 1. С. 9-12.

5. Ерохин М.Н., Леонов О.А. Взаимосвязь точности и надежности соединений при ремонте сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2006. № 2. С. 22-25.

6. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 2. С. 89-91.

7. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Расчет затрат на контроль технологических процессов ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2004. № 5. С.75-77.

8. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 2. С. 71-74.

9. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Результаты экономической оптимизации выбора средств измерений при контроле качества технологических процессов в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2007. № 5. С. 109-112.

10. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Методика оценки внутренних потерь для предприятий ТС в АПК при внедрении системы менеджмента качества // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 1. С. 128-129.

УДК 631.3.004.12

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

***Леонов Олег Альбертович**, доктор технических наук, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Алдошина Мария Николаевна**, инженер кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, aldoshina.masha@ya.ru*

***Аннотация.** Для проведения оценки качества применяются различные методики. Наиболее целесообразно для оценки картофелеуборочных комбайнов применять методики, основанные на интегральном показателе качества.*

***Ключевые слова:** качество, оценка качества, дифференциальный показатель, полезный эффект, интегральный показатель, параметрический метод оценки.*

***Abstract.** Different methods are used to assess quality. It is most appropriate to use methods based on the integral quality indicator for the evaluation of potato harvesters.*

***Keywords**: quality, quality assessment, differential indicator, useful effect, integral indicator, parametric method of assessment.*

Тенденции развития производства в Российской Федерации свидетельствуют о росте использования машин в процессах [1] и роль машиностроения и технического сервиса в поддержании этой техники в работоспособном состоянии огромна [2]. Качество машин при производстве и ремонте обеспечивается, главным образом, технологическим оборудованием [3]. Именно оно обеспечивает заданные допуски по единой системе допусков и посадок [4] и является неотъемлемой составляющей качества техники в целом [5]. Из-за неправильного назначения технологического оборудования [6]

появляются внешние потери, которые достигают достаточно значительных величин [7].

При выборе технологического оборудования машиностроительного предприятия необходимо помнить, что от его точности и качества зависит точность и качество продукции, выпускаемой данным предприятием [8]. Это, в свою очередь, влияет на эффективность работы и прибыль, которую получит предприятие. Несомненно, что качество влияет и на репутацию, которую будет иметь выпускаемая продукция и само предприятие.

Причем оценку качества необходимо проводить не только для нового технологического оборудования, но и для того, которое уже имеется на предприятии. Это необходимо, поскольку любое оборудование подвержено износу, может также требоваться переналадка или корректировка настроек. Поэтому задача оценки качества такого оборудования чрезвычайно важна.

Существует множество различных методов оценки качества, простых и сложных, каждый из которых имеет свои положительные и отрицательные стороны. Некоторые из них используются для оценки деятельности СМК [9]. В основном эти методы однобоки, т.е. учитывают либо только технические характеристики (оценка технического уровня), либо только экономические. Также большим минусом является субъективность оценки применяемых методов.

Для оценки качества однородной продукции используют три основных метода – дифференциальный, комплексный и смешанный [10]. А для оценки качества технологического оборудования целесообразно применять комплексный метод, выражающийся интегральным показателем.

Интегральный показатель применяют в том случае, когда установлена зависимость суммарного полезного эффекта эксплуатации изделия от суммарных затрат на его создание и эксплуатацию. Эта зависимость выражается отношением полезного эффекта в натуральных единицах от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на её создание и эксплуатацию или потребление, т.е. полезный эффект от использования продукции, приходящийся на один рубль затрат. Интегральный показатель качества равен

$$I_{к} = \frac{P}{З_{с} + З_{э}\varphi(t)} \qquad (1)$$

где P – суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции за весь срок её службы, выраженный в натуральных единицах (например, в метрах, килограммах и т.д.); $\varphi\ (t)$ – поправочный коэффициент, зависящий от срока службы продукции; $З_{с}$ – суммарные капитальные затраты на создание продукции, руб.; $З_{э}$ – суммарные эксплуатационные затраты на весь срок службы, руб.; t – срок службы продукции, год.

Таким образом, наиболее целесообразно для оценки технологического оборудования применять методики, основанные на интегральном показателе качества, когда используется отношение полезного эффекта к затратам.

Сегодня на рынке сельскохозяйственной техники большое количество

картофелеуборочных комбайнов (различных производителей и марок) с самыми разнообразными ценами, но кажущиеся (покупателю) по своим техническим характеристикам одинаковыми комбайны. Каждый потребитель выбирает тот товар, который для него представляет наибольшую ценность, исходя из своего представления о качестве товара, его цене и возможных затратах на эксплуатацию. Получается, что потребительская ценность товара не является одинаковой для всех покупателей, она сугубо индивидуализирована, хотя в своей массе, согласно законам математической статистики, средневзвешенная рыночная ценность товара всегда приближается к истинной его потребительской стоимости.

Качество и экономичность имеют подобный экономический смысл, но различаются конкретизацией эффекта. Для оценки конкурентоспособности картофелеуборочных комбайнов важно определить и сравнить не только качество самой машины, но и оценить их экономичность, эргономические, эстетические и другие нормативные показатели. Качество и экономичность картофелеуборочных комбайнов характеризуются целым рядом показателей полезности и затрат. При технико-экономической оценке качества достигается большая объективность результата, так как показатели качества и экономичности функциональной зависимостью в обобщенный показатель.

Для оценки конкурентоспособности применяются группы факторов. При выборе наиболее значимых критериев, по которым будет проводиться анализ, необходимо учесть, что при анализе должны использоваться те же категории, которыми оперирует потребитель, выбирая товар.

Эти факторы можно считать компонентами (составляющими) конкурентоспособности и разделить на три группы: технико-экономические, коммерческие, нормативно-правовые факторы.

Технико-экономические факторы включают: качество, продажную цену и затраты на эксплуатацию (использование) или потребление продукции или услуги. Эти компоненты зависят от: производительности и интенсивности труда, издержек производства, наукоемкости продукции и др.

Под технико-экономическим уровнем (ТЭУ) понимается относительная характеристика потенциальной эффективности применения продукции, полученная в результате сопоставления значений совокупности функционально взаимосвязанных технико-экономических показателей осваиваемого в производстве и базового образцов. Для оценки ТЭУ продукции применяют стоимостной и параметрический методы.

Стоимостный метод основывается на использовании технической информации по каждому из сопоставляемых образцов продукции и их стоимостном анализе.

Параметрический метод позволяет исключить неопределенность исходных данных при оценке образцов однородной продукции, в том числе техники, изготовленной в различных странах.

В таблице 1 представлены различные технические характеристики картофелеуборочных комбайнов, необходимые для оценки их технико-

экономического уровня. Двухрядный комбайн КПК-2-01 использовался ранее в хозяйстве, но его эксплуатационный срок истекает, и необходимо решить, какой из представленных на рынке картофелеуборочных комбайнов выгоднее приобрести.

Таблица 1

Технические характеристики картофелеуборочных комбайнов

Показатель	Комбайны			
	Jone Engenering, Англия	КПК-2-01, Рязань	DR 1500 Grimmer, Германия	AVR VARIANT 220, Коломна
Производительность, Р, га/ч	0,6 – 1	0,3 - 0,8	0,7	0,5-0,9
Масса комбайна, кг	6 500	5600	7500	6950
Цена, Ц руб.	6 078 312	1 993 998	5 382 352	5 799 296
Обслуживающий персонал L,чел	1	1	1	1
Рабочая ширина, м	1,5	1,4	1,5	1,5
Рабочая скорость, км/ч	7	2,0 - 6,0	5-7	6
Номинальная необходимая мощность двигателя трактора, кВт	60	60	80	60
Срок службы комбайна, лет	10	7	10	10
Потери клубней (недобор, порез), %	1,5	12	2	5

Определяем технико-экономический уровень комбайнов Jone Engenering, DR 1500 Grimmer и AVR VARI-ANT 220 ВК при сопоставлении со старым комбайном КПК-2-01 по формуле

$$I = \frac{p}{\frac{m}{\tau}\cdot\alpha + \frac{l}{k_{y.m.}}\cdot\beta + w\cdot\gamma}, \qquad (2)$$

где р – относительный показатель производительности; m – относительный показатель цены комбайна определяются по формуле; τ – относительный показатель срока службы комбайна; l – относительный показатель количества затрачиваемого труда на обслуживания комбайна; w – относительный показатель количества затрачиваемой энергии.

Итоговый результат:

$$I_1 = \frac{1{,}25}{\frac{3{,}05}{1{,}43}\cdot 0{,}92 + \frac{1}{1}\cdot 0{,}022 + 1\cdot 0{,}058} = 0{,}8;$$

$$I_2 = \frac{0{,}875}{\frac{2{,}69}{1{,}43}\cdot 0{,}88 + \frac{1}{1}\cdot 0{,}036 + 1\cdot 0{,}084} = 0{,}5;$$

$$I_3 = \frac{1{,}125}{\frac{2{,}9}{1{,}43}\cdot 0{,}91 + \frac{1}{1}\cdot 0{,}027 + 1\cdot 0{,}063} = 0{,}6.$$

Вывод: По результатам расчетов нецелесообразно менять комбайн КПК-2-01на новые дорогостоящие комбайны, так как их технико-экономический уровень ниже базового ($I_{1,2,3}$<1).

Библиографический список

1. Малыха Е.Ф., Катаев Ю.В. Тенденции развития инженерно-технической системы агропромышленного комплекса Российской Федерации // Наука без границ. 2017. № 7 (12). С. 21-25.

2. Селезнева Н.И. Разработка методики оценки качества оборудования для ремонтных предприятий. Дис. ... канд. техн. наук. М, 2016. 177 с.

3. Леонов О.А. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С.30-32.

4. Бондарева Г.И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 12. С. 39-42.

5. Бондарева Г.И. и др. Составляющие качества ремонта // Сельский механизатор. 2016. № 7. С.2-4.

6. Леонов О.А., Селезнева Н.И. Технико-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 5. С. 64-67.

7. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Использование диаграммы Парето при расчете внешних потерь от брака // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2004. № 5. С. 81-82.

8. Селезнева Н.И. Теоретические исследования в области оценки технико-экономического уровня технологического оборудования // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 2. С. 61-64.

9. Леонов О.А. и др. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2016. 161 с.

10. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. Управление качеством. М. 2018.

УДК 006.91

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ И РЕМОНТЕ МАШИН

***Куликов Александр Алексеевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Рассмотрены типы, особенности и погрешности средств измерения отверстий диаметром до 300 мм, критерий выбора средств измерений. Даны рекомендации по повышению точности измерения отверстий путем проведения измерений в двух плоскостях и двух сечениях.*

Ключевые слова: *погрешность измерения, критерий выбора средств измерений, допуск размера, точность измерения, виды погрешностей, суммарная погрешность.*

Abstract. *The types, features and errors of measuring instruments of holes up to 300 mm in diameter, the criterion of choice of measuring instruments are Considered. Recommendations are given to improve the accuracy of measuring holes by measuring in two planes and two sections.*

Keywords: *measurement error, selection criterion of measuring instruments, size tolerance, measurement accuracy, types of errors, total error.*

Метрологическая деятельность в АПК является частью обеспечения продовольственной безопасности, причем сильно связана и с экономикой качества [1]. Измерения и контроль незримо сопровождают как производство и переработку с.-х. продукции, так и услуг, формируя величины затрат и потерь [2]. Метрология стала обеспечивать качество измерений в стране [3].

При эксплуатации приборы, используемые в сферах государственного регулирования, требуется периодически поверять, остальные подлежат калибровке, которая добровольна и проводится редкими предприятиями. Использование новых средств измерений, контроля и автоматизации всегда сопровождается разработкой методик выполнения измерений и оценкой точности [4].

По мере повышения требований к качеству продукции, обеспечению её безопасности, на предприятиях АПК находят применение более точные средства измерений и контроля [5].

Одним из важных факторов повышения качества при техническом сервисе и ремонте машин и оборудования является соблюдение норм и требований метрологического обеспечения [6].

Организация менеджмента качества процесса механической обработки связана с подготовкой производства, оборудования и рабочих, а также с разработкой метрологического обеспечения [7] по допускам на размеры [8], анализа погрешностей измерений [9] и классов точности средств контроля [10].

Особенно остро стоит вопрос обеспечения точности измерений отверстий базовых ресурсоопределяющих деталей, таких как блоки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, трансмиссии, а также отверстий типовых деталей: гильз цилиндров, шатунов и многих других. Диаметры отверстий у перечисленных изделий разные и находятся в интервале от 50 до 260 мм, изготовлены по 5-7 квалитетам точности, имеют нормированные точностные требования по поверхности формы. Блоки цилиндров, корпуса коробок передач, трансмиссии имеют большую массу, поэтому измерение размеров отверстий при обслуживании и ремонте возможно выполнить только переносными универсальными приборами.

Метрологические требования по выбору универсальных средств измерений линейных размеров по критерию допускаемой погрешности измерений установлены в ГОСТ 8.051-81 и РД50-98-86. Предел допускаемой

погрешности (для 5-7 квалитетов точности) принимается равным 30...35 % допуска на изготовление размера детали. Данное метрологическое требование обосновано в 80-е годы прошлого века.

Для обеспечения единства измерения и принимая во внимание, что погрешность измерения включает в себя инструментальную, методическую, температурную, субъективную и другие погрешности измерения, а также существующие концепции повышения качества изделий, при которых метрологические требования ужесточаются, за критерий выбора универсальных средств измерений при техническом сервисе и контроле принимаем выражение:

$$\Delta_{и}^{доп} \approx 0{,}2T,$$

где $\Delta_{и}^{доп}$ – предел допускаемой погрешности измерения; Т – допуск на изготовление измеряемого параметра.

Приборы для измерения внутренних размеров входят в особую группу и имеют следующие отличия от средств измерения наружных размеров:

1. При измерении внутренних размеров прибор необходимо вводить в деталь, а при измерении наружных размеров он находится вне детали.
2. Условия контакта поверхностей разные. При измерении внутренних поверхностей вогнутая цилиндрическая поверхность контактирует с сферическими или линейчатыми измерительными наконечниками. При измерении наружных поверхностей выпуклая цилиндрическая или плоская поверхность контактирует с плоскими или сферическими измерительными наконечниками измерительных средств.
3. При измерении внутренних цилиндрических поверхностей прибор не самоустанавливается относительно оси измеряемого диаметра. Совмещение линии измерения с диаметром решается усложнением конструкций средств измерений и методик выполнения измерений.
4. Приборы для измерения внутренних цилиндрических поверхностей отличаются большей сложностью конструкции и метода измерения.

Выбор средств измерений зависит не только от технических требований выполнения измерений, но и от целей и решаемых задач [9]. При техническом сервисе машин определяется действительный размер и износ, который по длине поверхности, как правило, не равномерен и устанавливается годность детали к эксплуатации. При ремонте и контроле запасных деталей определяется их годность.

Простые в использовании, экономичные и не требующие настройки цифровые и с круговой шкалой штангенциркули с точностью отсчёта 0,01 мм разных производителей и мировых брендов имеют в диапазоне измерений до 200 мм погрешность измерения от ±30 мкм и более, и для измерений рассматриваемых объектов использоваться не могут, по причине низкой точности. Глубина измерения отверстий у штангенциркулей ограничена.

Специально выпускаемые штангенциркули с удлинёнными губками точечного и другого типа увеличивают глубину измерения до 30 мм, но при этом снижается точность измерения. Появляется дополнительная погрешность

от деформации основной штанги, поскольку опорные контактные точки измерительных губок находятся на наибольшем расстоянии от основной штанги и от приложенного измерительного усилия возникает погрешность перекоса, нарушается принцип Аббе, особенно при использовании на полном пределе измерения.

Метод измерения отверстий штангенциркулем с обычными и удлинёнными губками можно признать ненадёжным. Их можно использовать для приближённой оценки размера отверстия.

При измерении диаметра отверстий нутромерами по методу отклонений имеют место следующие погрешности: погрешность прибора, погрешность настройки прибора на размер, погрешность от совмещения линии измерения с диаметром отверстия (погрешность центрирования и перекоса), температурная погрешность, субъективные погрешности, погрешность от шероховатости поверхности отверстия, погрешности от измерительного усилия, погрешности, обусловленные загрязнением внутренних поверхностей измеряемых деталей и др.

Поскольку случайные погрешности доминируют при измерении, то, выполняя четырёхкратные измерения и усредняя результат, точность измерения можно повысить не более чем в два раза, используя для этого выражение:

$$\Delta_{ср} = \Delta_т / \sqrt{n},$$

где $\Delta_{ср}$ – случайная погрешность измерения средних значений; $\Delta_т$ – случайная погрешность текущих значений; n – число измерений.

Кратность измерений свыше четырёх нецелесообразна, поскольку снижается эффективность их влияния.

Вывод. Обеспечение точности измерений отверстий базовых ресурсоопределяющих деталей, таких как блоки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, трансмиссии, а также отверстий типовых деталей: гильз цилиндров, шатунов и многих других – важнейшая метрологическая задача. При измерении диаметров отверстий нутромерами появляются дополнительные погрешности измерения, связанные с совмещением линии измерения с диаметром отверстия. Точность измерений отверстий можно повысить путем проведения измерений в двух плоскостях и двух сечениях.

Библиографический список

1. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Экономика качества. Saarbrucken. 2015. 305 с.

2. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Шкаруба Н.Ж. Экономика качества, стандартизации и сертификации. М.: ИНФРА-М, 2014. 251 с.

3. Белов В.М. и др. Метрология, стандартизация, квалиметрия. Метрология. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 1997. 109 с.

4. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 2. С. 71-74.

5. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Методы и средства измерений. М., 2014. 256 с.

6. Леонов О.А., Бондарева Г.И., Шкаруба Н.Ж. Оценка качества измерительных процессов в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 2. С. 36.

7. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий // Сборник научных докладов ВИМ. Т. 2. 2012. С. 412-420.

8. Леонов О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2010. № 2. С. 106-110.

9. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Результаты экономической оптимизации выбора средств измерений при контроле качества технологических процессов в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2007. № 5. С. 109-112.

10. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Темасова Г.Н. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации. М.: МГАУ, 2011. 120 с.

УДК 631.173.004.12

СИСТЕМА АУДИТА КАЧЕСТВА НА РЕМОНТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

***Карпузов Василий Викторович**, кандидат технических наук, профессор кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** В тезисах представлена система аудита качества, разработанная для предприятия технического сервиса АПК. Приводятся рекомендации по реализации программы внутреннего аудита на предприятии технического сервиса АПК и карта процесса внутреннего аудита системы менеджмента качества.*

***Ключевые слова:** система менеджмента качества; технический сервис; аудит качества.*

***Abstract.** The theses presented quality audit system designed for enterprise technical APC service. The recommendations on the implementation of the internal audit program for enterprise and technical service of agrarian and industrial complex map of the internal audit of the quality management system.*

***Key words:** quality management system; technical service; quality audit.*

Формирующаяся в современных условиях система технического сервиса АПК требует новых подходов к обеспечению качества продукции и услуг на предприятиях технического сервиса и в универсальных дилерских центрах. Одним из наиболее значимых направлений совершенствования указанной деятельности является внедрение систем менеджмента качества (СМК) в соответствии с международными стандартами ИСО серии 9000 [1]. Актуальность создания и сертификации указанных систем на предприятиях ТС

АПК подтверждается разработкой типовой модели СМК для предприятия технического сервиса АПК [2].

Качество ремонта сельскохозяйственной техники складывается из множества составляющих [3]. Но при функционировании СМК на предприятии технического сервиса возникает экономическая эффективность от снижения внутренних и внешних потерь [4]. Мероприятия по управлению качеством [5] и метрологическому обеспечению [6] дополняют этот эффект. Особенности функционирования СМК по процессам производства определены в [7, 8].

Система аудита качества в той или иной форме должна быть реализована в каждой организации [9] вместе с организацией работ по расчету затрат на качество [10]. На системной основе деятельность по аудиту качества начинает осуществляется при внедрении системы менеджмента качества. После принятия стратегического решения о разработке и внедрении СМК на предприятии технического сервиса АПК начинает осуществляться совокупность последовательных аудитов, связанная с необходимостью оценки существующей ситуации с менеджментом качества, а затем – степени соответствия действующей СМК установленным требованиям. Внутренние и внешние аудиты качества проводятся на предприятии ТС АПК как в период подготовки системы к сертификации, так и после ее завершения [6]. Совокупность этапов реализации последовательных аудитов при создании СМК на предприятии технического сервиса АПК представлена в таблице 1. В рамках настоящей работы подготовлена также карта процесса внутреннего аудита предприятия ТС АПК.

При реализации программы аудита необходимо обеспечить определение целей, области и критериев для каждого конкретного аудита, выбор методов аудита, формирование группы по аудиту, поручение ответственности руководителю группы за проведение конкретного аудита, управление выходными данными программы аудита.

Таблица 1

Этапы реализации системы аудита

Этап реализации	Содержание этапа
1. Принятие стратегического решения о создании СМК	1.1. Предпроектная диагностика деятельности предприятия
	1.2. Анализ деятельности по стратегическому и оперативному планированию
	1.3. Анализ системы управления деятельностью предприятия
	1.4. Формирование отчета по результатам аудита
2. Разработка и внедрение СМК в деятельность предприяти	2.1. Формирование организационной структуры СМК
	2.2. Обучение персонала основам менеджмента качества
	2.3. Разработка документации СМК
	2.4. Внедрение СМК в деятельность предприятия
	2.5. Проведение внутреннего аудита и корректирующих действий
3. Детальное обследование предприятия	3.1. Подготовка контрольного перечня вопросов по стандарту ГОСТ Р 54138
	3.2. Проведение оценки
	3.3. Анализ и рекомендации
	3.4. Детальный анализ СМК и качества продукции (услуг)

	3.5. Принятие решения о готовности к сертификации
4. Подача заявки на первичную сертификацию	4.1. Обмен информацией между ОС и заявителем
	4.2. Анализ заявки на сертификацию
	4.3. Разработка программы аудита
5. Первичная сертификация СМК	5.1. Разработка плана аудита
	5.2. Подбор и назначение аудиторской группы
	5.3. Проведение 1-го этапа аудита
	5.4. Проведение 2-го этапа аудита
	5.5. Заключение по итогам первичного сертификационного аудита
	5.6. Принятие решения о первичной сертификации
	5.7. Оформление сертификата соответствия СМК
	5.8. Согласование программы последующего аудита и ИК
6. Проведение 1-го и 2-го инспекционного контроля	6.1. Утверждение плана аудита на 1-й (2-й) инспекционный контроль
	6.2. Утверждение группы инспекционного контроля
	6.3. Проведение инспекционного контроля
	6.4. Заключение по результатам инспекционного контроля
	6.5. Согласование и утверждение последующих инспекционных мероприятий
7. Последующая работа в соответствии с программой аудита	Проведение ресертификации и других мероприятий в соответствии с программой аудита

Внедрение программы аудита включает следующие операции:

− определение целей, области и критериев для каждого конкретного аудита;

− выбор методов аудита;

− формирование группы по аудиту;

− поручение ответственности руководителю группы по аудиту за проведение конкретного аудита;

− управление выходными данными программы аудита;

− управление и поддержание записей по программе аудита.

При реализации программы аудита на предприятии ТС АПК необходимо:

− установить объем программы аудита;

− определить и оценить риски программы аудита;

− определить обязанности по аудиту;

− определить процедуры программы аудита;

− определить необходимые ресурсы;

− обеспечить внедрение программы аудита;

− обеспечить управление и сохранность записей по программе аудита;

− осуществлять мониторинг, анализ и улучшение программы аудита.

Должна быть обеспечена компетентность лица, ответственного за программу аудита.

Библиографический список

1. Соловьев Р.Ю., Лялякин В.П., Фрибус В.К., Силина М.И., Костомахин М.Н., Красовский М.А. Типовой проект построения эффективной системы

менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9000 для предприятий технического сервиса в АПК. М.: ГНУ ГОСНИТИ, 2009. 156 с.

2. Бондарева Г.И. и др. Составляющие качества ремонта // Сельский механизатор. 2016. № 7. С. 2-4.

3. Бондарева Г.И., и др. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК // Сельский механизатор. 2016. № 4.С.34-35.

4. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Шкаруба Н.Ж. Экономика качества, стандартизации и сертификации. М.: Издательство Инфра-М, 2016. 251 с.

5. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. Управление качеством. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 180 с.

6. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Издательство КолосС, 2009. 468 с.

7. Леонов О.А. и др. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса. М.: РГАУ-МСХА, 2016. 161 с.

8. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Построение функциональной модели процесса «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники» с позиции требований международных стандартов на системы менеджмента качества // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2009. № 7. С. 35-40.

9. Карпузов В.В. Управление качеством в АПК. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. 302 с.

10. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2009. № 8-1. С. 56-59.

УДК 621.713.24

РАСЧЕТА НАТЯГОВ В СОЕДИНЕНИЯХ ВАЛ – ВТУЛКА СО ШПОНКОЙ

***Вергазова Юлия Геннадьевна**, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. В статье рассмотрены вопросы совершенствования методики расчета и выбора посадок цилиндрических соединений со шпонками. Для редукторов завода Моссельмаш назначены новые посадки, обеспечивающие гарантированный запас работоспособности.*

***Ключевые слова**: зазор, натяг, допуск, точность, износостойкость*

***Abstract.** The article deals with the issues of improving the method of calculation and selection of planting cylindrical joints with dowels. For gearboxes plant mosselmash appointed as the new planting, providing a guaranteed performance margin.*

***Keywords**: clearance, interference fit, tolerance, precision, durability*

Введение. Проблема повышения надежности и качества отечественной сельскохозяйственной техники до сих пор остается важнейшей задачей на современном этапе развития АПК [1].

Неподвижные соединения очень часто используются конструкторами в узлах и агрегатах различной сельскохозяйственной техники. Это – соединения зубчатых колес, шкивов с валами, звездочек, опор подшипников скольжения с втулками, направляющих втулок с корпусами, и пр.

В настоящее время более 355 видов специальной техники для сельского хозяйства оснащены цепными передачами и редукторами [2]. Наибольшее распространение в звездочках цепных передач получили сопряжения типа «вал – втулка со шпонкой» звездочки, а в редукторах – «вал – втулка со шпонкой» шестерни. Относительную неподвижность поверхностей обеспечивают шпонки.

По техническим требованиям на ремонт деталей этих сопряжений необходимо создать гарантированный запас работоспособности, так как с отказом цилиндрических сопряжений со шпонками дальнейшая эксплуатация машины невозможна.

Подробный анализ точности сопряжений «вал – втулка со шпонкой» различного назначения был проведен в работе [3], и сделан вывод, что в основном в посадке присутствуют только зазоры, причем их величина значительна, что отрицательно влияет на долговечность соединения.

Объект исследования.

В качестве примера был произведен расчет посадок для сопряжений редуктора Н090.20.000 ОАО «МОССЕЛЬМАШ». На ведомом валу применяется посадка $\varnothing 30\ (^{+0,17}/_{-0,05})$, а и для ведомой шестерни – $\varnothing 40H7/k6$.

Метод исследований.

В работе [4], на основании учебного пособия [5] была предложена усовершенствованная методика расчета и выбора посадок с натягом для соединений «вал – втулка со шпонкой». Основным нововведением методики является учет не только крутящего момента и осевой силы при расчете наименьших натягов, но и радиальной и консольной нагрузки, которые преждевременно раскрывают стык соединения. Введено ограничение по величине шероховатости поверхности, т.к. для посадок с натягом увеличение шероховатости приводит к значительному уменьшению реальной площади контакта, и, как следствие – перенапряжения на отдельных участках контактирования. Это приводит к пластическим деформациям и ослаблению натягов в посадке. Предложено переводить параметры шероховатости $R_а$ в $R_я$ и обратно по уточненной формуле, на основании исследований работ [6, 7]. Методика дополнена температурным анализом в плане влияния неравенства коэффициентов линейного расширения вала и отверстия на натяги в соединении в заданном диапазоне температур. После расчета предельных натягов можно воспользоваться методикой точностного анализа по модели параметрического отказа [8] и более точно установить конструктивные

параметры сопряжения в вите наибольшего и наименьшего технологических натягов [9]. Для исследуемых сопряжений был проведен расчет величин натягов, исходные данные и результаты расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Расчет натягов и выбор посадок

Параметр	Ед. изм.	Обозначение	Значение для сопряжения	
			∅30	∅40
Диаметр сопряжения	м	d_n	0,03	0,04
Длина сопряжения	м	l	0,04	0,045
Коэффициент трения	–	f	0,1	0,12
Внутренний диаметр вала	м	d_1	0,01	–
Наружный диаметр втулки	м	D_2	0,05	0,07
Наименьший расчетный натяг по критерию отсутствия смещения	мкм	$N_{Pmin(l)}$	20,5	6,5
Наименьший расчетный натяг по критерию отсутствия зазора	мкм	$N_{Pmin(r)}$	1,5	1,3
Наибольший расчетный натяг по критерию отсутствия текучести	мкм	N_{Pmax}	66,2	122,2
Наибольший расчетный натяг по критерию разбираемости	мкм	N_{Pmax}	64,7	–
Параметр шероховатости вала	мкм	R_{ad}	1,6 (1,25)*	0,32
Параметр шероховатости втулки	мкм	R_{aD}	3,2 (2,5)*	0,80
Поправка на смятие шероховатости	мкм	ΔN_R	16,8 (13,1)*	3,9
Допустимая величина поправки на смятие шероховатости	мкм	$[\Delta N_R]$	13,1	13,1
Рабочая температура	°С	t	0…60	0…60
Поправка на температуру деталей	мкм	ΔN_t	–1,6…0,8	–
Наибольший технологический натяг	мкм	N_{Tmax}	73,6	121,2
Наименьший технологический натяг по критерию отсутствия смещения	мкм	N_{Tmin}	39,4	15,4
Наименьший технологический натяг по критерию отсутствия зазора	мкм	N_{Tmin}	15,4	5,2
Стандартная посадка по критерию отсутствия смещения поверхностей	–	–	∅30*H*6/*v*6	∅40*H*9/*x*8
Стандартная посадка по критерию отсутствия зазора	–	–	∅30*H*8/*u*7	∅40*H*9/*v*8

* Параметры шероховатости деталей и поправки после корректировки.

Результаты исследований. Посадки выбираем в соответствии с единой системой допусков ми посадок [10].

Наибольшую величину имеет натяг, рассчитанный от действия крутящего момента – по критерию отсутствия смещения сопрягаемых поверхностей. Поэтому перемещения поверхности втулки относительно вала будут в пределах зазоров и деформаций сопряжения «ширина шпонки – ширина паза вала – ширина паза втулки» еще до появления зазора в сопряжении от действия радиальной силы. Чтобы этого избежать, лучше ограничиться наименьшим натягом, рассчитанным по критерию отсутствия относительного смещения поверхностей, хотя с точки зрения начала аварийного изнашивания можно ограничиваться натягом, обеспечивающим отсутствие раскрытия стыка и появления зазора, в который будет попадать пыль, грязь, влага, что приведет к еще большему изнашиванию деталей соединения. Для сопряжения «вал – втулка со шпонкой» звездочки определены наибольшая сила и наибольший натяг по критерию быстрой разбираемости в полевых условиях с помощью съемника. Такой натяг меньше наибольшего натяга, рассчитанного из условия отсутствия текучести более слабого материала детали в посадке, поэтому в качестве верхней границы будет выступать именно этот натяг.

При определении поправки на смятие шероховатости поверхности для сопряжения «вал – втулка со шпонкой» звездочки было выявлено, что значения параметров шероховатости поверхности вала и втулки превышают установленные требования, поэтому были назначены меньшие значения (таблица 1).

При определении поправки на температурное расширение для сопряжения «вал – втулка со шпонкой» звездочки было выявлено, что реальная температура эксплуатации данного сопряжения находится в пределах 0…60 °С, поэтому из-за различия коэффициентов линейного расширения материалов вала и втулки получается, что данная поправка имеет колебания от –1,6 до +0,8 мкм.

В конце расчета были назначены посадки, представленные в таблице 1 и на рисунке 1, откуда видно, что более жесткие условия по точности получаются при расчете посадки по критерию отсутствия смещения, но именно эти посадки обеспечат наибольшую долговечность.

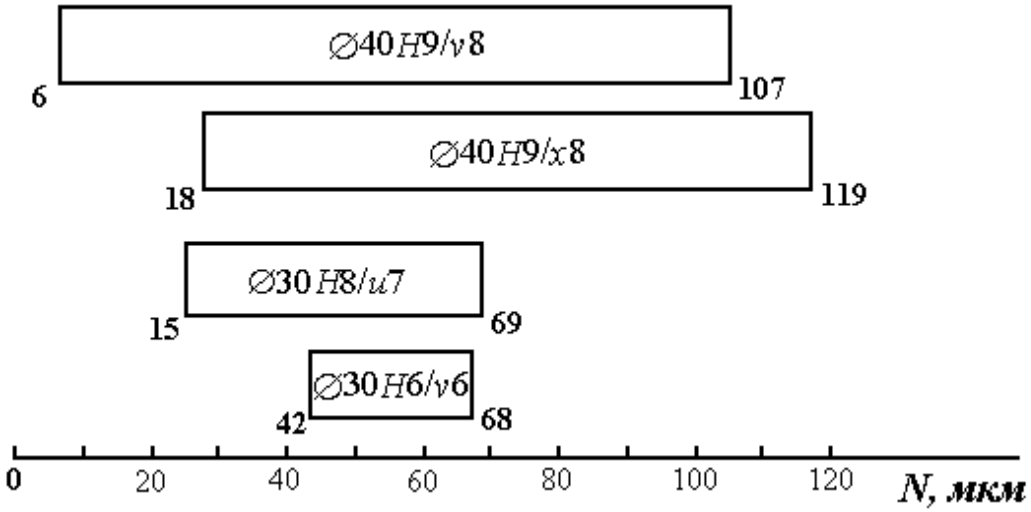


Рис. 1. **Сравнение выбранных посадок**

Выводы. Сопряжение «вал – втулка со шпонкой» является элементом машины, которое требует гарантированного запаса работоспособности, так как с отказом этого сопряжения дальнейшая эксплуатация техники невозможна.

1. В сопряжениях «вал – втулка со шпонкой» различного назначения в основном присутствуют только зазоры, причем их величина значительна, что отрицательно влияет на долговечность соединения.

2. В результате расчета натягов для сопряжений унифицированного редуктора завода «МОССЕЛЬМАШ» получены следующие посадки: для сопряжения «вал – втулка со шпонкой» звездочки – $\varnothing 30H6/v6$ (ранее применялась $\varnothing 30$ ($^{+0,17}/_{-0,05}$)) и для сопряжения «вал – втулка со шпонкой» шестерни $\varnothing 40H8/x8$ (ранее применялась $\varnothing 40H7/k6$) .

Библиографический список

1. Ерохин М.Н., Леонов О.А. Особенности обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники на современном этапе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2005. № 1. С. 9-12.

2. Леонов О.А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники: Монография. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2003. 166 с.

3. Вергазова Ю.Г. Влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединения «вал-втулка» // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2014. № 3. С. 17-19.

4. Леонов О.А., Вергазова Ю.Г. Расчет посадок соединений со шпонками для сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2014. № 2. С. 13-15.

5. Леонов О.А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации. – М.: МГАУ, 2002. 168 с.

6. Леонов О.А., Киселева Е.Н., Вергазова Ю.Г. Влияние шероховатости поверхности деталей на долговечность соединений при ремонте сельскохозяйственной техники // Международный технико-экономический журнал. 2014. № 5. С. 47-51.

7. Леонов О.А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных параметров: Дис… докт. техн. наук. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2004. 324 с.

8. Ерохин М.Н., Леонов О.А. Взаимосвязь точности и надежности соединений при ремонте сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2006. № 2. С. 22-25.

9. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Издательство КолосС, 2009. 568 с.

10. Бондарева Г.И. и др. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 12. С. 39-42.

УДК 621.24

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ «ЦИЛИНДР – ПОРШЕНЬ» ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

***Антонова Ульяна Юрьевна**, ассистент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, metr@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Вместо пяти групп селекции для соединений цилиндров с поршнями двигателей ЗМЗ рекомендовано использовать десять групп, в результате чего появляется запас на износ в виде 12 мкм, это приведет не только к повышению долговечности соединений, но и положительно отражается на таких параметрах, как расход масла на угар, компрессия, мощность, шумность работы и т.д.*

***Ключевые слова:** ремонт, соединение, взаимозаменяемость, селективная сборка, групповой допуск, надежность.*

***Abstract.** The article is devoted to improving the quality of assembling the "piston-cylinder liner" connections of ZMZ engines during machine repairs. It is substantiated that it is rational to repair enterprises to use an increase in the selection groups of the "Piston-sleeve" compound twice. This will lead to increased build quality and engine durability.*

***Keywords:** selective assembly, repairs, quality, clearance.*

Повышение долговечности соединений при ремонте техники является важнейшим фактором обеспечения качества ремонта [1], сохранения параметров производственной надежности ответственных соединений в заданных пределах [2], и это влияет не только снижение времени простоев и повышение производительности агрегатов, но и на экономию при их эксплуатации [3]. Гарантированный период безотказной работы соединений формируется созданием износостойких поверхностей и заданной точностью деталей. Влияние параметров точности на долговечность соединений показано в современных научных трудах [4, 5]. Применение расчетных методов при определении допуска посадки, назначении зазоров или натягов приводит к значительному увеличению срока службы соединений [6].

Расчет допусков и посадок возможен только при наличии теоретических и практических сведений о нагрузке, частоте вращения, материале деталей, смазки и других параметров функционирования [7, 8]. Особое внимание следует уделить выбору стандартных посадок в результате расчета предельных зазоров [9, 10].

В России не так много высокоточного металлорежущего финишного оборудования, даже при массовом производстве на заводе – изготовителе. При отсутствии технологической возможности обеспечить заданную точность используют методы неполной взаимозаменяемости, одним из которых является

групповая взаимозаменяемость или, как ее еще называют – селективная сборка.

Пример селективной сборки соединения «поршень − гильза цилиндров» двигателей ЗМЗ рассмотрен на рисунке 1.

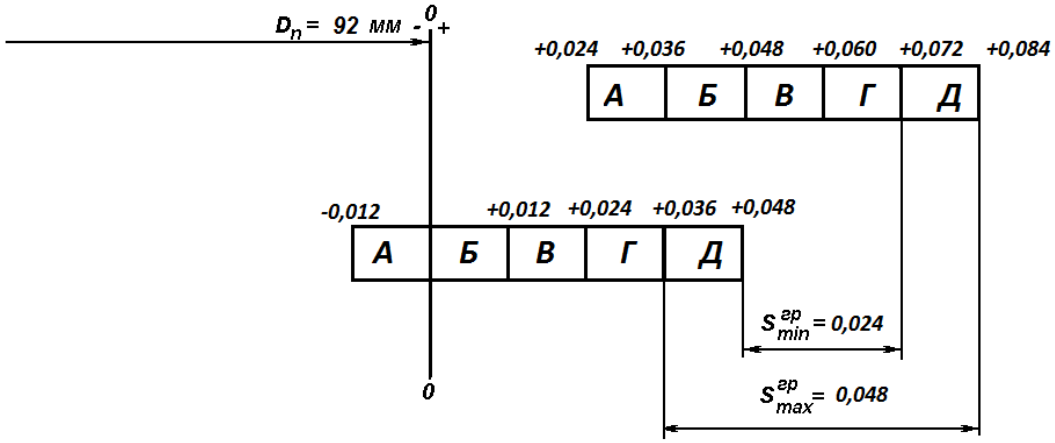


Рис. 1. **Селективная сборка соединений «гильза цилиндра – поршень» двигателей ЗМЗ по пяти группам**

Из рисунка 1 видно, что величина наименьшего зазора в сопряжении $S_{гpmin}$ = 0,024 мм. Если величина этого зазора станет меньше, то вероятно заклинивание поршня при выходе на рабочую температуру. А величина наибольшего зазора здесь $S_{гpmax}$ = 0,048 мм, и она должна быть как можно меньше, теоретически вплоть до $S_{гpmin}$ = 0,024 мм, что обеспечит наибольшую долговечность соединения. При использовании пяти групп селекции допуски на изготовление гильзы и поршня равны $T_d = T_D$ = 0,06 мм.

Величина группового допуска определяется путем деления технологического допуска на количество групп селекции. Для нашего случая

$T_{гpd} = T_{гpD}$ = 0,06/5 = 0,012 мм.

Данная величина в 12 мкм с метрологической точки зрения является контролепригодной с использованием универсальных средств измерений, у которых погрешности измерений обеспечиваются вплоть до 1 мкм. С позиции, что средство измерений должно иметь погрешность в 3…10 раз точнее, чем контролируемая величина допуска, можно уменьшить групповой допуск в два раза, до 6 мкм, тогда потребуются средства измерений с погрешностью 2…0,6 мкм, что вполне вписывается в номенклатуру высокоточных универсальных средств измерений, использование которых при единичном и мелкосерийном производстве экономически целесообразно. Для поршня это - рычажная скоба, микрокатор, оптиметр. Для гильзы это – нутромер с головкой повышенной точности с ценой деления 1 и 0,5 мкм.

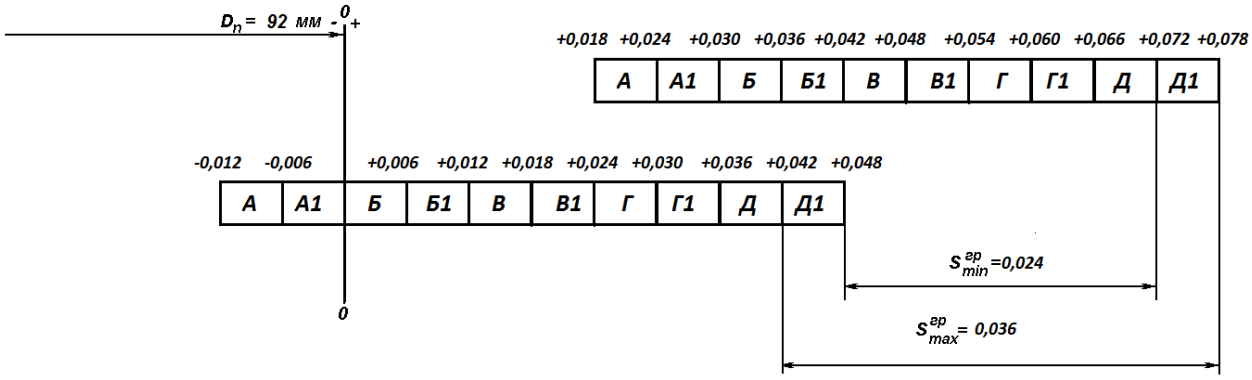


Рис. 2. **Селективная сборка соединений «гильза цилиндра – поршень» двигателей ЗМЗ по десяти группам**

При использовании 10 групп селекции групповые допуски будут равны, таблица 2:

$T_{грd} = T_{грD} = 0{,}06/10 = 0{,}006$ мм,

$S_{грmax} = S_{грmin} + T_{грd} + T_{грD} =$ 0,024+0,006+0,06= 0,036 мм.

С точки зрения типа производства, то при массовом производстве, которое реализовано на заводе – изготовителе, такое разбиение нецелесообразно. Требуются высокоточные контрольные автоматы для сортировки деталей на группы. А для условий мелкосерийного производства, где не требуется высокая производительность контроля, возможна не только селективная сборка, но и индивидуальный подбор пар трения.

Выводы. Таким образом, при дополнительном дроблении пяти групп селекции и получении 10 групп, возникает запас точности в соединении и формируется запас на износ, который равен 12 мкм для двигателей ЗМЗ, при этом возрастает стабильность зазоров в посадке.

Библиографический список

1. Ерохин М.Н. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества // Экология и сельскохозяйственная техника. Материалы 4-й научно-практической конференции. СПб. 2005. С. 234-238.

2. Ерохин М.Н. Взаимосвязь точности и надежности соединений при ремонте сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2006. № 2. С. 22-25.

3. Ерохин М.Н. Особенности обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники на современном этапе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2005. № 1. С. 9-12.

4. Вергазова Ю.Г. Влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединения «вал - втулка» // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2014. № 3. С. 17-19.

5. Вергазова Ю.Г. Точность и долговечность отремонтированных соединений «вал - втулка» со шпонкой // Наука и практика в управлении качеством, метрологии и сертификации. Сб. науч. ст. - М. 2014. С. 161-165.

6. Леонов О.А., Вергазова Ю.Г. Расчет посадок соединений со шпонками для сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2014. № 2. С. 13.
7. Белов В.М. и др. Расчет точностных параметров сельскохозяйственной техники. М.:МИИСП, 1990. 125 с.
8. Белов В.М. и др. Сборник задач по метрологии, стандартизации и сертификации. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2001. 140 с.
9. Белов В.М. и др. Метрология, стандартизация, квалиметрия. Стандартизация норм взаимозаменяемости. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 1999. 140 с.
10. Белов В.М. и др. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и квалиметрии. М.: МГАУ, 2000. 136 с.

УДК 637.1.02

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

***Неменущая Людмила Алексеевна**, старший научный сотрудник ФГБНУ Росинформагротех, nemenuschaya@rosinformagrotech.ru*

***Аннотация**. В статье приведен анализ влияния изменения качественных показателей оборудования на совершенствование технологических процессов в пищевой и перерабатывающей промышленности. Показана оценка оборудования по обеспечению энерго- и ресурсосбережения, результаты представлены в табличной форме. Обобщены основные направления повышения экономической эффективности технологий переработки пищевой продукции на примере молочной промышленности.*

***Ключевые слова:** Оборудование, технологии, ресурсосбережение, качественные характеристики.*

***Abstract.** The article gives an analysis of the influence of changes in the quality indicators of equipment on the improvement of technological processes in the food and processing industries. The equipment for energy and resource saving was assessed, the results are presented in tabular form. The basic directions of increase of economic efficiency of technologies of processing of food production on an example of the dairy industry are generalized.*

***Keywords:** Equipment, technologies, resource-saving, qualitative characteristics.*

Ресурсосбережение постепенно выходит на первый план при разработке стратегий развития пищевой и перерабатывающей промышленности во многих странах. Одним из направлений повышения ресурсоэффективности и снижения негативного воздействия на природу может стать использования наилучших доступных технологий (НДТ), определяемых на основе современных достижений науки, техники и охраны окружающей среды. Имеющийся

зарубежный опыт показывает, что это наиболее эффективное направление развития производственной деятельности и системы эксплуатации объектов [1, 2].

Для реализации НДТ отбирается оборудование, которое имеет качественные характеристики, обеспечивающие лучший ресурсосберегающий эффект по сравнению с традиционно используемыми.

В таблице рассмотрены примеры оборудования, которое может использоваться для реализации НДТ в молочной промышленности и показан экономический эффект от изменения качественных характеристик данного оборудования по сравнению с традиционными технологиями и оборудованием [3-7].

Таблица

Экономический эффект от применения оборудования с перспективными качественными характеристиками

Название оборудования	Характеристика	Экономический эффект
Пластинчатые пастеризационно-охладительные установки	Высокий коэффициент рекуперации 85-90%, система горячей воды на базе медно-паяного теплообменника	Позволяет снизить удельный расход энергии.
Теплообменные установки	Гибернация	Экономия может составить более 16 тыс. кВт электроэнергии и 540 т пара в год.
Линии для производства творога	Поточные, механизированные и автоматизированные	Снижение расходов на электроэнергию, воду, пар позволит снизить затраты на производство 1 т творога от 6,7 %.
Линии производства масла методом ПВЖС	Прямая фасовки через трубу покоя (кристаллизатор) с подачей в бункер фасовочного автомата или через трубу покоя с непосредственным дозированием в брикет	Снижение трудовых затрат, затрат на вспомогательные материалы составляет более 800 рублей на 1 т масла или спреда.
Установки микрофильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса	Мембранные методы	Снижение эксплуатационных расходов при очистке рассола на сыродельных заводах. Повышение качества продукта сухой сыворотки. Уменьшение энергозатрат в 2 раза и увеличение выхода готовых продуктов на 2% при изготовлении творога и мягких сыров. Снижение в 14 раз энергозатрат на производство 1 т сгущенных консервов.
Многокорпусные вакуум-выпарные аппараты (ВВА)	Модульность	Снижение затрат пара на 1 кг испаренной влаги в 3 раза, по сравнению с циркуляционными объемными ВВА.

Вакуум-выпарной аппарат	Механическая компрессия пара	Снижает расход на испарение 1 кг влаги примерно в 13 раз при незначительном увеличении расхода энергии, в сравнении с вакуум-аппаратами с термокомпрессией пара.
Сушилка распылительная	Многостадийная сушка Рекуперация тепла	Сокращение расхода энергии на сушку 1 кг обезжиренного молока в установках двухстадийной сушки, в сравнении с одностадийной, – меньше на 15%, трехстадийной сушки – на 40%. Фактическая экономия энергии при использовании рекуператора составляет 18%.

На основании представленных материалов можно сделать вывод, что ресурсосберегающим является оборудование, с использованием мембранных методов, протекающих без энергоемких фазовых превращений и характеризующихся низкими температурными режимами обработки (10…15°С). Его использование позволяет интенсифицировать производство и получить дополнительную прибыль за счет экономии ресурсов как сырьевых (из единицы сырья выход продукции увеличивается на 20…40%), так и энергетических (уменьшению потребления пара на 3900 кг, электроэнергии на 85 кВт на 1 час работы оборудования), соответственно снижается себестоимость готового продукта и нагрузка на очистные сооружения (уменьшение объемов вторичного сырья в 3…4 раза, безотходность).

При выборе оборудования для осуществления НДТ в асептической обработке предпочтение следует отдавать пластинчатым пастеризационно-охладительным установкам, имеющим секции регенерации, у которых система горячей воды спроектирована на базе медно-паяного теплообменника, позволяющего повторно использовать конденсат для питания котлов и снизить затраты на водоподготовку питательной воды котельных установок [4, 7].

Ресурсосбережение в процессах сгущения молочного сырья достигается с помощью использования многократной рекомпрессии пара. В данном случае лучшими показателями в работе характеризуются многоступенчатые вакуум-выпарные установки с механической рекомпрессией пара, где его расход на испарение 1 кг испаренной влаги примерно в 13 раз меньше в сравнении с вакуум-аппаратами с термокомпрессией.

Лучший по качеству сухой продукт обеспечивает сушка методом распыления в распылительных сушилках. Для повышения эффективности использования энергии до 40% в таких сушилках применяют: преобразование сушилки в двух- и многоступенчатую систему; утилизацию вторичной теплоты путем установки рекуператора на линии отработанного воздуха для предварительного нагрева вновь поступающего воздуха [4, 7].

Обзор российского оборудования для производства молочной продукции показал, что в настоящее время имеются отвечающие требованиям НДТ отечественные образцы пластинчатых ПОУ, линий производства масла и

творога, по остальным примерам необходимо импортозамещение.

Библиографический список

1. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 года N 559-р. [Электронный ресурс]. URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70067828/ режим доступа свободный, дата обращения 01.02.2018.

2. Тяглов С.Г., Киселева Н.Н., Тимченко В.А. Современные аспекты развития «зеленой экономики» в Российской Федерации // Ростов н/д.: Содействие – XXI век, 2017. 104 с.: ил.

3. Каталог российских производителей машин и оборудования для пищевой и перерабатывающей промышленности [Электронный ресурс]. URL: http://minpromtorg.gov.ru/docs/#!katalog_rossiyskih_proizvoditeley_mashin_i_oborudovaniya_dlya_pishhevoy_i_pererabatyvayushhey_promyshlennosti режим доступа свободный, дата обращения 10.01.2018.

4. ИТС НДТ «Производство напитков, молока и молочной продукции» [Электронный ресурс]. URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1146&etkstructure_id=1872 режим доступа свободный, дата обращения 20.02.2018.

5. Клименко А.И., Третьякова О.Л., Свинарев И.Ю., Святогоров Н.А. Опыт освоения наилучших доступных технологий // Наилучшие доступные технологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции 15 декабря 2016 г. - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2016. С.3-9.

6. Кузин А.А., Грунская В.А., Острецова Н.Г., Буйлова Л.А., Шохалов В.А. Перспективы перехода на принципы Наилучших доступных технологий // Молочная промышленность. 2017. № 10. С.29-30.

7. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Неменущая Л.А. Инновационные технологии, процессы и оборудование для производства молочной продукции. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 140 с.

УДК 59.084

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОЗОЛЬНОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА В ПРИСУТСТВИИ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Рудзик Эдуард Сергеевич, *лаборант ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Edvard-perviy@mail.ru*

Довлатов Игорь Мамедяревич, *младший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, dovlatovim@mail.ru*

Аннотация. *В данной статье рассматривается обеззараживание воздуха в помещении химическим методом. А именно распыление аэрозольных*

водных растворов в момент присутствия животных и птиц в сельскохозяйственном помещении. Проведен исторический анализ использования данного метода обеззараживания сельскохозяйственных помещений. Обоснована необходимость и эффективность распыления аэрозольного раствора в момент присутствия животных в помещении. Рассмотрены различные компоненты, используемые в растворах для дезинфекции, а также способы и устройства обеззараживания сельскохозяйственных помещений в присутствии животных и птиц. Предложено устройство для обеззараживания воздуха, разработанное учеными в лаборатории ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Рассмотрены перспективы применения аэрозольного распыления для обеззараживания воздуха в присутствии животных и птиц в сельскохозяйственных помещениях.

Ключевые слова: *химический метод, аэрозольный раствор, обеззараживание воздуха.*

Abstract. *This article discusses the disinfection of air in a room by chemical method. Namely, the spraying of aerosol aqueous solutions at the time of the presence of animals and birds in the agricultural premises. A historical analysis of the use of this method of disinfection of agricultural premises is carried out. The necessity and efficiency of nebulization of an aerosol solution at the moment of presence of animals in a room is grounded. Various components used in solutions for disinfection, as well as methods and devices for disinfection of agricultural premises in the presence of animals and birds are considered. A device for air disinfection, developed by scientists in the laboratory of the All-Russian Institute of Mechanization, was proposed. Prospects of aerosol spray application for air disinfection in the presence of animals and birds in agricultural premises are considered.*

Key words: *chemical method, aerosol solution, air disinfection.*

Зараженность воздуха микроорганизмами и запыленность в сельскохозяйственных помещений является актуальной проблемой, которая обусловлена повышенной заболеваемостью, рахитностью и смертностью животных и птиц, что приводит к финансовым потерям фермеров и ухудшению качества продукции.

К примеру, концентрация вредных микроорганизмов в воздухе птичника более 280 тыс./м3 приводит к резкому возрастанию заболеваемости и падежа птиц, а при 910 тыс./м3 заболеваемость увеличивается до 25%. При этом падеж увеличивается до 10% (рисунок 1) [1-3].

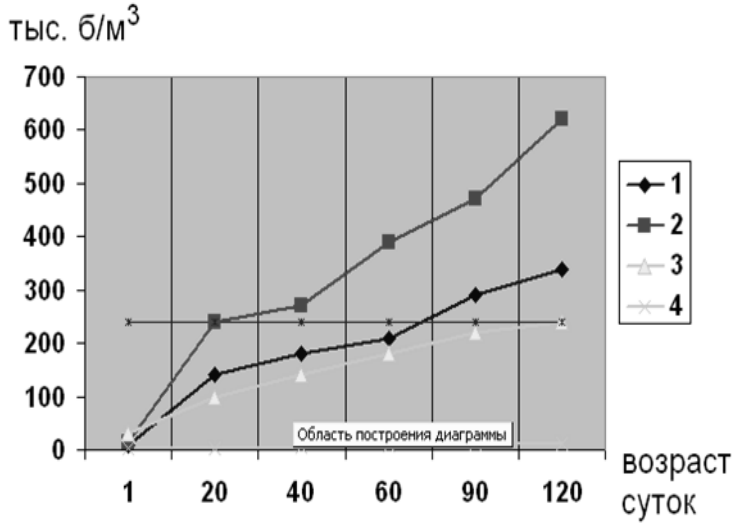


Рис. 1. **Динамика роста концентрации микроорганизмов в птичнике [3]:**

1 – общая бактериальная обсемененность воздуха в птичнике;
2 – стафилококки; 3 – ПДК (общ); 4 – кишечные палочки.

На протяжении многих лет формировались различные методы борьбы с наличием вредных микроорганизмов в воздухе животноводческих и птицеводческих помещений. Основными из них являются обеззараживание физическим воздействием (бактерицидное ультрафиолетовое облучение, озонирование) и химическим (распыление аэрозольных смесей в момент отсутствия животных и в момент их присутствия в помещении).

Об использовании аэрозольного распыления в момент присутствия животных в помещении упоминалось в 1964-1969 гг. в СССР такими учеными, как Закомырдин А.А., Березнев А.П., Двинский А.Ф. в их научных публикациях «Дезинфекция помещений в присутствии птицы мелко распылительным раствором гипохлорита натрия», «Аэрозольная дезинфекция в присутствии птицы мононатриевой солью дихлоризоциануровой кислоты» и «Аэрозольный метод дезинфекции птичников при ларинготрахеите в отсутствие и присутствии птицы» [4]. Также о необходимости аэрозольного обеззараживания воздуха в присутствии животных, о компонентах раствора и порядка проведения дезинфекции говорится в «Инструкции о мерах профилактики и ликвидации заболевания птиц аспергиллезом», утвержденной Главным управлением ветеринарии Госагропрома СССР 7 июня 1983 года [5]:

Пункт 3.8.1 Санацию дыхательных путей цыплят после вывода с одновременной дезинфекцией воздуха помещений проводят высокодисперсным аэрозолем 50-процентного раствора йодтриэтиленгликоля из расчета 1,3 мл/куб. м при распылении продолжительностью не более 5 мин. и последующей экспозиции 13 мин. На время аэрозольных обработок ящики с отсортированными цыплятами размещают в изолированной комнате инкубатория равномерно на расстоянии не менее 15 см один от другого для свободного проникновения аэрозоля.

Пункт 3.8.2. Для санации дыхательных путей птиц с одновременным

обеззараживанием воздуха в птичниках применяют высокодисперсный аэрозоль 50-процентного раствора йодтриэтиленгликоля.

В настоящее время с целью обеззараживания воздуха в присутствии животных и птиц применяют перекись водорода, гипохлорит натрия, тексонит, глутаровый альдегид, мононатриевую соль дихлоризоциануровой кислоты, йодтриэтиленгликоль.

Перекись водорода готовят из пергидроля (30%). Препарат применяют для дезинфекции птичников путем мелкокапельного распыления; расход 100-200 мл/м^2.

Гипохлорит натрия готовят, растворяя в воде (в емкости необходимого объема) кальцинированную соду и хлорную известь (с содержанием не менее 25% активного хлора) из расчета по 200 г обоих препаратов на 1 л воды. В закрытой таре раствор не теряет активность 6 мес.

Мононатриевая соль дихлоризоциануровой кислоты – белый порошок, содержащий 50% активного хлора. Для дезинфекции воздуха помещений в присутствии птицы применяют также высокодисперсные аэрозоли молочной кислоты, или 20%-ные водные растворы резорцина, триэтиленгликоля или хлор-скипидара.

Тексонит – жидкий препарат, состоящий из гипохлорита натрия и добавок, в том числе и антикоррозийных; содержит 15 – 20% активного хлора.

Глутаровый альдегид близок к тексониту. Растворы 0,2%-ной концентрации дают хорошие результаты при многих бактерийных и вирусных инфекциях. Применяются в виде 3%-ного р-ра из расчета – 0,5 л/м^2 при трехчасовой экспозиции.

Аэрозоли йодтриэтиленгликоля применяют в птицеводческих хозяйствах, неблагополучных по инфекционному ларинготрахеиту и колибактериозу птиц. Он дезинфицирует окружающий воздух в птичниках и одновременно санирует респираторные пути птиц [6].

В лаборатории ФГБНУ ФНАЦ ВИМ группой ученых, на основе разработанного ранее УФ облучателя «ОЗУФ» [1, 7, 8] разрабатывается двухкомпонентное обеззараживающее устройство для сельскохозяйственных помещений АРУФ. Один из компонентов данного устройства является блок с аэрозольным раствором. АРУФ предназначен для работы в присутствии животных и птиц.

Планируется проведение испытаний устройства АРУФ в сельскохозяйственном помещении, а именно в птичнике, для определения оптимального вида аэрозольного раствора и его концентрации.

Применение аэрозольного распыления для обеззараживания воздуха в присутствии животных и птиц в сельскохозяйственных помещениях является перспективным направлением развития науки, что обусловлено значительным снижением заболеваемости животных и птиц во время их содержания в помещении. Данный метод требует дальнейших исследований и проведения испытаний: определение вида раствора, его концентрации, необходимой производительности блока распыления и оптимальная конструкция устройства,

содержащее блок распыления, для конкретного сельскохозяйственного помещения. Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ, проект 18-38-00793.

Библиографический список

1. Довлатов И.М. Обеззараживание воздуха в птицеводческих помещениях ультрафиолетовым излучением. Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 1 (22). С. 13-134.
2. Юферев Л.Ю. Энерго-ресурсосберегающие осветительные и облучательные системы и установки сельскохозяйственного назначения на основе резонансной системы электропитания. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Мичуринский государственный аграрный университет. Мичуринск-наукоград, 2015
3. Юферев Л.Ю., Алферова Л.К. Светотехника в сельском хозяйстве. Москва, 2016. С 1-3.
4. Закомырдин А.А., Березнев А.П., Двинский А.Ф. Аэрозольная дезинфекция в присутствии птицы мононатриевой солью дихлоризоциануровой кислоты. //Тр. ВНИИВС, М., 1969. т.32. С.318-322.
5. [эл. ресурс о инструкции разработанной в 1983 году] http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_11630.htm.
6. [эл. ресурс о препаратах, используемых для дезинфекции помещений в присутствии животных.] http://veterinarua.ru/dezinfektsiya/258-preparaty-dlya-dezinfektsii-v-prisutstvii-zhivotnykh.html.
7. Юферев Л.Ю., Довлатов И.М. Повышение эффективности энерго-ресурсосберегающей системы УФ облучения. Вестник ВИЭСХ. 2017. № 2 (27). С. 70-75.
8. Юферев Л.Ю., Стребков Д.С., Рощин О.А. Экспериментальные модели резонансных систем электрической энергии. Москва, 2010 – 32 с.

УДК 57.084.1

УЛУЧШЕНИЕ МИКРОКЛИМАТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ОЗОНОМ НА ПРИМЕРЕ ПТИЧНИКОВ

Довлатов Игорь Мамедяревич, *младший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, dovlatovim@mail.ru*
Рудзик Эдуард Сергеевич, *лаборант ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Edvard-perviy@mail.ru*

Аннотация. *В данной статье сделан выбор по методу воздействия направленный на устранение неприятного запаха в птичнике, описана причина появления неприятного запаха. Описан способ воздействия на неприятный запах, описаны его основные достоинтва, описано на какую именно*

микрофлору предложенный способ воздействует губительно. Описан проведённый эксперимент, проанализированы его результаты и в заключении написано о необходимости повторного проведения эксперименты с большей концентрацией озона не превышающей ПДК.

***Ключевые слова**: микроклимат, ПДК, озон, микрофлора, испытанб.*

***Abstract.** In this article the choice on a method of influence directed on elimination of an unpleasant smell in a hen house is made, the reason of emergence of an unpleasant smell is described. The described method of exposure to an unpleasant odor, described its main dostoinstva described in which the microflora of the proposed method the effect is disastrous. The conducted experiment is described, its results are analyzed and in conclusion it is written about the necessity of repeated experiments with a higher ozone concentration not exceeding The maximum Permissible Concentration.*

***Key words**: microclimate, MPC, ozone, microorganisms, testing,*

Устранение неблагоприятных запахов - важная проблема, которая должна решаться птицеводами и учёными в этой отрасли. Неприятный запах опасен для животных и персонала, который работает в птичниках.

Появление запаха аммиака приписывается микробному разложению мочевой кислоты в помете. Испарения аммиака и, соответственно, его концентрация в курятнике зависят от таких факторов, как влажность, уровень pH, температура, скорость и направление воздушных потоков [1].

Аммиак оказывает негативный эффект на рост птицы, усвоение корма, дыхание и т.д. Один из основных и простых методов борьбы является вентиляция, но есть актуальная проблема использования этого метода в зимние периоды.Так же современные методы борьбы с запахами включают в себя добавки в корм, питьевую воду.

Помимо аммиака содержание углекислого газа, концентрация тяжёлых ионов превышает предельно допустимые значения и недостаток лёгких ионов влияет на запах и общее состояние животных и птицы в помещениях сельхоз назначения.

Принято считать, что озонирование полезно, так как воздух в помещении где проходит электро-физическое воздействие озоном воздух чист и не содержит микробов, однако это актуально если концентрация озона в воздухе не превышает ПДК, его излишки наносят серьёзный вред птицам.

Образуется озон благодаря электрическому разряду, он расщепляют кислород на атомы, а они вступают в реакцию с кислородом, образуя озон (рисунок 1).

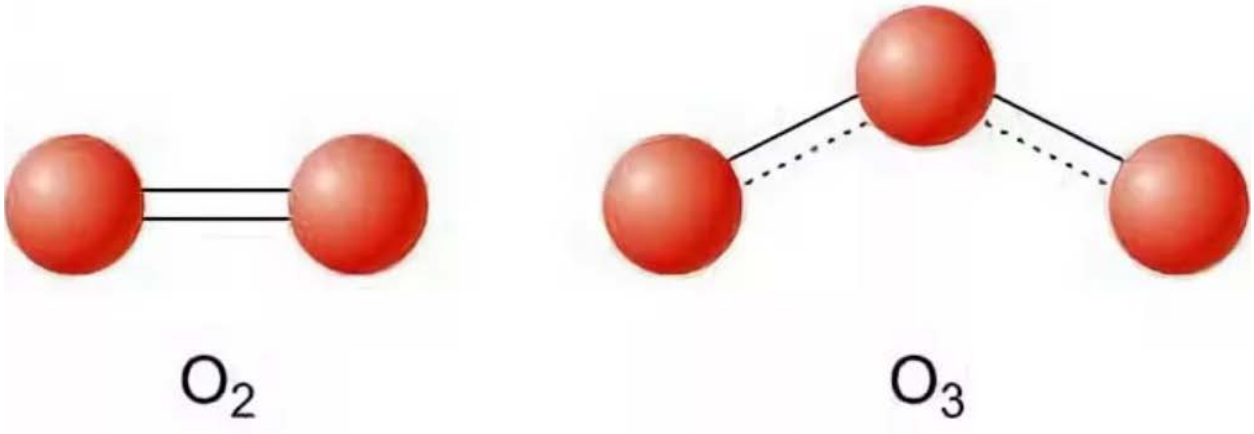


Рис. 1. **Аллотропные модификации кислорода**

Озон обладает уникальным антибактериальными свойствами, экологической чистотой, универсальностью, экономичностью, отсутствием необходимости складирования.

Озон является газом и тем самым окислителем и разрушает полимеры, резину, почти все виды металла.

Даже при небольших концентрациях озон оказывает губительное действие на микрофлору (рисунок 2).

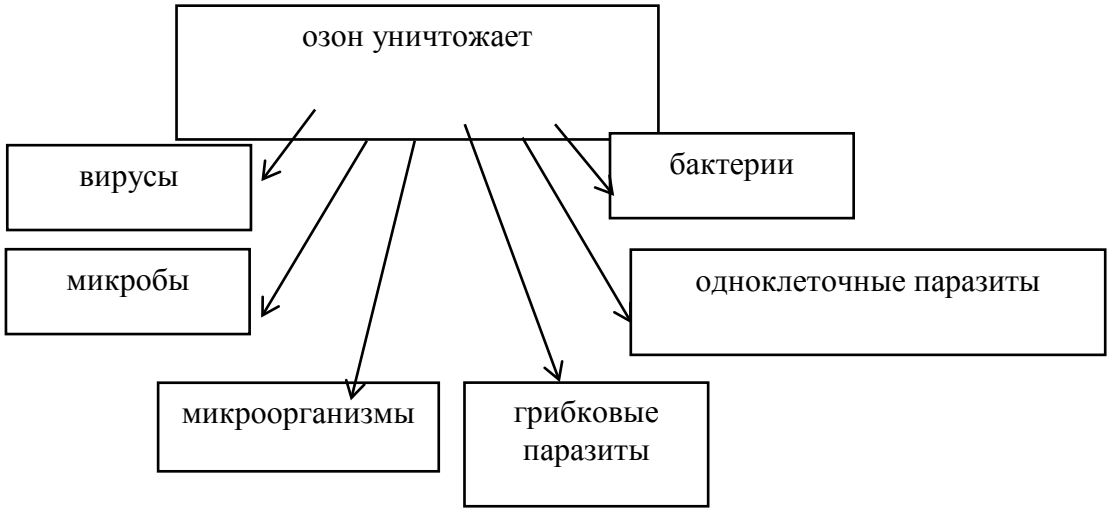


Рис. 2. **Микрофлора на которую озон оказывает губительное влияние**

Основными достоинствами его использования являются:

- высокий окислительный потенциал озона (уступает только фтору и нестабильным радикалам);
- возможность получать озон на месте потребления из кислорода воздуха, в связи с чем не требуется доставки никаких реагентов;
- простота и доступность получения озона в электрических аппаратах (озонаторах);
- безотходность производства и использования озона с точки зрения взаимопревращения;
- экономическая целесообразность применения озона по сравнению с другими

известными окислителями (в 2…5 раза ниже стоимости других окислителей);
- экологическая совместимость озона с окружающей средой [2].

На сегодняшний день основным источником борьбы с неприятным запахом является вентиляция [3], но этот источник борьбы очень финансово затратный в холодные периоды года.

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ совместно с Кучинской ГУППЗ Московской области были проведены производственные испытания режима и технологии применения озонообразующего облучателя в помещениях для выращивания цыплят на производственной площадке Кучинского ГУППЗ Московской области [4] (таблица 1).

Таблица 1

Производственные испытания озонообразующего облучателя.
Условия испытаний.

Показатели	***Ед. измер.***	***Группы птиц***		
		ПДК	***опытная***	***контрольная***
Температура	^{0}C	Мин.18	24,9	23,5
Относительная влажность	%	64	64,7	64,2
Аммиак	мг/м^3	20	12	23
Сероводород	мг/м^3		0	0
Углекислый газ	%	0,03	0,02	0,05
Озон	мг/м^3	0,1	0,03	–
Скорость движения воздуха	м/с	0,2-0,4	0,2	0,25
Количество микроорганизмов в воздухе	тыс.мк/м^3	240	272	1008
Ионный состав: легкие n +	ионов/см^3		556	465
n –	ионов/см^3		300	295
тяжелые N +	ионов/см^3		12500	72600
N –	ионов/см^3		2500	20500

Проанализировав результаты испытаний можно выделить два основных результата:

1 Действие на параметры микроклимата в птицеводческом помещении:

- количество аммиака в воздухе опытного помещения уменьшилось в 1,9 раза

- содержание углекислого газа уменьшилось в 2,5 раза

- концентрация легких ионов увеличилось незначительно, а тяжелых ионов снизилась в 6-8 раз.

2 Концентрация озона в воздухе не превышала значение ПДК.

Количество озона можно было увеличить в 3 раза с учётом ПДК озона на заданный объём, что уменьшило бы количество аммиака в воздухе, содержание углекислого газа и содержание тяжёлых ионов [5, 6].

После обработки полученных данных стало понятно, что эксперимент надо проводить повторно.

Библиографический список

1. Использование ЭМ-технологии птицеводстве [Электронный ресурс]: https://argo-tema.ru/article-7689.html

2. Абдурахманов А.А. Эффективность применения озона в птицеводстве. // Наука, новые технологии и инновации. 2013. № 5. С. 167-168.

3. Леонова С.В. Исследование систем вентиляции в птичниках Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2014. С. 75-82

4. Юферев Л.Ю. Энерго-ресурсосберегающие осветительные и облучательные системы и установки сельскохозяйственного назначения на основе резонансной системы электропитания. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Мичуринский государственный аграрный университет. Мичуринск-наукоград, 2015.

5. Юферев Л.Ю., Алферова Л.К. Светотехника в сельском хозяйстве. Москва, 2016. 35 с.

6. Алферова Л.К., Юферев Л.Ю., Баранов Д.А., Мантрова И.А. Исследование эффективности УФ облучателя-озонатора повышенной мощности. Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. 2010. Т. 3. С. 287-291.

УДК 635.07.004.12

КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

***Черкасова Эльмира Исламовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e.cherkasova@rgau-msha.ru*

***Голиницкий Павел Вячеславович**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, gpv@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Тезисы посвящены изучению проблем и исследованию методов, направленных на обеспечение качества и безопасности сырья и пищевой продукции, использование электромагнитного поля сверхвысокой частоты для обеззараживания зерна, активации его роста, а так же влияния на показатели качества.*

***Ключевые слова:** сырье; мицелиальные грибы; обсемененность; СВЧ-энергия; показатели качества.*

***Abstract.** The theses are devoted to the study of problems and research methods aimed at ensuring the quality and safety of raw materials and food products, the use of an ultrahigh-frequency electromagnetic field for grain disinfection, activation of its growth, and also impact on quality indicators.*

***Key words:** raw materials; filamentous fungi; contamination; Microwave energy; quality indicators.*

В настоящее время перед агропромышленным комплексом одной из приоритетных задач является повышение качества производимой продукции, так как качество является основой конкурентоспособности и успешной деятельности предприятия [1].

В системе мероприятий, направленных на получение качественных пищевых продуктов, подготовка сырья занимает важное место. Поэтому необходимо обеспечивать безопасность применяемого сырья и сохранять качество готового продукта в цепи производства-хранения-переработки-реализации [2].

Основой для производства продукции растительного происхождения служат зерновые культуры, которые поражаются микроорганизмами еще в процессе вегетации и созревания. При уборке, перевозке, хранении зерна микроорганизмы остаются, только их количественный и качественный состав постепенно изменяется.

Многолетними исследованиями доказано, что ведущую роль в ухудшении качества и порче зерна, даже при кратковременном его хранении, играют микроорганизмы, и в первую очередь мицелиальные грибы. Именно мицелиальные грибы, обладающие мощным ферментным аппаратом, приспособленные к условиям, возникающим в хранящейся зерновой массе, способствуют потере сухого вещества, ухудшению пищевых и технологических достоинств зерна при хранении. По этой причине зерновая партия может стать непригодной для производства пищевой продукции [3, 4].

В качестве сырья для производства круп применяются такие зерновые культуры, как рис, гречиха, кукуруза, овес, просо, которые как зерно ячменя поражаются микроорганизмами. Состав микрофлоры крупы определяется составом микрофлоры перерабатываемого зерна. Изменения микрофлоры крупы зависит от продолжительности и условий хранения. При хранении крупа подвергается таким же видам порчи, которые наблюдаются при хранении зерна. К тому же микробиологические процессы в крупе наступают быстрее и протекают интенсивнее, чем в зерне, так как крупа является более благоприятной и доступной средой для развития микроорганизмов. При выработке крупы обнажается эндосперм, богатый питательными веществами, что способствует активному развитию на зерне микроорганизмов.

Так на зерне овса влажностью 15 % плесени хранения начинают активно развиваться через 150 суток, а на ядре овса с той же влажностью – через 60 суток, на зерне проса через два месяца, на зерне пшеницы – через один месяц хранения в одинаковых условиях.

Обсемененность круп микроорганизмами составляет в среднем в рисе перловой, овсяной и кукурузной – десятки тысяч бактерий в 1 г; в ядрице, пшене – сотни тысяч, в ячневой – около миллиона бактерий (рисунок 1).

Рис. 1. **Влияние микрофлоры на качественные показатели растительного сырья**

Поскольку поступающее на зерноперерабатывающие заводы количество партий зерна, зараженного инфекцией, увеличивается, в связи с этим особую актуальность приобретают технологические мероприятия, направленные на снижение количества вредных микроорганизмов в пищевых производствах и сохранение качественных показателей зерна и продуктов его переработки.

Для обеззараживания зерна с целью снижения его обсемененности микроорганизмами, снижения потерь ценных веществ, улучшения качества применяют тепловые, звуковые, лучистые, электростатические, электронные, биологические, химические методы воздействия на зерно. Каждый из них имеет ряд преимуществ и недостатков. Применение химических веществ небезопасно для здоровья человека, поэтому необходим строгий санитарный контроль и нормы над продукцией переработки растительного сырья. Биологический метод – прогрессивный метод, однако, механизм влияния биологических средств недостаточно изучен и требует больших экономических затрат.

Среди современных методов обеззараживания зерна наиболее перспективным являются методы обработки в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (СВЧ).

Воздействие энергией СВЧ-поля способствует наряду с эффективным уничтожением на зерне патогенной микрофлоры различной этиологии, обеспечивать сохранность белкового комплекса, количества и качества крахмала в ячмене, а также улучшить весь комплекс физико-химических показателей, определяющих технологические достоинства круп, и, что самое главное, позволяет получить безопасную в экологическом отношении

продукцию [5, 6]. Результаты многолетних опытов и производственных испытаний однозначно подтвердили преимущества данного метода [7].

Таким образом, в настоящее время накопленный определенный объем экспериментальных научных данных, позволяет сделать вывод о том, что использование СВЧ-энергии не только влияет на показатели качества, но при условии направленного применения установленных в процессе исследований параметров, улучшить большинство из них [8].

Пищевая и перерабатывающая промышленность является одной из тех отраслей, где СВЧ-энергия находит широкое применение в самых разнообразных технологических процессах, реализация которых позволяет значительно интенсифицировать производство и снизить удельный расход энергии, получать продукцию высокого качества, стабилизировать выход готового продукта и увеличить его сроки хранения.

Библиографический список

1. Потороко И.Ю., Калинина И.В., Черкасова Э.И. Товароведение и экспертиза продовольственных товаров. Челябинск: 2008. 130 с.

2. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г. Управление качеством. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 180 с.

3. Львова Л.А. Проблемы экологической безопасности зерна // Хлебопродукты. 2004. № 5. С. 1-3.

4. Юсупова Г.Г., Кретова Ю.И., Черкасова Э.И. Проблемы экологической безопасности зернового продовольственного сырья и способы их решения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2005. № 9. С.16-17.

5. Способ производства солода из пивоваренного ячменя. Патент Российской Федерации на изобретение. №2283861 от 25.04.05.

6. Способ обработки многокомпонентных круп. Патент Российской Федерации на изобретение. №2292164 от 21.06.05.

7. Юсупова Г.Г. Микробиологический контроль производства пищевых продуктов из зерна. М.: Московская типография. № 2. 2010. 422 с.

8. Черкасова Э.И. Влияние термического обеззараживания на комплекс микроорганизмов и качество многокомпонентных смесей растительного происхождения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Красноярск, 2006.

УДК 628.132

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МОЛОКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ ФЕРМАХ

***Кравченко Владимир Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, k.v.n.72@mail.ru*

***Мазаев Юрий Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, k.v.n.72@mail.ru*

***Аннотация.** Вода является основой жизнедеятельности всех живых организмов. От её качества (приспособляемости к организму) при метоболических процессах зависит повышение иммунной системы, привес, продуктивность, заболеваемость животных.*

Для средней полосы России свойственна вода со значительным содержанием солей жесткости, вредных производственных примесей (свинец, ртуть, мышьяк, цинк и т.д.) повышенная бактериальная обсемененность.

Данные проблемы в животноводстве требуют значительных затрат при очистке воды до санитарно разрешенных норм и дезинфекции животноводческих помещений и оборудования. Раннее проведенными исследованиями установлено, что частота заболевания маститом до 40 % увеличивает затраты на лечение крупного рогатого скота.

***Ключевые слова:** Активированная вода, окислительно-востановительный потениал (ОВП), водородный показатель, промывка, в животноводстве, кислая, щелочная, среда, кормление, поение, дезинфекция.*

***Abstract.** One of the ways of improving the operation efficiency of farms and livestock breeding facilities may be the use of ionized water in animal husbandry to water and feed animals and poultry, as well as disinfect equipment, premises, and sites. The paper presents the results of theoretical and experimental studies of the activation of a variety of aqueous solutions and changes in their redox potential (RP) depending on the time. The authors offer a technique for obtaining ionized water.*

***Key words:** activated water, redox potential (RP), pH, flushing, breeding, acidic and alkaline environment, feeding, watering, disinfection.*

Санитарно-гигиеническое качество молока – комплексная проблема, которая включает понятие «Технология и культура производства». Это понятие определяется рядом факторов, но к наиболее значимому фактору относится санитарно – гигиеническое состояние доильного оборудования.

Обеспечить удовлетворительное санитарно – гигиеническое состояние молочного оборудования крайне затруднительно. Большое количество стыков между трубами молокопровода, удаленность молокоприемника от доильных аппаратов, резкие изгибы профиля молокопровода, резиновые соединения в трубах и многие другие факторы способствуют интенсивному образованию

трудноудаляемых липидопротеиновых загрязнений, абсорбционно-связанных с поверхность оборудования и приводящих к потерям структурных элементов молока (белка и жира) при производстве.

Так как общая площадь внутренней поверхности молокопроводящих путей установки АДМ, не считая охладительного танка, составляет около 20 $м^2$, загрязненность установки порядка 3,5 мил. КОЕ/1 $см^2$ способна очистить молоко разового удоя (в пределах 1,5 т) до уровня 500 тыс. КОЕ/1 мл. Дальнейшее хранение и транспортировка даже в охлажденном состоянии приведут к понижению кислотности молока в результате развития микрофлоры, так как его бактерицидная фаза составляет не более 3 часов. Затем начинается резкое увеличение количества бактерий. Сюда можно добавить, что бактерицидная фаза охлажденного молока, имеющего начальную обсемененность порядка нескольких тысяч КОЕ в 1 мл, составляет до 72часов.

Особую актуальность проблемы санитарного качества молока приобрела именно сейчас в связи с относительно высокой рентабельностью производства молочной продукции, для которой требуется молоко с высокими технологическими показателями (плотность, кислотность, бактериальная обсемененность, степень механической загрязненности, содержание соматических клеток, химический состав и т.д.) т.е. те, которые влияют на качество или количество получаемого продукта таблица 1.

Таблица 1

Классность молока при закупке перерабатывающими предприятиями

Показатель	**Класс молока**		
	высший	**стандарт**	**второй**
Кислотность*, Т	16-18	16-18	16-20
Микробиологическая обсемененность, тыс. КОЕ/мл	До 300	300-500	500-4000
Плотность, кг/м з	1028 и выше	1027 и выше	1027 и выше*
Термоустойчивость	Алкогольная проба 75 %-ного этилового спирта	Алкогольная проба 72 %-ного этилового спирта	Независимо от алкогольной пробы
Содержание соматических клеток, тыс. ед/мл	До 500	До 1000	До 1000
Механическая чистота, группа	1	1	1
Цена, руб/кг**	15,78	15,03	14,53

К сожалению, самыми популярными моющими средствами остаются кальцинированная сода и каустическая сода ввиду их дешевизны. Однако они не могут обеспечить удовлетворительного санитарно-гигиенического состояния доильно-молочной системы. Многие разработчики отечественных моющих средств, учитывая конъюнктуру рынка, пошли по пути снижения стоимости за

счет увеличения содержания самого дешевого компонента – кальцинированной соды, иногда до уровня 80-90 %. Однако сравнительные испытания показывают, что при содержании соды выше 50 % блокируется проявление очищающего эффекта. Такие средства уже нельзя назвать высокоэффективными, и их использование для санитарной обработки доильного оборудования и молочной посуды несовместимо с условием получения высококачественного молока.

Целью нашего исследования является создание такого способа, который обеспечивал бы получение и применение активированных водных препаратов для дезинфекции, достаточно дешевых, эффективных, простых и доступных, не наносящих вреда окружающей среде, не требующих заметных забот по защите осуществляющего дезинфекцию персонала и утилизации отходов.

Задачи нашего изобретения, как отмечено выше, состояла в разработке моще-дезинфицирующего средства исключающего технологические добавки, подогрев, значительные издержки при максимальной эффективности очистки.

В аналогах, проанализированных нами, не присутствует анализ влияния водородного показателя и востановительно-окислительного потенциала (отсутствующего в отраслевом стандарте, техническом регламенте и ГОСТе) на качество промывки, дезинфекции молочного оборудования и молока предлагаемым средством. Для решения поставленной задачи в качестве дезинфицирующего и очищающего средства используют анодную воду с температурой окружающей среды (без подогрева).

Активированную воду получили с помощью двухкамерных активаторов с разделением на фракции – католит (живая вода с отрицательным зарядом) и аналит (мертвая вода с положительным зарядом) [1].

Возможности активатора, позволяли проводить исследования по католиту с водородным показателем (pH) от 7 до 14, с окислительно-востановительным потенциалом (ОВП) – от о до – 1000 mV; по аналиту – от 0 до +1000 mV.

Католит в процессе исследований не использовали, т.к. он обладает более слабыми дезинфицирующими свойствами и активно применялся при поении животных, приготовлении кормов в качестве добавки с целью активации метаболических процессов у животных и птицы, повышении привеса и снижении заболеваемости.

В результате проведенных нами исследований в указанном выше диапазоне pH и ОВП с различной бактериальной обсемененностью установлено, что наиболее эффективными дезинфицирующими и очищающими свойствами аналит обладает при pH от 2,0 до 5,0 и ОВП – от + 500 до + 900 mV.

Известно, что воду для поения животных, приготовления кормов, промывки оборудования и т.д. получают на фермах и комплексах с использованием руслового, берегового водозабора, скважин, центрального водоснабжения и т.д. [2]. Нами были проведены исследования и проанализированы основные показатели воды с учетом активации.

Результаты микробиологического анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытаний в сравнении с известными способами

Способ обработки молока	Общая бактериальная обсемененность	Количество колонний
1. Чистой водой *	Сплошной рост	Staphyloccus aureus – $1{,}3x10^2$ КОЕ/ мл Escherichiacoli – $7{,}5x10^2$ КОЕ/ мл
2. Водой с моюще-дезинфецирующим средством** (МСК-Щ и МСК-К) Т= 60…70°С, t=10…15 мин	Отсутствие роста	В среднем 25 тыс. КОЕ/ 1 $см^2$
3. Водой полученной по заявленному способу (кислая среда)	Отсутствие роста	До 10 тыс. КОЕ/ 1 $см^2$

*Г.В. Радионов, С.Л. Белопухов и др., патент RU №2531914 С1, от 27.10.2014г.

**Г.П. Дегтерев, А.М. Рекин «Качество молока в зависимости от санитарного состояния доильного оборудования», молочная промышленность, 2000, №5, стр 23 [3].

В процессе микробиологических исследований определялось количество микроорганизмов кишечной палочки (БГКП) в колониеобразующих единицах (КОЕ/мл), микробное число (ОМИ), наличие клостридий (лат. *clostridium*), что соответствует микробиологической оценки воды согласно САН.ПИНу. В данных исследованиях использовали дифференциально-диагностические среды, «ЭНДО» для определения числа микроорганизмов группы кишечной палочки; «Вильсона Блела» для определения колониеобразующих единиц сульфитредуцирующих клостридий в водной среде; «Мясо-пептонный агар» для определения числа колониеобразующих единиц аммонификаторов в водном образце [4].

В качестве примера представлены испытания активированной и исходной воды Коломенского р-на Московской области рисунок 1.

а) pH водородный показатель **б) ОВП**

Рис. 1. **Основные показатели водных растворов до и после активации**

Технический результат

1. В отличие от аналогов предлагаемый способ дезинфекции молочного оборудования имеет безотходную технологию (активное использование каталита и аналита) [5].

2. Способ экономически чистый (не использует добавок) [6].

3. Технологией не предусматривается подогрев активированной воды при прополаскивании, промывке и дезинфекции молочного оборудования.

4. Наиболее эффективными дезинфицирующими очищающими свойствами аналит обладает при pH от 2,0 до 5,0 и ОВП от + 500 до + 900 mV.

5. Активированная вода (аналит) снижает жесткость, что способствует повышению моющей способности [7]. При этом использование аналита для полоскания и промывки молокопроводов приводит к отсутствию общего количества колиформных бактерий, микробного числа, термотолерантные бактерий, клостридий.

Проведенные нами исследования получены с учетом реальных условий животноводческих комплексов. А результаты могут быть использованы при кормлении, поении животных и дезинфекции оборудования и помещений, что безусловно повлияет на качество молока.

Библиографический список

1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, ионизатора Ива-2. ООО Научно-производственная фирма «ИНКОМК». URL: www.inkomk.ru.

2. Галиев Б.Х., Ширина Н.М, Рахимжанова И.А. и др. Патент «Минерально-жировая кормовая добавка для крупного рогатого скота» RU 2500174 C1 // Оренбург, 2013. 3 с.

3. Дегтерев Г.П., Рекин А.М. Качество молока в зависимости от санитарного состояния доильного оборудования // Молочная промышленность. 2000. № 5 С. 23.

4. Мазаев Ю.В., Кравченко В.Н. Применение электроактивированной воды в животноводстве // Общественная научная организация Наука и хозяйство. 2015. № 4 (9). С. 17-20.

5. Мазаев Ю.В., Кравченко В.Н. Основные направления применения активированной воды в животноводстве // Научно-Образовательное Содружество. «Evolutio. Технические и прикладные науки». 2016. № 1. С. 43-45.

6. [Li Y. Protective mechanism of reduced water against alloxan-induced pancreatic 1-cell damage: Scavenging effect against reactive oxygen species / Y. Li, T. Nishimura, K. Teruya et al. // Cytotechnology, 2002. 40. P.139-149].

7. Куртов В.Д. Об удивительных свойствах электроактивированной воды – К: УИКТ, 2011. 236 с.

УДК 628.132

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОЙ И ЩЕЛОЧНОЙ ВОДЫ ПОСЛЕ АКТИВАЦИИ

***Мазаев Юрий Васильевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, k.v.n.72@mail.ru*

***Кравченко Владимир Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, k.v.n.72@mail.ru*

***Аннотация.** Отсутствие разницы в окислительно-востановительном потенциале (ОВП) питьевой воды и живого организма стимулирует биохимические процессы происходящие в нем, активирует привес животных, снижает риск заболеваний, что позволит человечеству разрабатывать и применять новые технологии в животноводстве*

***Ключевые слова:** Активированная вода, окислительно-востановительный потениал (ОВП), водородный показатель, промывка, в животноводстве, кислая, щелочная, среда, дезинфекция.*

***Abstract.** The lack of difference in oxidation-reduction potential (ORP) of drinking water and living organism stimulates biochemical processes occurring in it, activates the weight gain of animals, reduces the risk of diseases that will allow humanity to develop and apply new technologies in farming*

***Key words:** activated water, redox potential (RP), pH, flushing, breeding, acidic and alkaline environment, disinfection.*

Основой всех биохимических процессов протекающих в организме является вода. В воде обитает огромное количество микроорганизмов животного и растительного происхождения. Это объясняется физическими и химическими свойствами воды.

С давних времен и по настоящее время разрабатывалось два направления активации воды – ионизация её на живую, мертвую и серебрение.

Активация перечисленных жидкостей проводили в электроактиваторах с постоянным током. Были получены следующие результаты:

В катодной камере вода обогащается высокоактивными восстановителями, что приводит к образованию нерастворимых гидроксидов металлов, которые выпадают в осадок.

Гидроксиды легких металлов (Na, K) не выпадают в осадок и остаются в растворенном виде – 100%.

В анодной камере вода насыщается высокоэффективными окислителями. Из всех процессов разрушения органических веществ в воде наиболее мощным является электролитическое окисление у анода. Образующиеся в процессе электролиза, а растворенные в воде газы улетучиваются в приэлектронной зоне.

Проведенные нами исследования показали, что исходный водородный

показатель различных водных растворов (вода из скважины, пруда, централизованного водоснабжения, бутылированная, колодезная и т.д.) находится в пределах pH от 6,3 до 8,1 а редокс-потенциал в пределах от +160 до +280 мВт, солевой состав от 73 до 408 мг/л а проводимость от 160 до 903 мS/см.

В результате ранее проведенных нами исследований [1, 2] были получены основные показатели активированной воды с различными исходными данными: – колодезная, прудовая, водопроводная, скважинная вода; – ОВП и Рн при различных режимах, дезинфицирующая способность.

Целью данных исследований являлось получение и анализ результатов активированной воды (католита и аналита) в процессе её разбавления (долива).

По нашему мнению, в случае получения положительных результатов, изложенных ниже, данная методика позволит снизить объемы приготовления активированной воды, себестоимость её производства и расширить область применения в животноводстве.

Предварительно, перед активацией с каждой жидкости снимались исходные данные, которые находились в следующих пределах – ОВП от +120 до +496 mV; водородный показатель Рн от 7,5 до 8,27; Солевой баланс измерялся от 175 до 450 мг/л; Электропроводность измерялась от 340 до 850 µS/см.

Активацию опытных образцов воды на критических режимах проводили с целью получения максимальных показателей ОВП и Рн (концентрат) с учетом дальнейшего трехкратного разбавления.

Результаты активации опытных образцов воды представлен в таблице 1.

Таблица 1

Основные показатели до и после активации опытных образцов воды

Наименование воды	Исходные показатели (до активации)				После активации							
	ОВП	Рн	ТДС солевой баланс	Дист электро-проводность	ОВП		Рн		ТДС, солевой баланс		Дист, элктропроводность	
					Католит	Анолит	Католит	Анолит	Католит	Анолит	Католит	Анолит
Вода ТСХА	223	7,8	182	387	-839	885	11,03	4,58	145	453	268	884
Водопроводная вода	452	8,03	175	345	-140	940	11,15	4,8	145	470	268	884

Из таблицы следует, что в среднем по всем образцам

– каталита происходит снижение ОВП 4, 5 раза, водородный показатель Рн увеличивается в 1,4 раза, солевой баланс и электропроводность снижается в 1,5 раза;

– у аналита ОВП увеличивается в 4,2 раза, водородный показатель Рн в 1,7 раза снижается, солевой баланс увеличивается в 2,55 раза а электропроводность в 2,3 раза.

Методикой исследований предусматривалась активация различных источников воды на серийных активаторах – вода из ТСХА им. К.А. Тимирязев, центрального городского водоснабжения, дополнительно очищенная фильтрами БИО.

В процессе исследований указанные жидкости проходили активацию на критических режимах, а анализ проводили по следующим показателям: - окислительно-востановительному потенциалу (ОВП), солевому балансу, водородному показателю (Рн) и электропроводности на базе серийных активаторов [3].

Все перечисленные образцы подвергались троекратному разбавлению неактивированной водой по 50 мл. при начальном объеме в 300 мл. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2

Анализ основных показателей активированных растворов с учетом разбавления

Наименование воды	Каталит. Максимальное изменение				Анолит. Максимальное изменение			
	ОВП	Рн	ТДС	Дист	ОВП	Рн	ТДС	Дист
	%	%	%	%	%	%	%	%
Вода ТСХА	-944	-2,73	-6	17	4,8	0,44	-203	-384
	110	24,7	4,1	6,3	5,4	9,6	44,8	43,4
Водопроводная вода	-210	-0,95	1	2	18	0,37	-195	-355
	150	8,5	0,8	0,8	1,9	7,7	41,5	40
Очищенная БИО	-760	-0,7	-3	7	10	1,2	-116	-355
	84,4	7,9	2,3	0,28	1	26	24	41,5

Из таблицы видно, что по всем образцам водных растворов наблюдается:

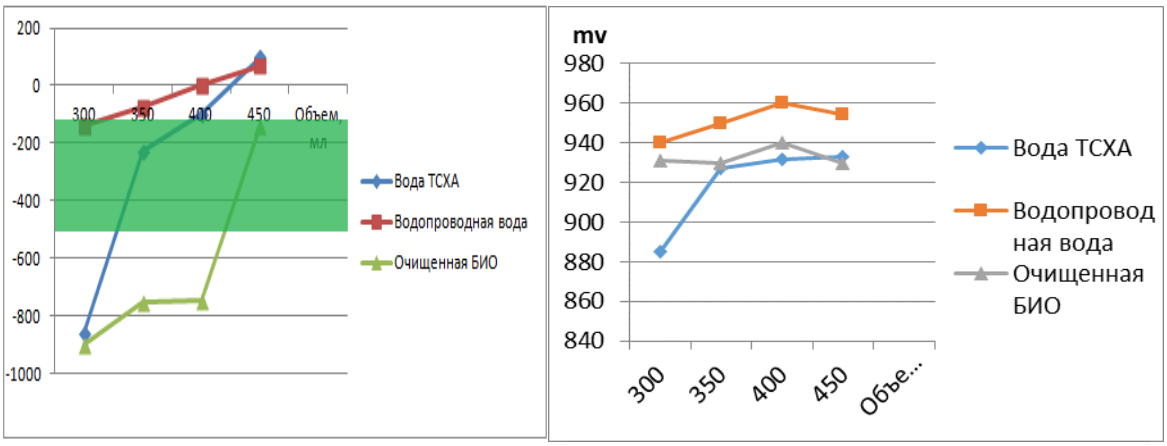
- по католиту резкое снижение ОВП – от 85 до 150 %, незначительное снижение водородного показателя Рн – от 8 до 25% и соляного баланса – от 0,8 до 4,1% электропроводность возросла незначительно – от 0,28 до 6,3%;

- по аналиту незначительное увеличение ОВП – от 1 до 5,4% и водородного показателя – от 8 до 26%, резкое снижение солевого баланса от 24 до 45% и электропроводности – от 42 до 44 %.

Из этого следует, что при активации водных растворов происходит резкое изменение окислительно-востановительного потенциала в католите, а так же солевого баланса и электропроводности в аналите [4]. Водородный показатель в обеих средах изменяется незначительно.

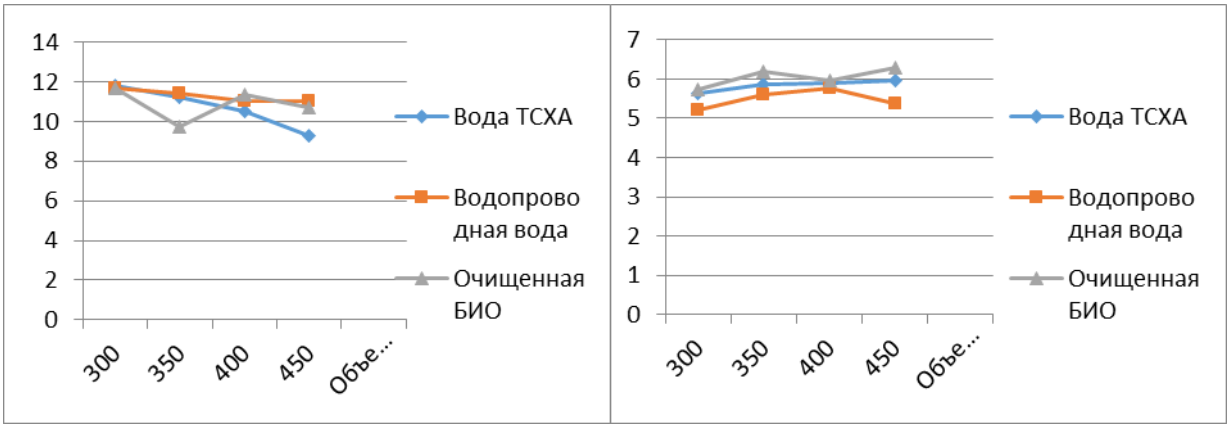
Анализ проведенных нами и другими исследованиями показал, что активированный аналит при поении животных целесообразно использовать с ОВП в пределах от – 70 до -500 mV при водородном показателе от 2,0 до 6,0

В соответствии с результатами проведенных исследований на рисунке 1 показана динамика основных показателей активированной воды методом разбавления.



а) Католит **б)** Аналит

1.1 Окислительно-востановительный потенциал (ОВП)



а) Католит **б)** Аналит

1.2 Водородный показатель (P_H)

Рис. 1. **Динамика основных показателей активированной воды методом разбавления**

С учетом приведенных выше по каталиту показателей ОВП (см. рис. 1а) предъявленным требованиям с учетом разбавления концентрата, вода ТСХА находится в пределах от 10 до 40%, водопроводная вода – до 17%, очищенная фильтрами вода БИО – от 50%.

Зная положительные и отрицательные стороны активированной воды можно целенаправленно применять ее в животноводстве и птицеводстве.

Например, можно применять активированную воду для дезинфекции помещений свинарников, скотников, птичников [5].

Полезно обмывать вымя коров анолитом, чтобы не было заболевания, не

трескались соски. Есть опыт ликвидации поносов у свиней и коров поением из анолитом.

Поение цыплят католитом от рождения до месячного возраста привело к снижению падежа более чем на треть. Промывка молокопроводов доильных установок анолитом резко снижает ее себестоимость.

Приготовление кукурузного силоса с анолитом из 1% раствора соли в воде повышает его до 1 класса, дольше хранится, животные охотнее его едят.

Выводы

1. Окислительно-востановительный потенциал внутренней среды организма находится в пределах от -70 до - 250 mV;
2. Водопроводная вода и вода из открытых источников находится в пределах от + 100 до + 400 mV;
3. Аналит обладает дезинфецирующей способностью и полностью уничтожает бактериальную обсемененность при водородном показателе Рн от 2 до 4;
4. Активация воды на каталите в среднем снижает ОВП в 4,5 раза, а на аналите повышает в 4,5 раза;
5. Объем троекратного разбавления на данных водных средах активированного концентрата в пределах от 10 до 50% от первоначального.

Библиографический список

1. Мазаев Ю.В., Кравченко В.Н. Исследование активированной воды для применения в животноводстве. Научное содружество «Сиентия». Ежемесячный научный журнал, SCIENTIA. Химия. Биология. Медицина». 2016. № 1. С. 28-31.
2. Мазаев Ю.В., Кравченко В.Н., Челышев А.В. Пути повышения эффективного использования активированной воды в животноводстве. Вестник ВНИИЖ. 2017. № 2 (26). С. 215-219.
3. Куртов В.Д. Об удивительных свойствах электроактивированной воды – К: УИКТ, 2011. 236 с.
4. Ташполотов Ы. Акматов Б. Ж. Очистка электрофизической ионизацией подаваемой населению города Ош воды из ВОС с. Озгур//Научно-технический журнал Кыргызско-Узбекского ун-та. Наука.Образование. Техника. 2010. № 2. С. 12-15.
5. Дорофеев В.И., Ворошилова Л.И. Применение электроактивированной кислой воды для дезинфекции животноводческих помещений и других объектов животноводства: Рекомендации // Вестник ветеринарии. –Ставрополь. 2007. № 5 (3/97). С. 97-103.

УДК 637.116.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРИ ДОЕНИИ КОРОВ

***Филонов Роман Федорович**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, filofr@yandex.ru*

***Рузин Семен Сергеевич**, лаборант отдела автоматизации и механизации процессов животноводства, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, ruzin.s.s@yandex.ru*

***Аннотация.** Приведена методика испытаний сосковой резины разной конфигурации с учетом интенсивности и режимов доения, механических свойств резины, которая позволяет определить воздействие сосковой резины на сосок вымени.*

***Ключевые слова:** Сосковая резина, здоровье вымени, механическое воздействие, вакуум, доение.*

***Abstract.** The technique tests for the liners of a different configuration with the consideration the intensity and modes of milking, and mechanical properties of liners, which allows to determine the impact of the liners on the teat-end of the udder.*

***Keywords:** Liners, udder health, mechanical impact, vacuum, milking.*

Особенности комплектации доильных аппаратов определяют как режимы работы систем, в том числе интенсивность и силовое воздействие пульсирующего режима, так и возможности взаимодействия машины в зоне рецепторного воздействия. При этом воздействие на соски вымени животных в большей степени определяется именно воздействием сосковой. Параметры сосковой резины должны обеспечивать с одной стороны эффективное молоковыведение, без задержек на максимальной интенсивности молокоотдачи, с другой обеспечить оптимизацию силового воздействия на ткани. Исследования воздействий сосковой резины различной конфигурации и вариантов использования материалов изготовления резиновой части проводились на стенде искусственное вымя с использованием трех различных типов сосковой резины при различной интенсивности молокоотдачи и с изменением вакуумного режима доения (номинальный, щадящий).

Технология производства резиновой части для доения позволяет изготавливать различные по конфигурации элементы. Изготовление пресс-форм, отличных от круглого сечения, сопряжено с дополнительными затратами производства. Эффект от использования таких вариантов, в сравнении с классическими, достоверно не исследован. Определение показателей силового характера и интенсивности воздействия при формировании сжатия на соски вымени определялось с учетом различных вариантов сосковой резины (рисунок 1) и в сопоставлении с теоретическими расчетами нагрузочных характеристик [1]:

$$F_{\text{с}} = P_{\text{в}} \varphi S_{\text{к}},$$

где $P_в$ – вакуумметрическое давление подведенное к доильному стакану, Па; φ – степень эластичности резины в зависимости от времени и воздействия внешних факторов; $S_к$ – площадь контакта в зоне смыкания сосковой резины, м^2.

Изыскания воздействия при использовании различных конфигураций сосковой резины проводилось на установке «Искусственное вымя» с применением испытательного комплекса смонтированного на базе многофакторного по функциональным параметрам контролирующего прибора «*Pulso Test Syncro*», который, в нашем случае, определял вакуум воздействия, распределение периодов и скорость наполнения межстенной и подсосковой камер [2]. Осциллограммы и параметры испытаний в трехкратной повторности обрабатывались с помощью ЭВМ.

Рис. 1. **Сосковая резина доильных аппаратов в сравнительном анализе:**
1 –клеверовидный тип с тремя ребрами жесткости; *2* – классическое сечение;
3 – треугольное сечение с жиклером

При эмпирических исследованиях фиксировался различный уровень молокоотдачи от 0,3 до 3 л/мин и два уровня вакуума, щадящего режима – 33 кПа, номинального воздействия – 48 кПа. Результаты распределения фазовых действий и вакуумные характеристик для различных типов сосковой резины представлены в графическом виде (рисунок 2). Использование аппарата попарного доения определяло снятие характеристик с двух каналов межстенных камер. На гистограммах отражены смоделированные характеристики от начал доения до максимального значения молокоотдачи, фиксировались переходные фазы *A*, *C* (сосание-сжатие, сжатие-сосание) [3].

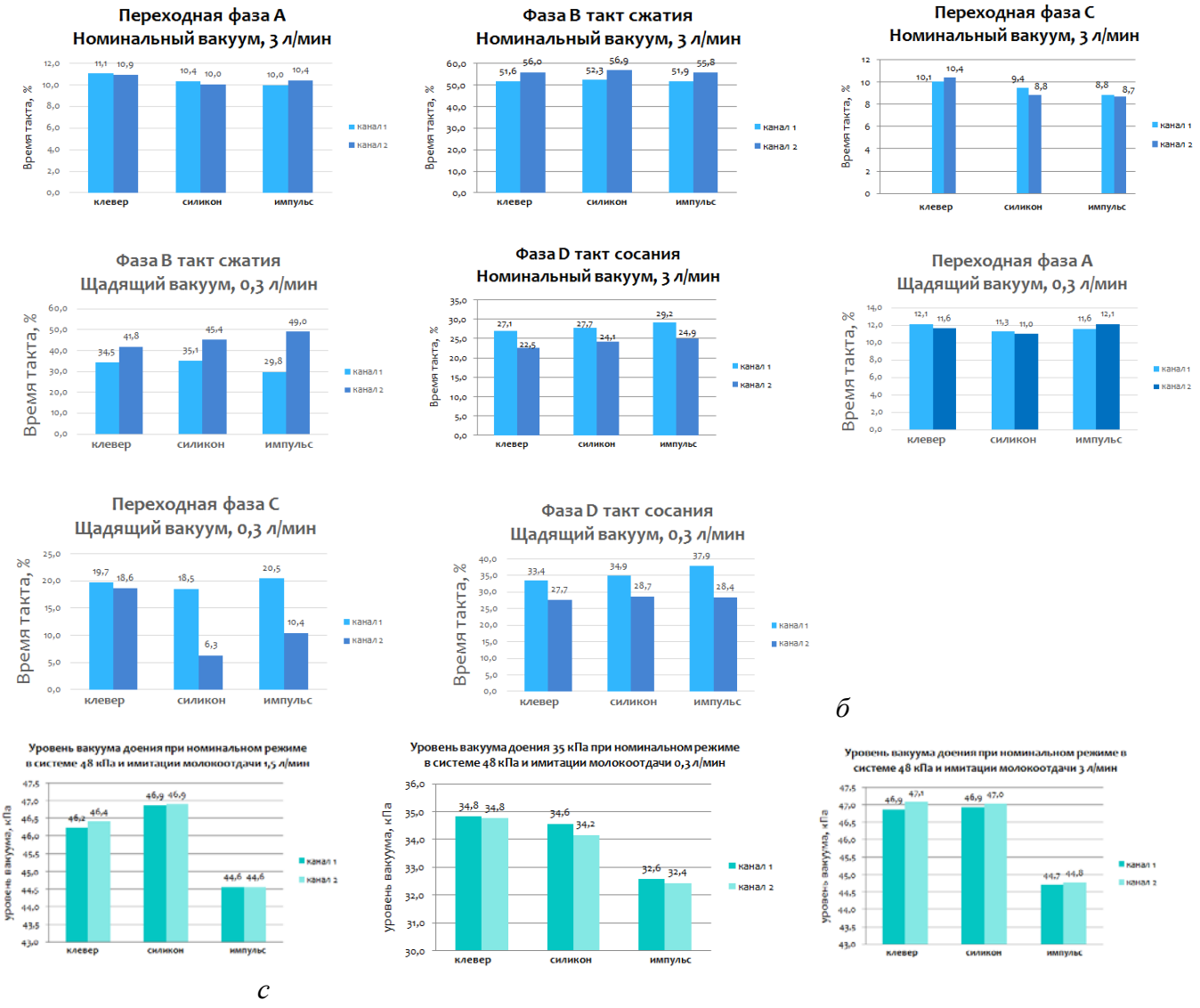


Рис. 2. **Воздействие режимов на сосковую резину различной конфигурации:**
а – гистограммы периодов при номинальном вакууме – 48 кПа; *б* – гистограммы периодов при щадящем вакууме – 33 кПа; *с* – воздействие вакуумного режима различных имитационных параметров молокоотдачи

Характер воздействия моющей жидкости на формирование эффекта очистки внутренней части сосковой резины, также определяется параметрами (конфигурацией) сосковой резины [4]. При одинаковых режимах вакуумного воздействия уменьшение площади контакта с коллекторными промывочными насадками улучшает степень очистки доильных стаканов. Значительная интенсификация режима промывки наблюдалась при испытании доильных стаканах с жиклерным устройством, что объясняется скоростью перемещения моющего раствора. Клеверовидное сечение способствует ускорению промывки, но значительного эффекта при этом не получено.

Анализируя фазовые распределения при номинальном вакууме можно сделать вывод о стабильном снижении сжимающего воздействия за счет уменьшения времени сжатия, при этом переходные фазы были увеличены

вследствие увеличения ребер жесткости клеверовидной конфигурации. Щадящий режим в значительно меньшей степени исследовался на распределение фазовых нагрузок, так как само вакуумное воздействие составляло $^{2}/_{3}$ от номинального, но и в этом режиме наблюдалось снижение сжимающего воздействия. Данные исследования при соответствующем режиме показывают более стабильные результаты в каналах межстенных камер доильных стаканов попарного воздействия на клеверовидной резине, так как условия работы пульсатора были неизменными, полагаем на стабилизацию оказывает влияние и форма с/р (сосковой резины).

Уровень вакуума доения при различных режимах молокоотдачи, важнейший показатель процесса, обеспечивающий молокоотдачу, стимуляцию и эвакуацию молока. Данные сравнительных исследований на сопоставимых по стоимости изготовления с/р свидетельствуют, что и клеверовидное и круглое сечение силиконового исполнения имеют достаточно ровные значения, преимущество «силикона» определялось лишь при имитации молокоотдачи – 1,5 л/м. Треугольное сечение с/р с жиклером расположенным в манжетной части (резина типа «импульс») обеспечивает эффективную эвакуацию молока, но значительно снижает вакуумную нагрузку более 5% от сравниваемых вариантов.

Роботизированные системы доения, используют, как правило, силиконовую сосковую резину в стаканах укороченного типа. Силовые характеристики воздействия вакуума в таких стаканах, вследствие изменения длинны нагруженной части, меняются [5]. Учитывая адаптивность клеверовидного сечения для стаканов классического типа, является актуальной подготовка пресс-форм, сечения клевер, с размерными характеристиками под стаканы доильных роботов.

Выводы

1. Комплектование резиной доильных аппаратов без учета силового воздействия на рецепторные зоны вымени приводит к травмоопасным эффектам.
2. Функциональность сосковой резины определяется ее конфигурацией при сжимающем воздействии, наиболее адаптивное воздействие выявлено при работе клеверовидной формы сосковой резины.
3. Уровень вакуума, жесткость резины, особенность сечения и толщина стенки будут иметь значительное влияние на силу и характер воздействия на сосок при такте сжатия.

Библиографический список

1. Кирсанов В.В., Мурусидзе Д.Н., Некрашевич В.Ф., Шевцов В.В., Филонов Р.Ф. Механизация и технология животноводства. – М.: ИНФРА-М, 2016. 585 с.
2. Трухачев В.И., Капустин И.В., Будков В.И., Грицай Д.И. Технологическое и техническое обеспечение процессов машинного доения коров, обработки и переработки молока. – СПб.: Лань. 2013. 304 с.

3. Ведищев С.М. Механизация доения коров: Учебное пособие / Единое окно доступа к образовательным ресурсам // window.edu.ru/library/pdf2txt/563/38563/16341/page2. (дата обращения: 26.02.2018).
4. Кирсанов В.В., Филонов Р.Ф., Кожевникова Н.Г., Рузин С.С. Патент № 2636332 «Стенд для промывки доильных стаканов», Б.И. № 33. 2017.
5. Кормановский Л.П., Цой Ю.А., Никитин Е.А., Рузин С.С. Приоритетные направления роботизации процессов на молочных фермах // Техника и оборудование для села. 2017. № 12. С. 24-27.

МОБИЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В АПК

УДК 621.436.001.01

ПЕРСПЕКТИВЫ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКОМ МЕТАНА

Дидманидзе Отари Назирович, *доктор технических наук, член-корр. РАН, профессор кафедры автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, didmanidze@rgau-msha.ru*
Булеков Никита Олегович, *инженер кафедры автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, didmanidze@rgau-msha.ru*
Хакимов Рамиль Тагирович, *кандидат технических наук, доцент кафедры автомобили, тракторы и технический сервис, ФГБОУ ВО СПбГАУ, didmanidze@rgau-msha.ru*

Аннотация. *Представлен обзор работ и общее описание поставленных задач для достижения эффективности работы газового двигателя с непосредственным впрыском природного газа (метана) и как альтернативный вариант впрыска нефтяного попутного газа (пропана). Также рассмотрен вопрос использования модернизированной системы управления газовым двигателем с принципиально новым подходом регулирования газовоздушной смеси на впуске, при этом представлены несколько вариантов ГБО с непосредственным впрыском газа в камеру сгорания и краткое описания алгоритма работы газового двигателя с целью улучшение эксплуатационных показателей АТС. Представлены результаты экспериментального исследования рабочего процесса газового двигателя с учетом изменения угла опережения зажигания на период воспламенения и определения параметров максимального давления цикла, скорости нарастания давления и характеристики тепловыделения, при обработке данных построены интегральные характеристики, параметры рабочего цикла и динамика тепловыделения двигателя.*

Ключевые слова: *Газовый двигатель, тепловыделение, модернизированная электронная система управления, непосредственный впрыск метана.*

Abstract. *The review of works and the General description of objectives for achievement of efficiency of work of the gas engine with direct injection of natural gas (methane) and as alternative option of injection of oil associated gas (propane) is presented. Also, the question of using an upgraded gas engine control system with a fundamentally new approach to regulating the gas-air mixture at the inlet is considered, while several variants of HBO with direct gas injection into the combustion chamber are presented and a brief description of the gas engine operation algorithm in order to improve the performance of the PBX. The results of an experimental study of the working process of a gas engine taking into account the change in the ignition advance angle for the ignition period and determining the parameters of the maximum cycle pressure, the pressure rise rate and the heat release characteristics are presented.integral characteristics, the parameters of the working cycle and the dynamics of the engine heat release are constructed during data processing.*

Keywords*: Gas engine, heat generation, upgraded electronic control system, direct injection of methane.*

Согласно государственной программы Российской Федерации «Внедрение газомоторной техники с разделением на отдельные подпрограммы по автомобильному, железнодорожному, морскому, речному, авиационному транспорту и технике специального назначения» на период до 2020 г. [1], предусматривает приоритетное развитие и внедрение в отечественную отрасль автомобильного транспорта новых высокоэффективных, экологически чистых технологий сжигания газового топлива (компримированного природного газа).

Использование природного газа в качестве моторного в ДВС изучались крупными учеными и инженерами ведующих ВУЗов, НИИ и производственных предприятий: МАДГТУ (МАДИ), МГТУ им Н.Э. Баумана, ФГУП «НАМИ», МГТУ «МАМИ», РГАУ (МСХА) им. Тимирязева, СПбПУ Петра Великого, СПбГАСУ, СПбГАУ, АГАУ, ВГСХА, СПб ЦНИДИ и т.д.; ПАО «КАМАЗ», Группа ГАЗ (ЯМЗ «Автодизель», УРАЛ, ЯЗДА), ОАО МТЗ, ОАО МАЗ, СПб ПАО «Звезда», НПО «ГЕЛИЙМАШ» и т.д.

Ведутся научные работы по созданию новых конструктивных решений газобаллонного оборудования (ГБО) следующими компаниями и институтами:

Голландская компания Vialle выпустила ГБО 6-го поклонения LPdi использует технологию непосредственного впрыска СНГ в КС (проект Direct4 Gas);

Немецкая компания Robert Bosch GmbH и партнеры проекта DaimlerAG и Штутгартский научно-исследовательский институт автомобильной техники и двигателей (FKFS). Ведут разработки подачи (СНГ или СПГ) непосредственно в КС;

Авторами Seang-Wock Lee prof. Kookmin University и Doo-Sung Baik prof. Daejin University (Южная Корея) предложен конструктивный вариант электромагнитной форсунки для подачи СНГ в КС [2].

Использование природного газа в транспортных двигателях в качестве

моторного является актуальным и перспективным предложением по некоторым бесспорно весомым преимуществам, одни из которых являются:

1. Низкие показатели вредных веществ в ОГ ДВС;
2. Низкая стоимость природного газа в сравнении с нефтяными (2-3 раза);
3. Продолжительный ресурс работы ДВС;
4. Высокое октановое число (110-119);
5. Меньшие издержки при эксплуатации и обслуживании оборудования, чем при использовании жидких углеводородов;
6. Использование КБ на АТС приводит к дополнительному энергосбережению за счет использования низкопотенциального тепла СПГ;
7. Использование метана приводит к снижению парникового эффекта и восстановлению озоновых дыр
8. Большие запасы месторождений природного газа в России, по прогнозным оценкам хватит на 200 лет.

При всех вышеуказанных преимуществах у природного газа как газомоторного топлива есть и недостатки, некоторые их них:

1. Большое количество газовых баллонов на борту автомобиля и трактора;
2. Высокое давление в баллонах с природным газом – 20 МПа;
3. Падение мощности автомобиля (до 20% в зависимости от конструкции);
4. Отсутствие АГНКС для заправки метаном автотракторной техники.
5. Природный газ в 3-4 раза меньше оказывает вредное воздействие на окружающую среду соответственно решает множество проблем в вопросе загрязнения экосистемы крупных мегаполисов, городов и населенных пунктов РФ [3].
6. Как показано на рисунке токсичность вредных компонентов в отработавших газах существенно ниже по сравнению двигателями с традиционными видами топлив (бензина и дизеля) [4].

Материал:
металлокомпозит
срок службы
15 лет

Баллоны, в которых хранится метан, обладают следующими требованиями:
– Рраб = 20 МПа
– Рнап = 26 МПа
– Рраз = не менее 48 МПа

Рис. 1. **Газовые баллоны для сжатого метана и их установка на автотракторной платформе**

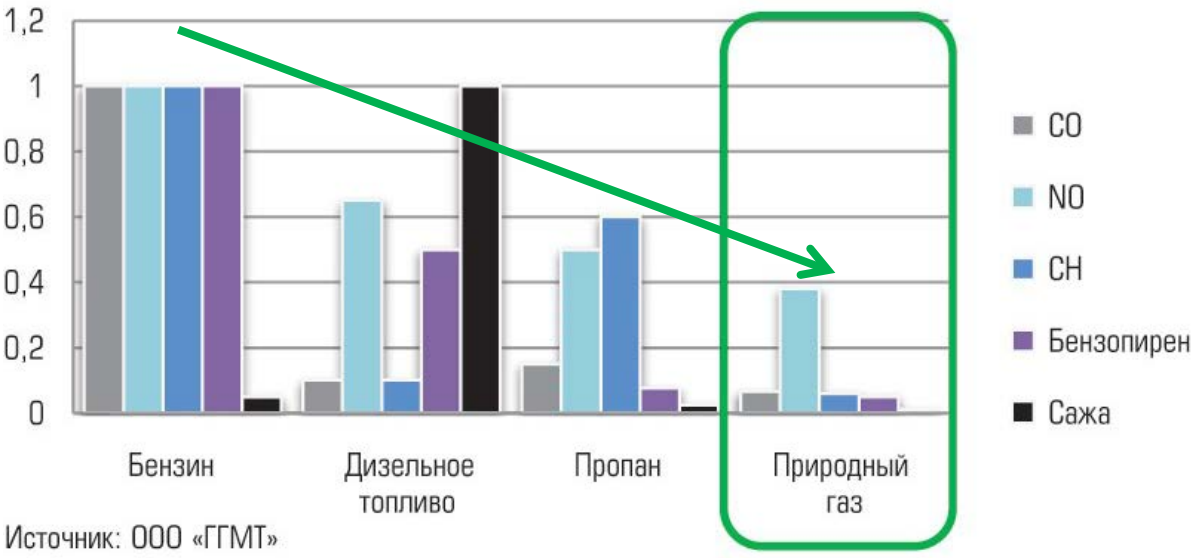


Рис. 2. **Относительное содержание токсичных компонентов в отработавших газах газового двигателя**

В России на данный момент существует два автопроизводителя газовых двигателей таких, как КамАЗ и УРАЛ с семейством двигателей КамАЗ-820 и ЯМЗ-530 CNG.

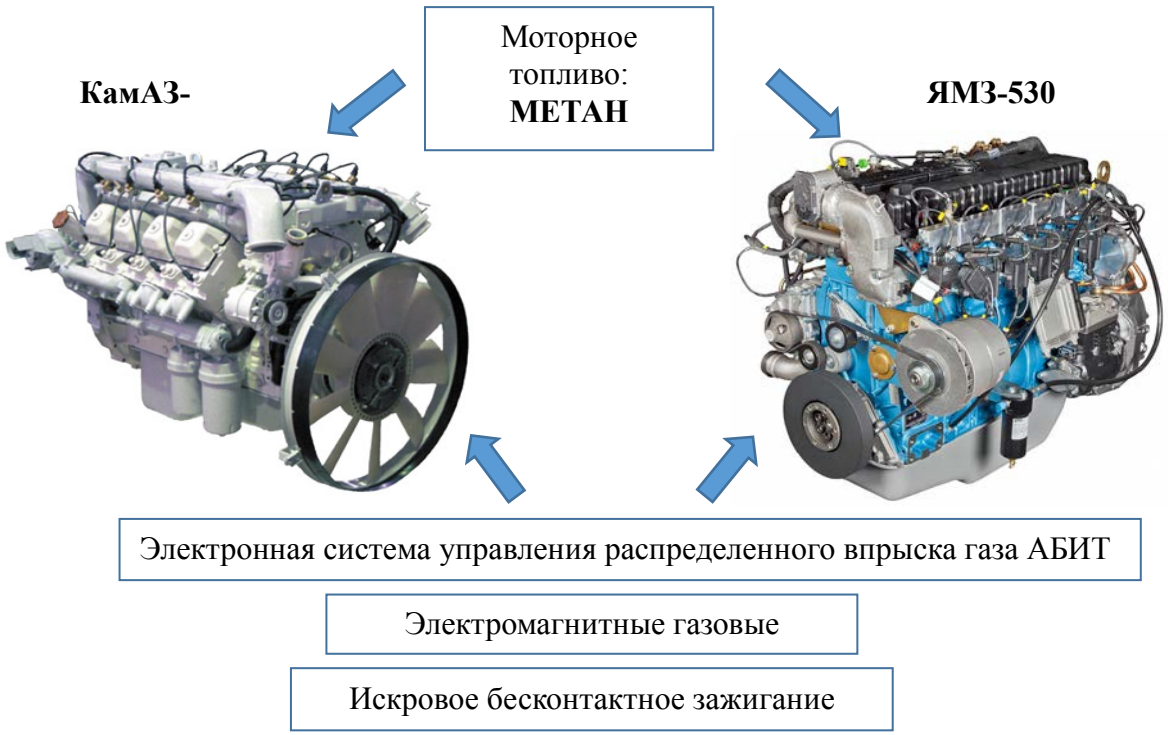


Рис. 3. **Перспективные газовые двигатели**

При изучении данного вопроса была поставлена основная цель работы - использование природного газа в качестве моторного топлива в поршневых двигателях автотракторной техники.

В процессе исследования были решены следующие задачи:

1. Разработка математической модели нестационарного процесса тепломассообмена сжиженного метана в криогенном баке автотракторной техники при бездренажном хранении, (подробна представлена в работе [5]);
2. Разработка температурно-динамической модели двухфазного потока сжиженного метана в криогенной трубке, (подробна представлена в работе [5]);
3. Разработка термодинамической модели рабочего цикла газового двигателя с наддувом, (подробна представлена в работе [6]);
4. Использование модернизированной электронной системы управления газового двигателя с наддувом, (рассмотрим в данной статье);
5. Разработка математической модели определения и контроля вредных веществ в отработавших газах ДВС в процессе эксплуатации АТТ, (подробна представлена в работе [7]);
6. Разработка комплексной математической модели определения энергоэффективности работы газового двигателя в процессе эксплуатации, (подробна представлена в работе [8]);
7. Конструкторская разработка опытного образца криогенного бака для АТТ, (подана заявка на патент);
8. Конструкторская разработка опытного образца пьезоэлектрической

газовой форсунки, (подана заявка на патент).

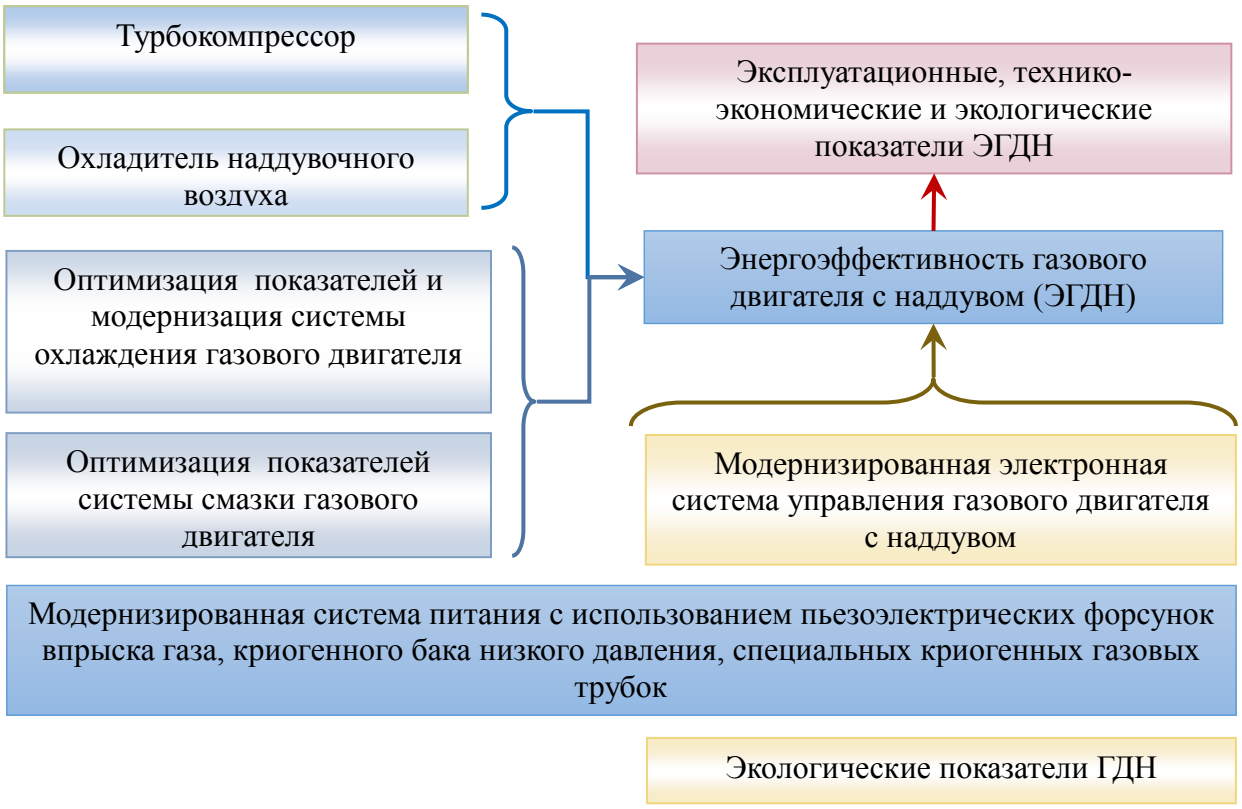


Рис. 4. **Блок-схема энергоэффективности газового двигателя**

При реализации поставленных задач была сформирована блок-схема для наглядного понимания процесса которая представлена на рисунке 4.

Наиболее перспективным направлением является использование электронных систем управления (ЭСУ) газовыми двигателями, наряду с известными производителями электронных систем управления таких как BOSCH или SIEMENS есть надежные отечественные производители ЭСУ занимающееся научно-техническими разработками электронной техники для автомобильной промышленности таким является ООО АБИТ г. Санкт-Петербург.

Ниже представлена схема ЭСУ которая широко применяется в автомобилях с ГБО 4-поколения, в основном используется для подачи сжиженного пропана или пропанобутановой смеси. Основные технические характеристики ГБО представлены на рисунке 5.

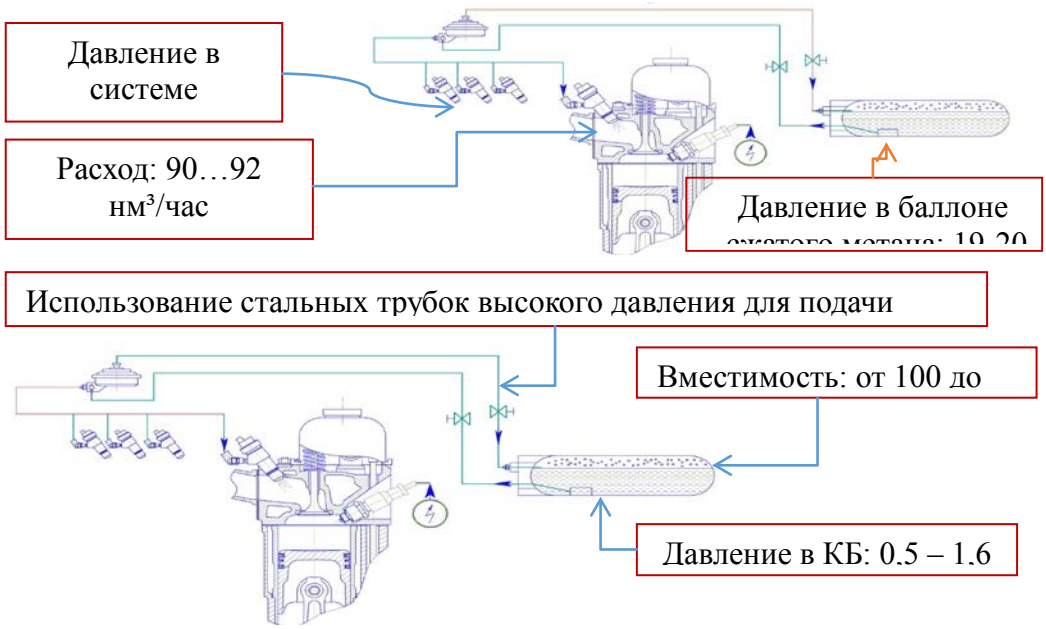


Рис. 5. **Схема электронного управления газового двигателя эксплуатируемая с 2009 г.**

Точное регулирование при подаче метана и воздуха в камеру сгорания с целью повышения эффективность газового двигателя по всем показателям возможно при использовании модернизированной ЭСУ, которая подробно представлена на рисунке 6.

В целях упрощённого описания модернизированной схему ЭСУ без углубления в подробности можно представить следующим образом. В данной системе представлен дополнительный информационный канал способный минуя λ-зонда достаточно точно произвести регулирование метановоздушной смеси на впуске, путем определения турбулентной скорости распространения фронта пламени внутри цилиндра в процессе горения выражая в дальнейшем через угол поворота коленчатого вала φ_2. Для упрощения сам процесс сгорания разделим на две фазы первая фаза обозначим как φ_1 – начало воспламенения, соответствует приблизительно 2…5° поворота коленчатого вала (КВ), что не сильно влияет на нарастание давления и увеличение турбулентной скорости распространения фронта пламени в камере сгорания, так происходит фазовый переход от ламинарного φ_1 к турбулентному потоку φ_2. Подробное математическое описание процесса фазовых переходов процесса горения выраженное через угол поворота КВ - φ_2 представлено в трудах [3]. Дополнительный датчик установленный на КВ определяет не только положение ВМТ и НМТ, но и угол наибольшей турбулентной скорости распространения фронта пламени в камере сгорания ГД выражая его через φ_2.

Полученные зависимости тепловыделения по углу КВ φ_2 показывают наиболее оптимальные варианты регулирования метановоздушной смеси на впуске, далее в зависимости от условий и режимов работы двигателя программа выбирает соответствующий алгоритм расчета и полученную кривую, которая и будет основной т.е. оптимизированной, меняя условия и режимы работы двигателя можно оптимизировать работу системы питания по наиболее важным

выходным показателям таким как мощность, топливная экономичность, крутящий момент и экологичность [9-12].

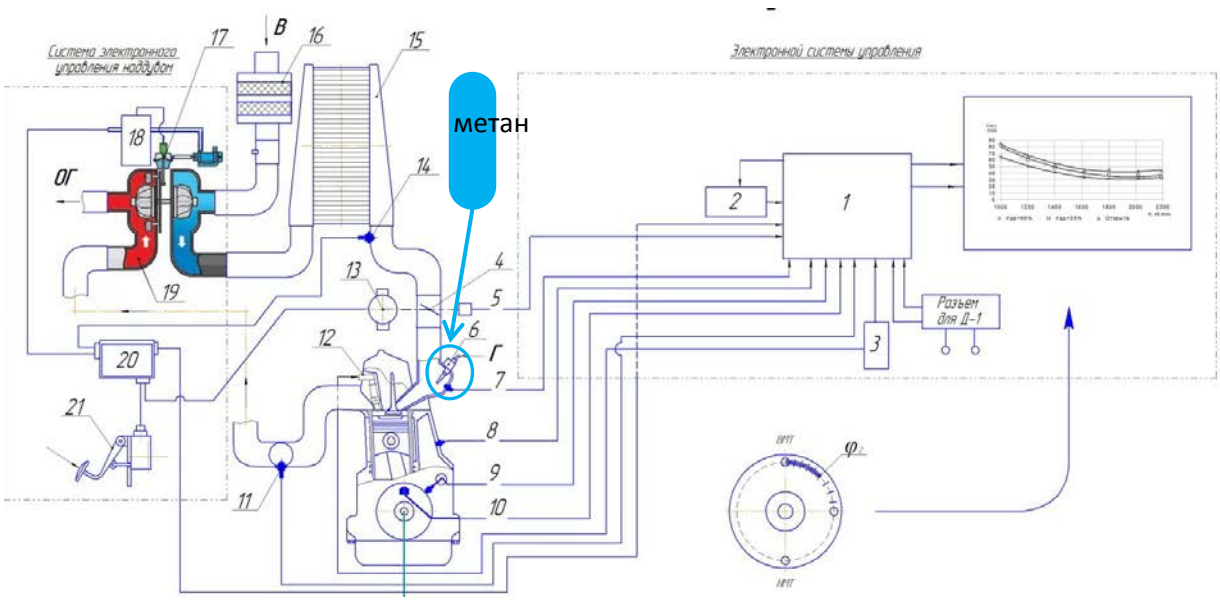


Рис. 6. **Модернизированная схема электронной системы управления газовым двигателем**

1 – ЭБУ газовым двигателем (Корвет М10.3х); 2 – Потенциометр; 3 – Катушка зажигания; 4 – Дроссельная заслонка; 5 – Датчик углового положения дроссельной заслонки; 6 – Газовый дозатор; 7 – Датчик температуры на впуске; 8 – Датчик температуры ОЖ; 9 – Датчик угловой скорости и положения КВ; 10 – Оптоэлектронный датчик для регулирования ГС на впуске; 11 – Кислородный датчик (лямда-зонд); 12 – Свеча зажигания; 13 – Электропривод дроссельной заслонка; 14 – Датчик давления наддува; 15 – Интеркулер; 16 – Воздушный фильтр; 17 – Датчик противодаления ОГ; 18 – Сервомеханизм регулировки давления наддува; 19 – Турбокомпрессор; 20 – Блок управления CDI (N3/9); 21 – Электронная педаль.

Использование модернизированной ЭСУ газовым двигателем предусматривает модернизацию и самой системы питания, далее предлагаем рисунок 7, где подробно показана модернизация системы питания в трех вариантах подачи природного и нефтяного попутного газов.

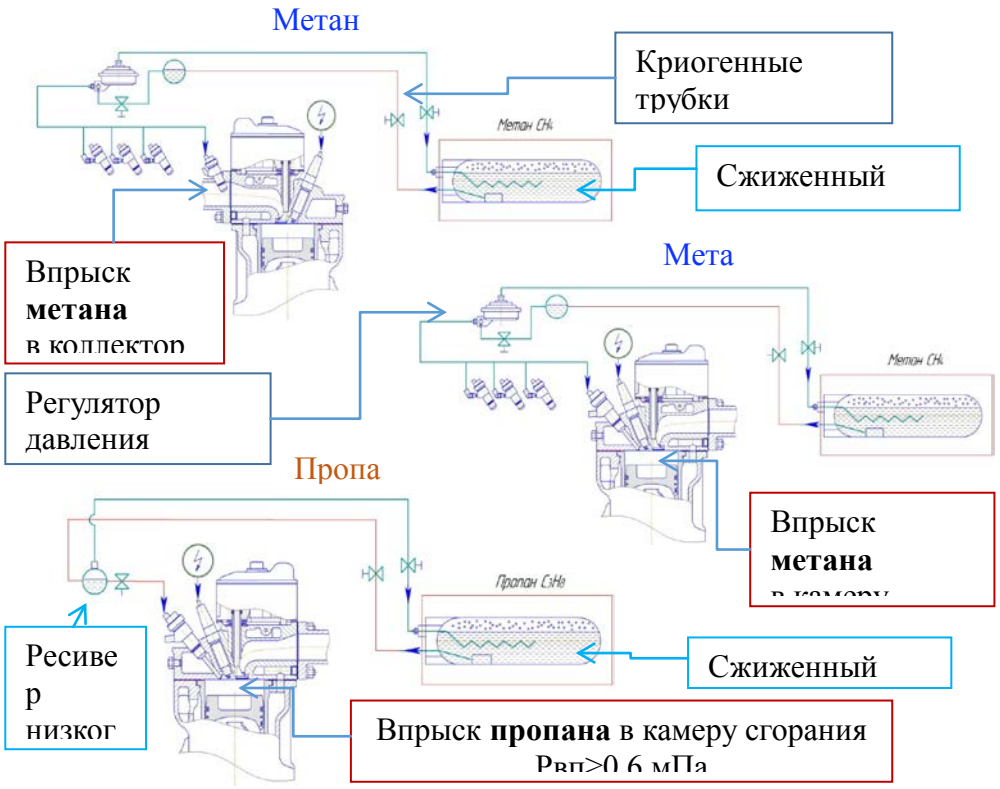


Рис. 7. **Варианты модернизации системы питания для подачи метана или пропана непосредственно в камеру сгорания**

По итогам выполненных исследований можно сделать следующие выводы: известно, что результаты исследований направлены на достижение основной цели – повышение энергоэффективности газового двигателя при работе на природном газе АТС при этом были достигнуты следующие результаты:

- Получены оптимальные зависимости основных параметров тепловыделения при регулировании газовоздушной смеси на впуске при различных углах опережения зажигания и режима работы двигателя;

- Предложена и внедрена модернизированная ЭСУ газовыми двигателями на базе 8ГЧН12/12 и 12ГЧН 18/20 производства ПАО «КАМАЗ» и ПАО «ЗВЕЗДА».

При этом были улучшены следующие эксплуатационные показатели газового двигателя АТС: 1) топливно-экономические показатели ГД; 2) экологические показатели ГД; 3) эксплуатационные показатели АТС.

Библиографический список

1. Дидманидзе О.Н., Варнаков Д.В., Карев А.М. Надежность автотранспортных средств // Москва. 2017. С.139.

2. Дидманидзе О.Н., Асадов Д.Г., Карев А.М., Егоров Р.Н., Журилин А.Н. Транспортные и транспортно-технологические процессы // Москва. 2016. С. 300.

3. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред // М.: Наука. 1978. С. 235.

4. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Измайлов А.Ю., Карев А.М., Виноградов О.В., Егоров Р.Н., Стафеев В.И. Технологические процессы диагностирования и технического обслуживания двигателей транспортных и транспортно-технологических машин // М.: ООО «УМЦ «Триада». 2015. 109 с.

5. Дидманидзе О.Н., Карев А.М., Митягин Г.Е. О перспективах развития автомобильного транспорта в агропромышленном комплексе // Международный научный журнал. 2016. № 1. С. 53-65.

6. Дидманидзе О.Н., Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т., Бисенов К.А. Научные основы ресурсосбережения в газовых двигателях // в сборнике Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: Материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых. 2017. С. 221-227.

7. Дидманидзе О.Н., Солнцев А.А., Пуляев Н.Н. и др. Техническая эксплуатация автомобилей // М. : ФГБНУ «Росинформагротех». 2017. 564 с.

8. Хакимов Р.Т. Экспериментальные исследования процесса тепловыделения рабочего цикла газового двигателя с применением пьезоэлектрической форсунки // В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава. 2015. С. 60-65.

9. Хакимов Р.Т. Анализ экспериментальных исследований рабочих процессов конвертируемых газовых двигателей // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2010. № 21. С. 297-302.

10. Хакимов Р.Т. Влияние характеристик выгорания на показатели рабочего цикла газового двигателя при использовании электронной системы управления // Грузовик. 2008. № 4. С. 27-29.

11. Khakimov R., Shirokov S., Zykin A., Vetrova E. Strategic assessment aspect of vehicles' technical condition influence upon the ecosystem in regions // Transportation Research Procedia 12th International Conference «Organization and Traffic Safety Management in Large Cities». SPbOTSIC-2016. 2017. P. 295-300.

12. Lee W., Doo-Sung Baik, Rogers T. and Petersen P. Study on Performance and Exhaust Gas Characteristics of Directly Injected CNG Engine // International Journal of Bio-Science and Bio-Technology Vol.6. No. 2 (2014). pp.179-186.

УДК 621.432.3:629.083

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПО РАСХОДУ ТОПЛИВА НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

***Девянин Сергей Николаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, devta@rambler.ru*

***Щукина Варвара Николаевна**, инженер кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, firstnotbarbara@gmail.com*

***Аннотация.** Непрерывный контроль технического состояния двигателя машины в процессе эксплуатации позволяет своевременно проводить техническое обслуживание и, при необходимости, ремонт. Такой подход к диагностике работы машины увеличивает ресурс работы машины, уменьшает эксплуатационные затраты, затраты на поддержание исправного технического состояния, уменьшает загрязнение окружающей среды. В качестве контролируемого параметра предлагается использовать расход топлива на режиме холостого хода. Так как величина расхода топлива на режиме холостого хода зависит от качества протекания рабочего процесса и величины механических потерь, то для выявления причины отклонения расхода топлива от ожидаемой величины предложено использовать метод выбега. Экспериментальные исследования на двигателе IVECO F4HE9687P подтвердили возможность реализации данного подхода.*

***Ключевые слова:** Непрерывный контроль, расход топлива, режим холостого хода, диагностика двигателя, механические потери, метод выбега.*

***Abstract.** Technical condition continuous monitoring of machine engine during operation allows timely technical maintenance and repair. This approach to diagnostics of machine operation increases the life of the machine, reduces operating costs, costs to maintain an operational technical condition, and reduces environmental pollution. As a controlled parameter, it is proposed to use fuel consumption at idle-run. Since the amount of fuel consumption in the idle-run depends on the quality of process flow and level of mechanical losses, it is suggested to use the coasting method to determine cause of fuel consumption deviation from expected value. Experimental studies on the IVECO F4HE9687P engine confirmed the feasibility of this approach.*

***Keywords:** Continuous monitoring, fuel consumption, idle-run, engine diagnostics, mechanical losses, run-out method.*

В процессе эксплуатации техники технико-экономические и экологические показатели ее двигателей ухудшаются, что связано с износом подвижных деталей, ухудшением характеристик отдельных деталей и узлов. Это приводит к снижению ее производительности, увеличению расхода топлива и затрат на обслуживание. Изменение характеристик отдельных деталей и узлов двигателя приводит к нарушению его нормальной работы и

ускоряет срок выхода из строя других деталей. Это приводит к разрушению деталей, что требует уже их восстановления или замены.

Своевременное определение неисправностей и проведение обслуживания техники позволяет уменьшить эти затраты и продлить срок ее эффективной эксплуатации. Однако обнаружение большинства неисправностей в эксплуатации происходит тогда, когда они явно выражены или при периодическом техническом обслуживании. В результате до этого техника эксплуатировалась в неисправном состоянии. Запоздалое обслуживание увеличивает расход топлива и вредные выбросы двигателем, ускоряет его износ, снижает производительность машины и приводит к тому, что традиционным обслуживанием двигателя устранить выявленную неисправность не удается. Такая ситуация может быть исключена при непрерывном контроле технического состояния двигателя в процессе его эксплуатации.

Важным вопросом остается выбор таких параметров двигателя, по которым можно производить непрерывный контроль технического состояния двигателя в процессе его работы. Предпочтение следует отдать параметрам, которые уже используются системами двигателя для его управления, т.к. это не потребует дополнительных затрат и серьезной модернизации двигателя. К таким параметрам для современных дизельных двигателей можно отнести:

- частота вращения;
- количество подаваемого в цилиндр топлива;
- количество подаваемого в цилиндр воздуха;
- давление наддува;
- температура охлаждающей жидкости;
- давление в системе смазки;
- и другие.

По мере совершенствования системы управления двигателем количество контролируемых и управляемых параметров увеличивается, что расширяет возможности непрерывного контроля технического состояния двигателя в процессе эксплуатации.

В качестве параметра для непрерывного контроля технического состояния дизельного двигателя бал выбран расход топлива, который в современных системах управления двигателем постоянно определяется. Величина цикловой подачи топлива $g_ц$ зависит от конструктивных особенностей двигателя, режима его работы и механических потерь и может быть выражена зависимостью [1]:

$$g_ц = A \cdot \frac{\tau}{i \cdot \eta_i \cdot H_u} \cdot \frac{M_к}{\eta_м}, \qquad (1)$$

где: А – коэффициент зависящий от размерности величин; τ - тактность двигателя; $M_к$ – крутящий момент; i – число цилиндров двигателя; η_i – индикаторный кпд; H_u – низшая теплота сгорания топлива; $\eta_м$ – механический кпд.

Для конкретного двигателя работающего на одном виде топлива

параметры τ, i и H_u остаются неизменными и зависимость (1) можно выразить в виде:

$$g_ц = A \cdot B \cdot \frac{M_к}{\eta_i \cdot \eta_м}, \quad (2)$$

где: В – коэффициент, зависящий от конструкции двигателя и вида топлива.

При работе на режиме холостого хода механическая энергия вырабатываемая двигателем расходуется на преодоление механических потерь и зависимость (2) принимает следующий вид:

$$g_ц = A \cdot B \cdot \frac{M_c}{\eta_i}, \quad (3)$$

где: M_c – момент сопротивления прокручиванию вала двигателя.

Анализ зависимости (3) показывает, что на режиме холостого хода цикловая подача топлива может изменяться в процессе эксплуатации от изменения механических потерь двигателя и эффективности преобразования теплоты от сгорания топлива в механическую работу, определяемую индикаторным кпд.

В результате износа деталей ДВС нарушаются условия сопряжения подвижных деталей, шероховатость поверхностей трения, условия смазки, снижается герметичность цилиндро-поршневой группы, увеличиваются утечки в узлах нагнетания, ударные нагрузки при возрастании зазоров и т.п. Все это приводит к увеличению механических потерь двигателя. Кроме того увеличение сопротивления впускного и выпускного трактов, старение моторного масла в процессе эксплуатации также приводит к увеличению механических потерь двигателя. Возможность контроля уровня механических потерь в двигателе во время эксплуатации может позволить своевременно определять достижение его допустимого уровня, чтобы оповестить о необходимости проведения обслуживания.

В результате нарушения работы топливоподающей аппаратуры (момент начала подачи топлива, коксование распылителей, давление впрыскивания, характер подачи топлива и др.), системы воздухоснабжения цилиндров двигателя (работа турбокомпрессора, система газообмена, охладителя наддувочного воздуха и др.) ухудшаются процессы сгорания и теплообмена в цилиндре, что приводит к ухудшению индикаторного кпд.

Увеличение механических потерь двигателя и снижение индикаторного кпд приводит к росту цикловой подачи топлива при работе на режиме холостого хода. Отклонение величины цикловой подачи топлива на режиме холостого хода от требуемой будет являться характеристикой нарушения нормальной работы систем двигателя и предупредит о необходимости проведения профилактических работ. Время работы двигателя на режиме холостого хода составляет около 25% всего времени его работы при эксплуатации [2], поэтому контроль цикловой подачи топлива на этом режиме обеспечивает достаточную частоту контроля технического состояния.

Из изложенного материала следует, что причиной повышения расхода топлива могут быть как факторы увеличивающие механические потери, так и

факторы, ухудшающие протекание рабочего процесса в цилиндрах двигателя. Своевременное определение группы факторов вызвавшей повышение цикловой подачи топлива позволит быстрее выявить причину ненормальной работы двигателя для ее устранения.

Решение данной задачи может быть с помощью использования метод выбега для оценки уровня механических потерь [3]. Метод выбега не нашел широкого применения для определения механических потерь двигателя, что вероятно связано с необходимостью использования регистрации мгновенной частоты вращения. Суть метода заключается в определении механических потерь по интенсивности замедления частоты вращения ω при отключении подачи топлива в цилиндры двигателя. Зная момент инерции подвижных масс двигателя приведенных к маховику J, связь между приведенным моментом механических потерь M_c и угловой частотой коленчатого вала двигателя ω может быть записана в виде (dω/dt – угловое ускорение):

$$M_c = - J \cdot (d\omega/dt) \qquad (4)$$

Развитие электронных систем управления двигателем и их широкое распространение привели к тому, что в штатных системах управления уже имеется датчик частоты вращения, который может быть использован для этой цели. Следовательно, контроль уровня механических потерь в двигателе также может осуществляться штатным оборудованием и не потребует работ на дополнительное оснащение машины измерительными устройствами. А так как момент инерции подвижных масс двигателя приведенных к маховику J в процессе эксплуатации двигателя не изменяется, то отклонение углового ускорения при выбеге будет изменяться только от изменения механических потерь.

Алгоритм контроля технического состояния двигателя и определения группы влияющих причин выглядит следующим образом:

1. При работе двигателя на режиме холостого хода производится контроль цикловой подачи топлива и если его величина не соответствует "эталонной" для исправного двигателя, то это сигнализирует о неисправном состоянии.
2. Для этого случая реализуется режим контроля уровня механических потерь методом выбега.
3. Если уровень механических потерь не изменился относительно уровня исправного двигателя, то причиной является группа факторов, влияющая на индикаторные показатели двигателя.
4. Если уровень механических потерь изменился пропорционально изменению цикловой подачи, то причиной является группа факторов, влияющая на механические потери.

Изложенный алгоритм был проверен на двигателе IVECO F4HE9687P в лабораторных условиях.

В начале испытаний была получена "эталонная" зависимость цикловой подачи топлива $g_ц$ от частоты вращения n и вязкости моторного масла ν, которая представлена на рисунке 1 и определена зависимость интенсивности

падения частоты вращения ε для исправного двигателя от частоты вращения и вязкости моторного масла (5).

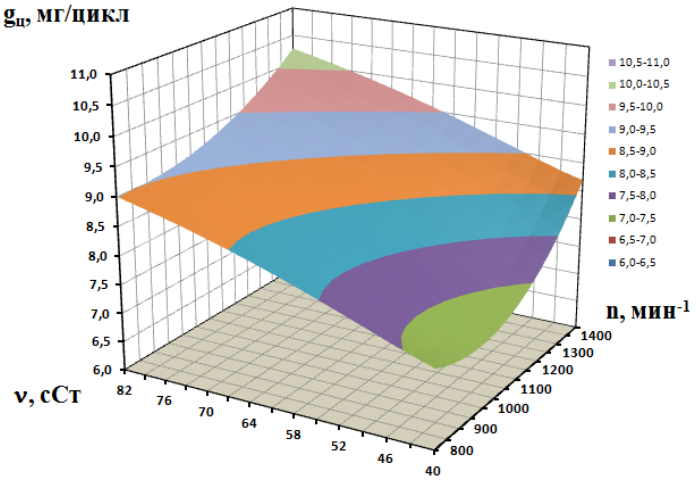


Рис. 1. **Зависимость цикловой подачи от вязкости и частоты вращения**

Интенсивность падения частоты вращения ε=dω/dt для исправного двигателя в зависимости от частоты вращения n (мин$^{-1}$) и вязкости ν (сСт) имеет вид:

$$\varepsilon = D \cdot \nu^{E} \qquad (5)$$

где: $D = 23{,}39 \cdot \left(\frac{n}{1000}\right)^2 - 71{,}6 \cdot \left(\frac{n}{1000}\right) + 417$;

$E = -0{,}0233 \cdot \left(\frac{n}{1000}\right)^2 + 0{,}1258 \cdot \left(\frac{n}{1000}\right) + 0{,}07$;

Имитация на двигателе неисправной форсунки привела к увеличению цикловой подачи топлива на 20% от "эталонной" при частоте вращения 800 мин$^{-1}$ на режиме холостого хода. Контроль механических потерь двигателя методом выбега показал, что отличие замеренной величины от определенной по зависимости (5) не превышали 2% в диапазоне изменения частоты вращения от 400 до 1500 мин$^{-1}$.

Имитация на двигателе неисправной системы впуска свежего заряда путем дросселирования привела к увеличению цикловой подачи топлива примерно на 20%. Контроль механических потерь двигателя методом выбега показал, что отличие замеренной величины от определенной по зависимости (5) увеличились на 6% за счет увеличения работы насосных ходов поршня, что привело к увеличению цикловой подачи также на 6%, а 14% увеличения цикловой подачи топлива может быть связано с ухудшением рабочего процесса из-за недостатка воздуха.

В заключение следует отметить, что для решения задачи контроля технического состояния современных двигателей в процессе эксплуатации машины может быть использован метод контроля расхода топлива на режиме холостого хода. В случае выявления неисправности этим методом, применение метода выбега для оценки механических потерь позволяет выявить группу факторов, за счет которых произошло изменение цикловой подачи.

Рассмотренный метод контроля не требует прерывания нормальной эксплуатации машины и специального дорогостоящего лабораторного

оборудования. Для этой цели могут быть использованы датчики штатной системы управления двигателем.

Библиографический список

1. Автомобильные двигатели / под ред. М.Г.Шатрова. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. 464 с.

2. Девянин С.Н., Щукина В.Н. Анализ использования режима холостого хода // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». 2015. № 3(67). С. 11-13.

3. Щукина В.Н. Анализ методов определения механических потерь для их последующего применения в процессе эксплуатации // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». 2016. № 5 (75). С. 18-21.

УДК 631.3

«ШИРОТНЫЙ» МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИН – КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ В АПК

Коротких Юлия Сергеевна, *старший преподаватель кафедры автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, skt.at@yandex.ru*

Аннотация: *Уборка является ключевым этапом производства продукции растениеводства, оказывающим непосредственное влияние на ее себестоимость. С целью снижения себестоимости конечной продукции автором предлагается использование широтного метода уборки зерновых культур, путем увеличения загруженности уборочной техники. Применение данного метода позволит удлинить срок использования комбайнов до трех месяцев в году, что, несомненно, отразится на экономической эффективности сельхозтоваропроизводителей, повысив их конкурентоспособность.*

Ключевые слова: *широтный метод, зерно, уборочная техника, машинные агрегаты, зерноуборочные комбайны, эффективность уборки, снижение себестоимости.*

Abstract: *Harvesting is a key step in the production of crop products, which has a direct impact on its cost. In order to reduce the cost of final products, the author proposes the use of a wide method of harvesting crops, by increasing the workload of harvesting equipment. Application of this method will allow to extend the term of use of combines up to three months a year, which will undoubtedly affect the economic efficiency of agricultural producers, increasing their competitiveness.*

Keywords: *pulse width method, combine harvesters, machine aggregates, combine harvesters, cleaning efficiency, reduce the cost.*

В последние годы в сельскохозяйственных предприятиях проявляется интерес к выполнению технологических операций работающих по так

называемому «широтному методу».

Под «широтным» использованием машинных агрегатов понимается организация выполнения технологических операций путем перемещения техники из одной зоны в другую по мере наступления оптимальных сроков выполнения сельскохозяйственных работ. Как известно, агротехнические сроки посевного цикла, ухода за растениями, их уборки вследствие климатических особенностей существенно отличаются в разных сельскохозяйственных зонах возделывания растений. Например, на юге страны (регионы Северного Кавказа) весенне-полевые и другие работы начинаются на один-два месяца раньше, чем в Нечерноземной зоне, расположенной на 1200-1500 км севернее. Посев озимых культур в северной зоне, наоборот, начинается почти на месяц раньше, чем на юге [1].

Как показывают расчеты и опыт, увеличение продолжительности использования машинных агрегатов, например, в 2 раза, снижает себестоимость продукции на 6-10%. Как правило, зерноуборочные комбайны удается загружать в течение года не более 12-14 дней из-за ограниченных агротехнологических сроков. В этом случае неэффективно используется и качественный труд как важный фактор производительности. Поэтому очевидно, какой эффект можно получить от удлинения срока использования комбайнов до трех месяцев. Это вполне реальная продолжительность работы агрегатов при широтном методе организации работ. Таким образом, для эффективного использования техники, труда с целью снижения себестоимости продукции, уменьшения начального капитала на приобретение машин представляется возможным загружать технику более продолжительное время, перемещая ее из одной климатической зоны в другую по широтам. При обычном использовании машин на ограниченной территории биологические возможности возделываемых культур не позволяют плотно загружать агрегаты. В графике машиноиспользования оказывается много незанятых дней. Принудительное расширение ареала занятости машин нередко приводит к большим потерям урожая, качества продукции. В результате возрастает его себестоимость. Это особенно важно в условиях применения современной техники, которая, с одной стороны, резко выросла в цене, а с другой – имеет высокие показатели надежности, комфортности и производительности, рассчитанные на более продолжительное использование. Например, цена импортного зерноуборочного комбайна соответствует стоимости 1500-2000 т зерна, а незначительные поломки происходят только один раз за месяц эксплуатации [2].

Широтный метод использования техники специализированными отрядами (комплексами) техники возможен в течение трех сезонов: весной при проведении весенне-полевых работ (подкормка озимых и многолетних трав, посев яровых комбинированными агрегатами, включая обработку почвы, посев, внесение удобрений и пестицидов и т.д.), летом при уходе за растениями (защита растений от болезней и вредителей, подкормка и др.), летом-осенью на уборке зерновых, кормовых культур, их транспортировке к местам хранения и переработки, подготовке почвы под посев, посеве озимых культур и т.д.

Наиболее эффективен агробизнес в оказании услуг уборочного цикла сельскохозяйственных работ, поскольку он является наиболее напряженным по затратам, времени и особо капиталоемким.

Нужна оптимизация этой организационно-технологической формы бизнеса для получения лучшего результата. Выполнение уборочных работ как услуга наиболее востребовано сельскохозяйственным товаропроизводителем в современном сельском хозяйстве России. Прогнозируется, что потребность в ней не снизится и в будущем. Не менее 30% урожая будет убираться на основе услуг сервисных предприятий (дилеров, машинно-технологических станций и других структур). Заметное место в них займут специальные фирмы, работающие по широтному методу. Потенциальными потребителями этих услуг будут, прежде всего, сельскохозяйственные предприятия с невысокой доходностью, убыточные, так как они не имеют возможности ускоренно перевооружиться новой техникой, а собственной у них нет. У убыточных предприятий проблемы следуют одна за другой: к ним не стремятся инвесторы со стороны, у них ограничены кадровые возможности, как " следствие, низок технологический уровень производства. Но земля, которой они владеют, часто бывает с хорошим потенциалом. Посеять они в состоянии, а убрать урожай не могут. Поэтому с появлением высокоэффективных сервисных предприятий, в которых стоимость выполнения сельскохозяйственных операций будет обходиться намного дешевле, чем в сельском хозяйстве, потребителями сферы услуг станут прежде всего убыточные хозяйства, в дальнейшем к ним присоединятся и состоявшиеся аграрные предприятия. Так, например, происходит в странах «золотого миллиарда» (Италия, Франция и др.), где фермер собственными силами нередко выполняет только 20-40% технологических работ в растениеводстве [3, 4].

Известно, что бизнес на производственно-технологических услугах сельскому хозяйству сегодняшними МИС в значительной мере рискован по причине высоких издержек на работы вследствие ограниченной продолжительности использования агрегатов из-за территориальной замкнутости предприятия. Лимитируют агротехнические сроки. Метод широтного использования машин можно отнести к категории с разумной степенью рискованности.

Главные факторы оптимизации: применение высокопроизводительной техники, привлечение квалифицированных кадров, освоение эффективных методов организации и стимулирования труда, применение научных методов машиноиспользования.

Структурно предприятия производственно-технологических услуг для уборочного цикла могут формироваться по различным моделям. Прежде всего, это небольшие структуры семейного типа с несколькими комбайнами, тракторами, которые мигрируют по территории страны, постоянно «загружаясь» заказами сельхозтоваропроизводителей. Работают они, как правило, на уборке урожая, вспашке зяби или на одной из этих операций. Инфраструктура этого формирования (транспортировка урожая, заправка

горючим, социально- бытовое обеспечение и др.) обеспечивается собственником урожая, земли. Так обычно организуется работа семейных широтных групп в Северной Америке, когда отряд, например, мексиканских семей мигрирует по ее просторам [5].

Целесообразно парк машин, имеющихся в МТС, кроме работ в ближайших хозяйствах использовать на дальних «плечах», перемещая в другие климатические зоны. Так, например, иногда работают некоторые МТС Белгородской области, транспортируя свои комбайны в южные районы страны.

Эффективный широтный метод работ в сельском хозяйстве следует построить по иной модели. Организационно этот агробизнес целесообразно сформировать на базе крупных «широтных фирм» - широтных МТС. Как уже отмечалось, весной они могут осуществлять уход за посевами озимых культур и многолетних трав, посев яровых культур, вспашку паров и другие операции цикла, в летне-осенний период – работы по уборке зерновых и кормовых культур, их транспортировке к местам хранения и переработки, вспашке зяби и посеве озимых.

С позиции управляемости фирма по выполнению производственно-технологических услуг уборочного цикла должна выполнять работы, перемещаясь по фронту примерно в 50-60 км. В зависимости от объема заказов на работы она может обслуживать одновременно хозяйства одного-трех сельскохозяйственных районов.

Для этого следует еще до начала полевых работ сформировать объем заказов. Это важная функция менеджеров центрального аппарата фирмы, состоящей из 12-15 квалифицированных специалистов, обслуживающего персонала и руководителя, в задачу которых входит обеспечение эффективного функционирования структур фирмы. Всего в структуре фирмы лучше иметь, примерно, три уборочно-транспортных комплекса. Управляется такой комплекс двумя специалистами. В каждом комплексе по три машинно-тракторных отряда (бригады), которые желательно дислоцировать в одном сельскохозяйственном предприятии (хозяйстве). Каждый отряд (бригада) формируется из трех зерноуборочных звеньев, состоящих из двух-трех высокопроизводительных комбайнов, одного кормоуборочного звена, состоящего из двух мощных самоходных комбайнов, и одного пахотного звена, состоящего из трех тяжелых тракторов с орудиями для обработки почвы.

В бригаду также следует включить одно транспортное звено из трех самосвалов типа КамАЗ. На один-два отряда может быть один автозаправщик ТСМ. Зерноуборочное звено, как правило, должно работать на одном или двух смежных полях, оснащаться бункером-перегружателем и КамАЗом. Для отвозки зерна ему потребуется дополнительный транспорт, который можно взять в хозяйстве или нанять в местном транспортном предприятии. Руководит отрядом бригадир. Руководство звеном возлагается на одного из механизаторов (водителя). Объем работ формируется таким образом, чтобы у одного (двух) заказчиков отряд (бригада) мог выполнять работы в течение семи-десяти дней. За этим следует передислокация отряда, комплекса на новое место. Таким

образом, в течение всего периода уборки может быть до 8-10 переездов по длинному «плечу». На короткие расстояния техника перемещается чаще (с поля на поле, с одного хозяйства в другое) [1, 6].

Расчетно за трехмесячный цикл (с конца июня по конец сентября-начало октября) агрегаты могут работать не менее 60-70 рабочих дней.

Техническое обслуживание агрегатов фирмы осуществляется самими механизаторами и звеном наладчиков. Для этого каждый комплекс оснащается одной передвижной авторемонтной мастерской.

После проведенного анализа можно сделать выводы, что выгодные для сельскохозяйственных предприятий методы широтного выполнения работ МТС в АПК привлекут в производственно-технологическую инфраструктуру аграрной отрасли отечественных инвесторов с высокопроизводительной техникой, что позволит своевременно производить полевые работы не нарушая агротехнологических сроков и, следовательно, позволит повысить экономическую эффективность сельскохозяйственных предприятий.

Библиографический список

1. Федоренко В.Ф., Ежевский А.А., Соловьев С.А., Черноиванов В.И. Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в современных условиях: науч. издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 336 с.

2. Дидманидзе О.Н., Асадов Д.Г., Карев А. М., Егоров Р.Н., Журилин А.Н. Транспортные и транспортно-технологические процессы // М.: ООО «УМЦ «Триада». 2016. 163 с.

3. Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е., Лукьянов В.Б. О проблемах организации обслуживания и ремонта техники в условиях сельскохозяйственных предприятий // Международный технико-экономический журнал. 2007. № 1. С. 46-49.

4. Алдошин Н.В., Пуляев Н.Н. Маршрутизация помашинных перевозок грузов // М.: ООО «УМЦ «Триада», 2016. 38 с.

5. Коротких Ю.С. Современные проблемы и пути развития машинно-технологических станций в Российской Федерации // Наука без границ. 2017. № 8. С. 5-8.

6. Коротких Ю.С. К вопросу о развитии машинно-технологических станций // Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения : сб. статей по материала Международной научно-практической конференции (Москва. 31 октября 2017). М.: УМЦ «Триада». 2017. С. 72-78.

УДК 37:004.738.5:631.155:658.514

ОБУЧЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ И РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ

***Шульга Евгений Федорович**, доктор технических наук, профессор кафедры автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, shulga_ef@mail.ru*

***Аннотация**: рассматривается процесс обучения оптимизации процессов и решений с использованием навигационных данных и учебных пособий «Оптимизация процессов и решений». Рассматривается возможность обучения другим дисциплинам.*

***Ключевые слова**: система оптимизации процессов и решений, модели системы оптимизации процессов и решений, актуальная, полная и достоверная информация, условия оптимизации процессов, адекватность и точность, причинно-следственная связь, модель субъекта управления, упреждение.*

***Abstract:** The process for the education of students in the field of optimization for the processes and decisions with the appliance of navigation data and manuals "The optimization of Processes and Decisions" is being considered. The possibility for education in the field of other disciplines is being also regarded.*

***Keywords:** the system of optimization for the processes and decisions, the models for the system of optimization for the processes and decisions, relevant, full and authentic data, conditions for the optimization of processes, adequacy and accuracy, relationship of cause and effect, the model for the subject of management, anticipation of losses.*

В мире создано глобальное навигационное поле. Мировая тенденция – применение навигационных технологий в образовательном процессе.

Владимир Путин о роли инженерных кадров в конкурентоспособности государства (23 июня 2014 года, стенографический отчет о заседании совета при президенте по науке и образованию): «система подготовки кадров в полной мере должна отвечать вызовам времени, надо максимально приблизить профессиональное образование к реальному производству».

На кафедре «Автомобильный транспорт» с 1 сентября 2014 года совместно с фирмой UniSky внедряется новая образовательная технология с использованием глобального мониторинга транспортных средств. Разработаны интегрированные дисциплины. Через Интернет используется действующая программа предприятия в учебном классе. Дополнительно используется модель управления качеством выполнения расписаний, с помощью которой будущий специалист может предвидеть, наблюдать качество выполнения расписаний, возможные и фактические потери и упреждать или нейтрализовать их в режиме реального времени.

Модель развивалась, получила золотую медаль на выставке «Золотая осень в 2015 году, была представлена на практическом семинаре ООН по

глобальным навигационным спутниковым системам в Красноярске в 2015 году, получила серебряную медаль на выставке «Золотая осень» в 2016 году, вошла в коллективную монографию «Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации и дистанционного зондирования Земли», которая представлялась на 11 заседании Международного Комитета ООН по глобальным навигационным спутниковым системам [1] .

К существующей модели данных сельхозпредприятия (рисунок 1) добавим данные, необходимые для оптимизации процессов и решений.

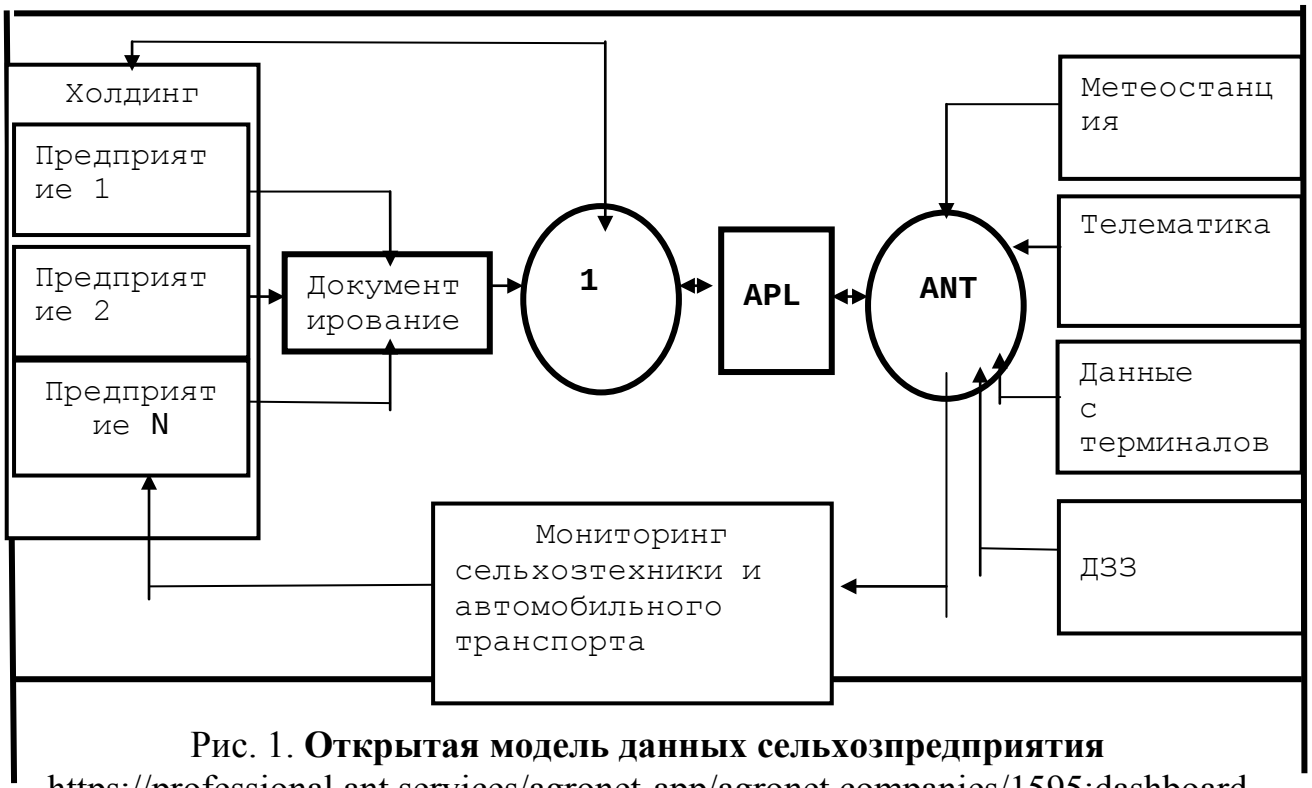


Рис. 1. **Открытая модель данных сельхозпредприятия**
https://professional.ant.services/agronet-app/agronet.companies/1595:dashboard

Зададим условия оптимизации процессов и решений с использованием навигационных данных [2-4]:

$$T^{\text{св}} \in \left[T_{н}^{св}; T_{в}^{св} \right] \quad (1)$$

$$T_{\text{оу}}^{\text{св}} \in \left[T_{н(оу)}^{св}; T_{в(оу)}^{св} \right] \quad (2)$$

$$T_{\text{оу}}^{\text{полн}} \in \left[T_{н(оу)}^{полн}; T_{в(оу)}^{полн} \right] \quad (3)$$

$T^{\text{св}} \in \left[T_{н}^{св}; T_{в}^{св} \right]$ - это условие обозначает, что своевременность выполнения расписаний $T^{\text{св}}$ оптимизированного плана перевозок должна находиться в требуемом

диапазоне, где $T_{н}^{св}$ – нижний предел своевременности выполнения расписания $T_{в}^{св}$ – верхний предел своевременности выполнения расписания.

$T_{\text{оу}}^{\text{св}} \in \left[T_{н(оу)}^{св}; T_{в(оу)}^{св} \right]$ – это условие обозначает, что своевременность упреждения потерь $T_{\text{оу}}^{\text{св}}$ качества должна находиться в требуемом диапазоне, где $T_{н(оу)}^{св}$ – нижний предел своевременности упреждения потерь, $T_{в(оу)}^{св}$ – верхний предел своевременности упреждения потерь. $T_{\text{оу}}^{\text{полн}} \in \left[T_{н(оу)}^{полн}; T_{в(оу)}^{полн} \right]$ – это условие обозначает, что полнота своевременности упреждения потерь качества

$T_{\text{оу}}^{\text{полн}}$ должна находиться в требуемом диапазоне, где $T_{н(оу)}^{полн}$ – нижний предел полноты своевременности упреждения потерь качества, $T_{в(оу)}^{полн}$ – верхний предел полноты своевременности упреждения потерь качества.

Предлагаемая система оптимизации процессов и решений с использованием навигационных данных представлена на рисунке 2.

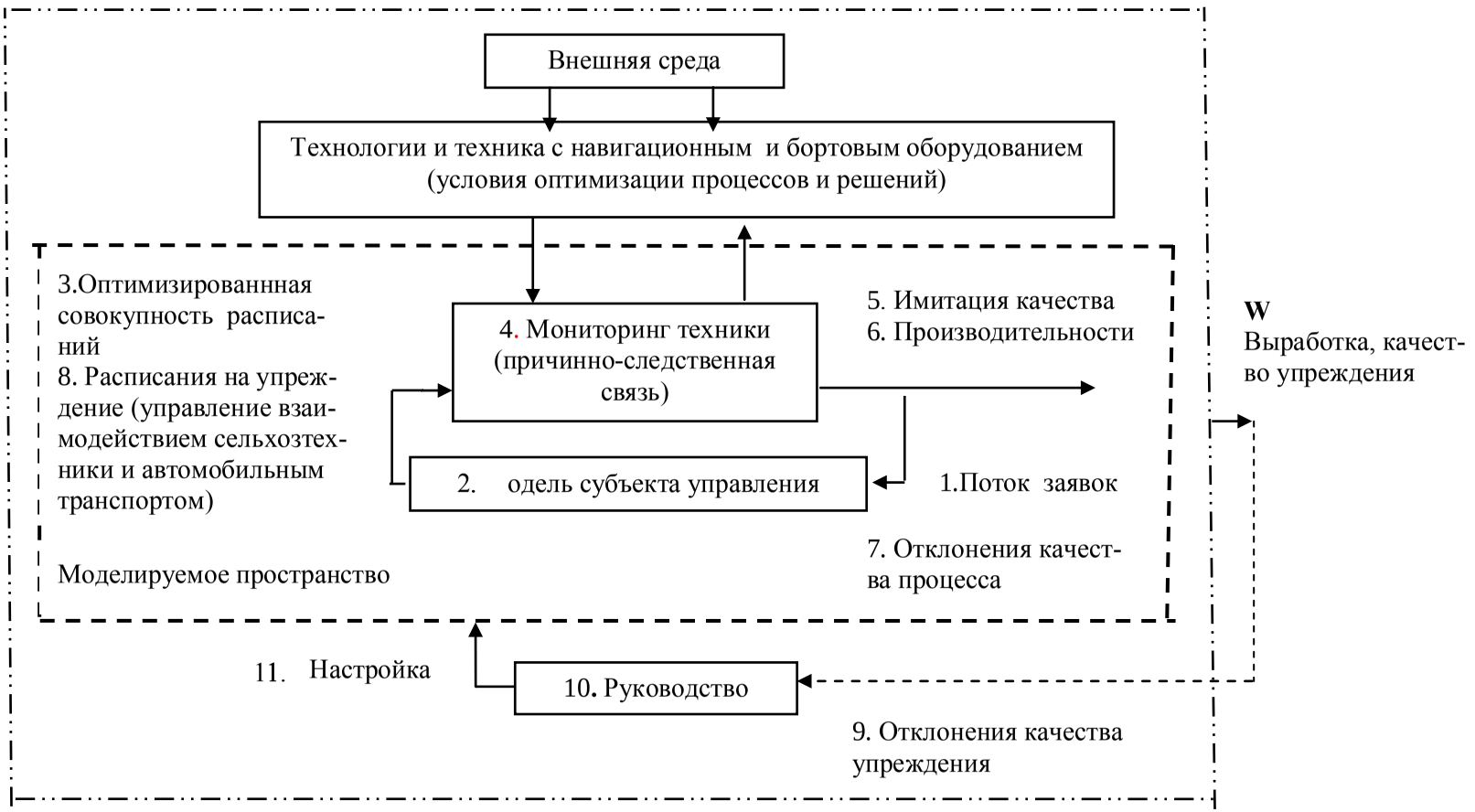


Рис. 2. **Предлагаемая система оптимизации процессов и решений с использованием навигационных данных**

Организация процесса: на вход модели субъекта управления поступают поток заявок. Модель субъекта управления находит единую оптимизированную совокупность расписаний для систем «Оператор-сельхозмашина» и «Водитель-автомобиль», которая поступает на вход объекта управлении. Осуществляется мониторинг техники (наблюдается причинно-следственная связь). На выход объекта управления поступает имитация качества и производительности.

Если возможно появление отклонения качества процесса, значение возможного отклонения поступает на вход модели субъекта управлении, которая находит решение на упреждение в виде расписания и передает его на вход объекта управления. Осуществляется мониторинг упреждения потерь качества. На выход объекта управления поступают улучшенные значения показателей качества и производительности.

Если качество упреждения не устраивает руководство предприятия, руководство анализирует причины и осуществляет настройку модель системы оптимизации процессов и решений.

Открытую модель данных сельхозпредприятия и предлагаемую систему оптимизации процессов и решений с использованием навигационных данных используем для подготовки бакалавров и магистров по направлению 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и для подготовки бакалавров и магистров по направлению 23.03.01 – Технологии транспортных процессов. Помимо дисциплин «Оптимизация процессов и решений», изучаемых на этих направлениях, изучаем и другие дисциплины.

Для подготовки бакалавров и магистров по направлению 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов изучаем и можем изучать другие дисциплины:

Б.1.8.ОД.16.Технологии оперативного управления автомобильными перевозками

Б.1.В.ДВ.4. Информационные системы автотранспортных предприятий

23.04.03. Теоретические основы разработки технологий оперативного управления процессами

Б.1.В.ОД.15. Организация перевозок и безопасность движения

Б1.В.ДВ.16. Организация перевозок опасных грузов

Для подготовки бакалавров и магистров по направлению 23.03.01 – Технологии транспортных процессов можем изучать:

Б1.В.ОД.24. Технологии оперативного управления автомобильными перевозками

Б1.В.ОД.13. Моделирование транспортных процессов

Б1.В.ДВ.10. Организация перевозок опасных грузов.

Б1.В.ДВ.В. Международные перевозки

ДВ.11. Системы автоматизации на автомобильном транспорте

Библиографический список

1. Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием

космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли: Монография // М.: РГАУ-МСХА. 2016. 282 с.

2. Шульга Е.Ф. Оптимизация процессов и решений: учебн. пособие // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2017. 84 с.

3. Шульга Е.Ф. Оптимизация процессов и решений с использованием навигационных данных: учеб.-мет. Пособ // М.: ФБГНУ «Росинформагротех». 2017. 76 с.

4. Шульга Е.Ф. Оптимизация процессов и решений: Лабораторный практикум // М.: Издательство РГАУ-МСХА. 2016. 82 с.

УДК 634.0323.13.375

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПОДРЕССОРИВАНИЯ КАБИНЫ КОЛЕСНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА

Кузьмин Виктор Александрович, *инженер, ФГБНУ ФНАЦ «ВИМ, kuzmin.viktor92@mail.ru*

Аннотация *Эксплуатация МТА, всегда связанна с повышенной вибрацией, для оператора приходящейся от различных ее систем и, в большей степени, от внешнего фона. Задачей виброэлементов – сглаживание этих колебаний до безопасного уровня для оператора, соответствующего ИСО 2631-85 и ГОСТ 12.1.012-2004. В работе приведена сравнительная оценка эффективности работы системы подрессоривания с различными шинами. Испытания проводились в имитационной модели трактора, подготовленной в программном комплексе Matlab/Simulink с использованием библиотеки Simscape. На основании представленных данных был сделан вывод о том какой вариант наиболее подходящий.*

Ключевые слова: *сельскохозяйственный трактор, подвеска, плавность хода, виброзащита, сравнительная оценка, математическая модель, имитационная модель, Matlab/Simulink.*

Abstract *The operation of the Machine, always associated with increased vibration, for the operator coming from its various systems and, to a greater extent, from the external background. The task of vibration elements is smoothing of these fluctuations to a safe level for the operator, which corresponds to ISO 2631-85 and GOST 12.1.012-2004. The paper compares the efficiency of the suspension system with various tires. The tests were carried out in the simulator model of the tractor, prepared in the Matlab / Simulink software complex using the Simscape library. Based on the data presented, it was concluded which option is most suitable.*

Keywords*: Agricultural tractor, suspension, smooth running, vibration protection, comparative evaluation, mathematical model, simulation model, Matlab / Simulink.*

Вибрации негативно сказываются на здоровье оператора, повышается

утомляемость и развиваются некоторые болезни. К примеру, из сферы агропромышленного производства России в связи со стойкой утратой трудоспособности и выходом на инвалидность ежегодно выбывает около 75 тысяч работающих трудоспособного возраста. Профессиональная заболеваемость сельских тружеников привела к тому, что за 10...20 лет до наступления пенсионного возраста 70% обученных и высоко-квалифицированных механизаторов оставляют работу трактористов и до пенсионного возраста не доживают около 75% механизаторов [1-3]. Существующий дискомфорт на рабочих местах по параметрам шума, вибрации, загазованности и других факторов наблюдается из за того, что средства безопасности разрабатываются после того, как техника начинает производиться и поставляться в сельское хозяйство [4].

Подобную проблему можно решить правильным подбором шин, как один из основных демпферов машины

Объектом исследования являются 3 вида шин, подобранных из каталога для сельскохозяйственных тракторов класса 4.

Материалы и методы: в работе использовалось программное обеспечение Matlab/Simulink, использовался метод математического моделирования с построением имитационной модели.

Выбор критериев вибронагруженности трактора. Вибронагруженность машин регламентируется показателями общей и локальной вибрации, корректированным уровнем виброускорений и др. показателями, определяемыми СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Значения показателей вибронагруженности на рабочем месте (рабочей площадке) оператора и органах управления машины определяются в соответствии с ГОСТ 12.2.019-86.

Плавность хода трактора определяют при постоянной вибрации в диапазоне частот 0,7 … 22,4 Гц. Для оценки вибронагруженности оператора весь частотный диапазон колебаний принято делить на несколько частей (полос), называемых октавами. Ускорения при различных частотах действуют на человека по-разному, наиболее опасными для человека являются вертикальные вибрации, действующие в диапазоне 3…10 Гц, т.к. именно в этом частотном диапазоне находятся собственные частоты наиболее важных внутренних органов человеческого организма [5, 6].

Имитационная модель подрессоривания кабины трактора. Принятые допущения. *Имитационная модель в программном комплексе Matlab/Simulink с использованием элементов из библиотеки Simscape представляет собой динамическую модель, имитирующую движение трактора по гармоническим неровностям.*

Все массы, используемые в имитационной модели приведены к центру масс колеса.

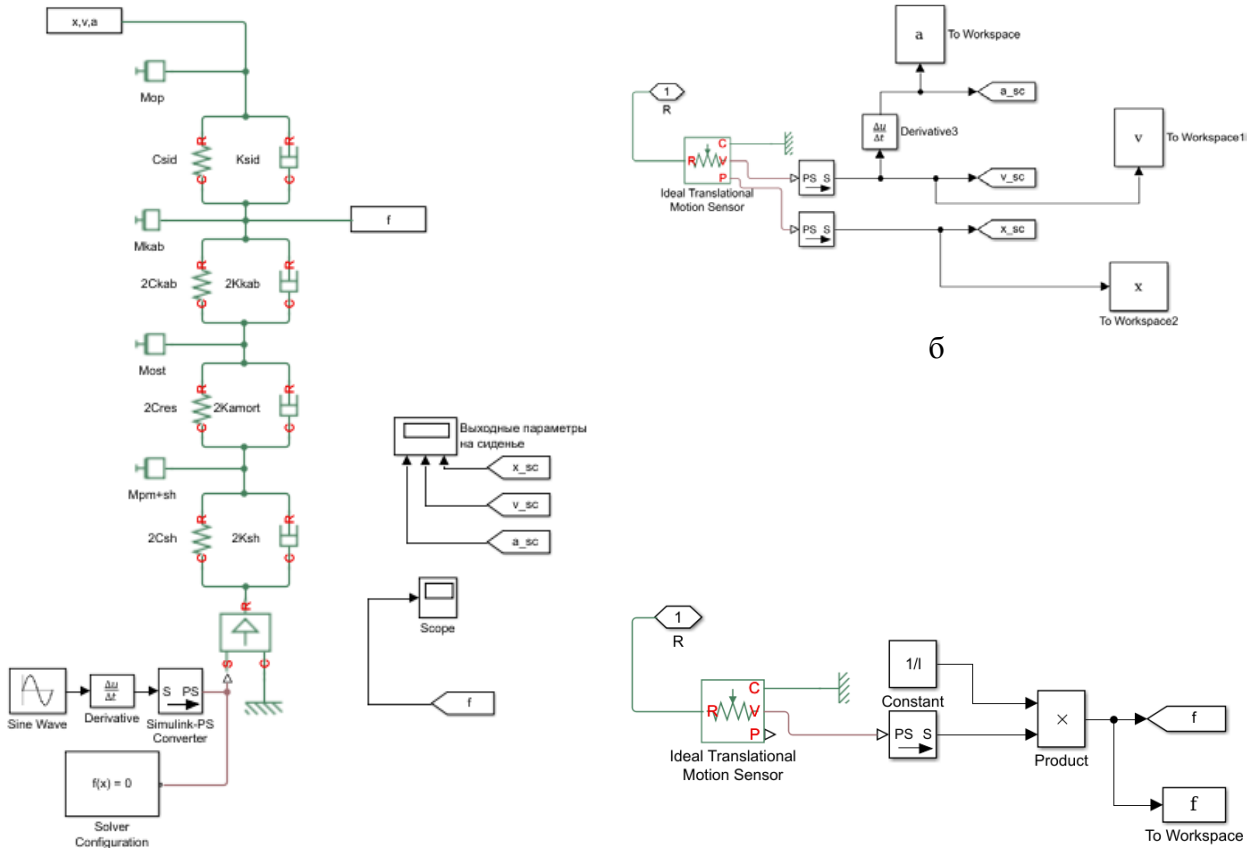


Рис. 1. **Имитационная модель трактора класса 4 (а), подсистема x,v,a (б), подсистема f (в)**

Блок Sine Wave на рисунке 1а генерирует синусоидальные колебания высотой 0.1м с частотой 10Гц, имитируя движение транспортного средства поперек картофельного поля. Изменяемыми параметром в модели являются коэффициенты демпфирования и жесткости шин, при этом декремент затухания, используемый в расчёте коэффициента демпфирования был получен экспериментальным путем 3х вариантов шин при одинаковом давлении в 60кПа: 21.3R24 модели НКФ-46, 21.3R24 модели ФД-14А и 66х43-25 LGP TIRES. Зависимость нагружения и разгрузки представлены на рисунке 2.

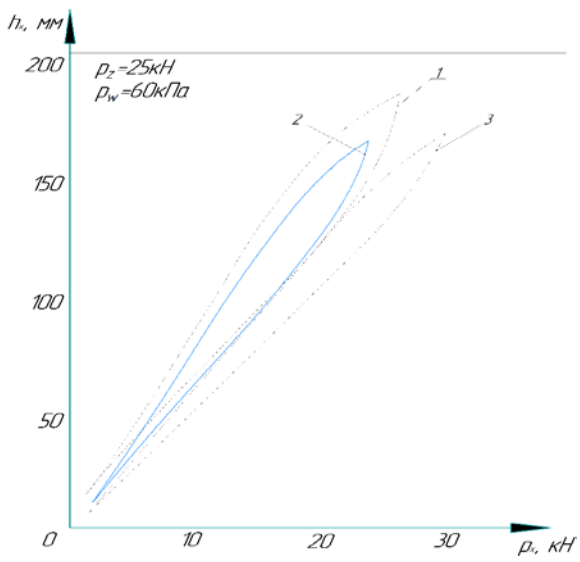


Рис. 2. **Кривая нагружения и разгрузки для шин типоразмера 21.3R24 модели ФД-14А**

(1) кривая нагружения и разгрузки для шин типоразмера 66х43-25 LGP TIRES (2) кривая нагружения и разгрузки для шин типоразмера 21.3R24 модели НКФ-46 (3)

(2)

В результате работы математической модели были получены показатели виброускорений и виброскорости на сиденье оператора, представленные на рисунке 3-5.

Рис. 3. **Зависимость виброускорения и виброскорости от времени на сиденье оператора для шин типоразмера 66х43-25 LGP TIRES**

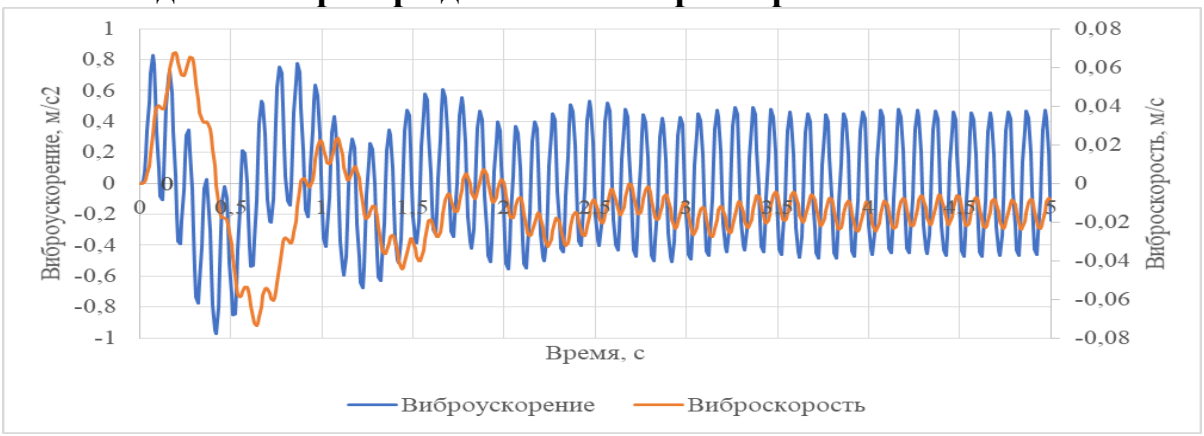


Рис. 4. **Зависимость виброускорения и виброскорости от времени на сиденье оператора для шин типоразмера 21.3R24 модели ФД-14А**

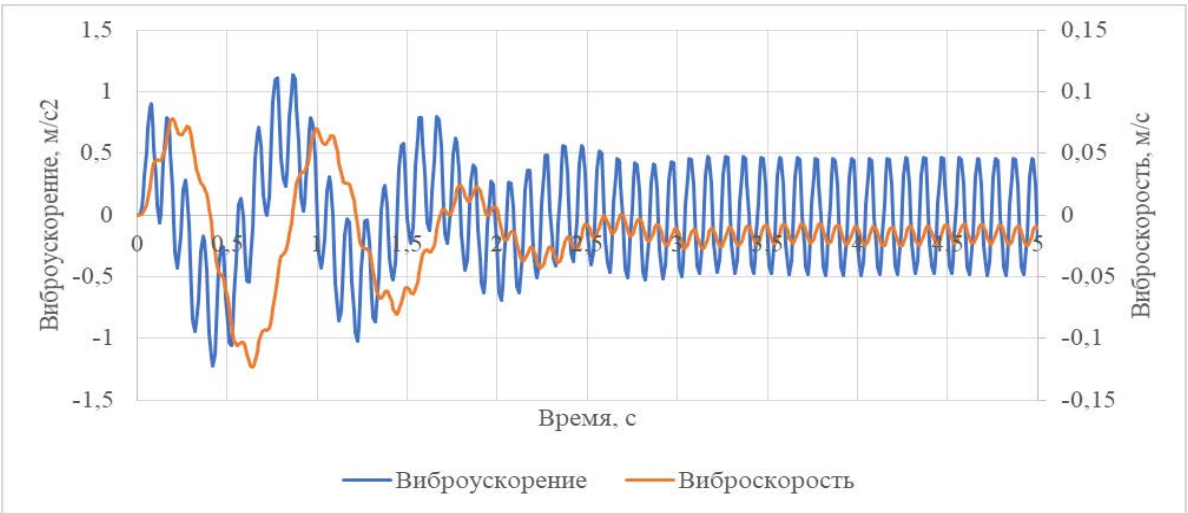


Рис. 5. **Зависимость виброускорения и виброскорости от времени на сиденье оператора для шин типоразмера 21.3R24 модели НКФ-46**

Показателем эффективности работы колеса, как демпфера являются 2 показателя: время гашения колебаний и максимальная амплитуда виброускорения. Данные показатели сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Показатели эффективности работы колеса как демпфера

Типоразмер и модель шины	Время гашения колебаний, с	Максимальная значение виброускорения, м/с^2
66х43-25 LGP TIRES	3.43	0.855
21.3R24 модели ФД-14А	**2.33**	**0.528**
21.3R24 модели НКФ-46	3.138	1.288

Результаты и выводы. На основании представленных результатов и статистически обработанных данных можно с уверенностью сказать, что эффективнее гасит колебания частотой 10Гц и высотой неровности 0.1м из представленных вариантов шин с давлением в 60кПа – вариант с шинами типоразмером 21.3R24 модели ФД-14А. т.к. показывает лучшие результаты по по обоим критериям работы колеса как демпфера.

Обсуждение и заключения. Результаты данного исследования могут быть полезны производителям колесных сельскохозяйственных тракторов класса 4 с точки зрения правильного подбора типоразмера и модели шин для максимального снижения колебаний ответственных деталей, в т.ч. и кабины.

Библиографический список

1. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний: Пер. с англ. – М.: Мир. 1988.
2. Потураев В.Н., Дырда В.И. Резиновые детали машин. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение.1977.
3. Ермаков А.И., Лазуткин Г.В., Паровай Ф.В. и др. Упругодемпфирующие и динамические характеристики виброизоляторов из проволочных материалов различных типов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2014. № 5 (47), часть 1. С. 54-61.
4. Шеховцов К.В. Снижение уровня вибронагруженности рабочего места оператора трактора за счет применения динамических гасителей колебаний в системе подрессоривания кабины: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.05.03. Москва. 2014. 159 с.
5. Савочкин В.А., Шишанов С.М. Основы линейной теории подрессоривания транспортных и тяговых гусеничных машин. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение». – М.: МГТУ «МАМИ». 2007. 93 с.
6. Селифонов В.В., Хусаинов А.Ш., Ломакин В.В. Теория автомобиля. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение». – М.: МГТУ «МАМИ». 2007. 102 с.

УДК 631.372

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЭС ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

***Перевозчикова Наталия Васильевна**, кандидат технических наук, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, perevoz68@mail.ru*

***Грибов Иван Васильевич**, аспирант кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, gribov-ivan2010@yandex.ru*

***Аннотация**. Приведена методика определения комплексного показателя технологического уровня для тракторов тягового класса 1,4 и степень удовлетворенности потребителя на основе циклограммы качества.*

***Ключевые слова:** Квалиметрия, циклограмма качества, технологический уровень, оценка тракторов.*

***Abstract**. Describes methods of determining the complex index of technological level for tractors of traction class 1,4 and the degree of customer satisfaction based on the cyclogram quality.*

***Keywords**: Qualimetry, cyclogram of quality, technological level, evaluation of tractors.*

Технический уровень оцениваемых изделий, например, в машиностроения это трактора, для которых существенно важно значение каждого из учитываемых показателей применяется дифференциальный метод оценки качества продукции [1]. Он осуществляется путем сопоставления показателей (таблица 1) отдельных свойств оцениваемого образца с соответствующими показателями базового образца. При этом определяют, соответствует ли качество оцениваемого изделия качеству базового образца в целом, и какие показатели свойств оцениваемого изделия превосходят или не соответствуют показателям базового образца, а также, насколько отличаются друг от друга аналогичные показатели свойств. А при сравнении группы тракторов определяется наивысшее значение по каждому показателю, при помощи анализа индивидуальных параметров.

$$Q_i = {P_{оц}}/{P_{баз}} \quad (1)$$

где Q_i – относительный показатель качества, оцениваемый по i-му свойству;
$P_{оц}$ – значение i-го единичного показателя свойства оцениваемой продукции;
$P_{баз}$ – значение i-го показателя базового образца.

Данная формула применяется для расчета относительного показателя в тех случаях, когда повышение качества характеризуется увеличением показателя (скорость, стоимость, производительность).

Таблица 1

Показатели для оценки тракторов

№	Показатель	Беларус 320	Беларус 82.1	Беларус 920	New Holland T4F	CLAAS 330
	Номинальная мощность, кВт	25	60	62	57	68
	Тяговый класс	0,6	1,4	1,4	1,4	1,4
1	Полнота использования мощности, кВт/кН	1,56	1,7	1,77	1,58	2,1
2	Показатель возможного балластирования (энергонасыщенность), кВт/кН	1,56	1,7	1,77	1,58	2,1
3	Количество технологических пространств под оборудование	2	2	2	2	2
4	Количество технологических пространств под емкости	2	2	2	2	2
5	Производительность выполнения тех. процесса	1	2,37	2,35	2,3	2,5
6	Стоимость выполнения тех. процесса, руб.	1150	850	867	1182	1188
7	Давление движителя на почву, кПа	80	93	77	154	90
8	Работа на междурядье (регулировка)	150	560	520	400	355
9	Маневренность (радиус поворота)	3,7	4,1	4,5	3,1	4,3
10	Агротехнический просвет, мм	320	510	510	323	440
11	Транспортная скорость, км/ч	25	35	38	40	40
12	Грузоподъемность передней навески, кг	500	1750	1750	1835	2800
13	Грузоподъемность задней навески, кг	750	3200	3200	3000	2900
14	Передний ВОМ	1	0,5	0,5	1	1

По данным таблицы 1 [2, 3], проводим построение циклограммы. Для получения одной размерности для разных показателей приводим их в процентном выражении, принимая наилучшее значение показателя за 100%, а наихудшее за 0%. Промежуточные значения определяются вычислением.

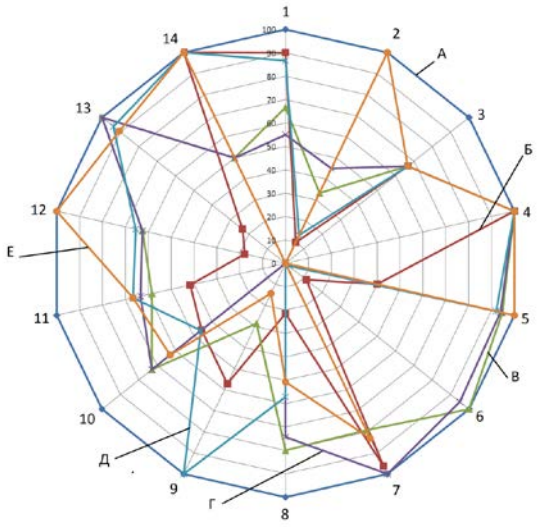


Рис. 1. **Циклограмма качества тракторов тягового класса 1.4**
(А – эталонный трактор, Б – Беларус 320, В – Беларус 82, Г – Беларус 920, Д – New Holland T4F, Е – Claas 330)

Количественно величину итогового показателя качества, т.е. уровень качества ($У_к$) рассчитывают как определение среднего арифметического значения всех уровней учитываемых свойств ($У_i$), сопоставляемых (оцениваемого и базового) образцов (объектов).

Площадь многоугольника определяется по формуле:

$$У_к = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} У_i \qquad (2)$$

Из циклограммы видно, что площадь, занимаемая многоугольниками свойств оцениваемых тракторов, меньше площади, занимаемой многоугольником свойств эталонного трактора. Это свидетельствует о том, что технологический уровень и, следовательно, качество изделия по совокупности свойств уступает уровню эталона в группе, несмотря на то, что значения отдельных показателей тракторов равны показателю эталонного трактора.

Таблица 2

Площадь заполнения многоугольника, в процентах

Модель трактора	Беларус 320	Беларус 82.1	Беларус 920	New Holland T4F	CLAAS 330	Эталонный трактор
% заполнения	24,34	50,84	49,98	42,88	41,54	100,00

По результатам проведенных исследований по оценке уровня тракторов тягового класса 1.4 (таблица 2), видно, что трактора Беларус 82 и Беларус 920

имеют наибольшее значение площади по циклограмме. Это говорит о том, что показатель технологического уровня данных тракторов наибольший в группе оцениваемых тракторов. По графическому изображению, можно определить по каким показателям трактора имеют преимущество, а по каким проигрывают.

Библиографический список

1. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции. М.: Филинь, 2004. 296с.

2. ГОСТ 4.40-84. Тракторы сельскохозяйственные. Номенклатура показателей.

3. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. Учебник. М.: Инфа-М, 2014. 506 с.

УДК631.372

АГРЕГАТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

***Кутьков Геннадий Михайлович**, доктор технических наук, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, gkutkow@yandex.ru*

***Перевозчикова Наталия Васильевна**, кандидат технических наук, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, perevoz68@mail.ru*

***Аннотация**. Рассмотрена система агрегатирования трактора и сельскохозяйственной машины в зависимости от технологии сельскохозяйственного производства, характеристики машины и технической концепции трактора. Предложена перспективная системы агрегатирования на основе электротрактора высокой энергонасыщенности в сочетании с технологическим комплексом, обладающим трансмиссией и ведущими колесами с приводом от тракторного двигателя.*

***Ключевые слова**: трактор, сельскохозяйственная машина, энергонасыщенность, агрегатирование, технический уровень, техническая концепция.*

***Abstract.** The system of tractor and agricultural machine aggregation depending on the technology of agricultural production, characteristics of the machine and the technical concept of the tractor is considered. The perspective system of aggregation on the basis of the electric tractor of high energy saturation in combination with the technological complex possessing a transmission and driving wheels with the drive from the tractor engine is offered.*

***Keywords**: tractor, agricultural machine, energy saturation, aggregation, technical level, technical concept.*

Способ агрегатирования трактора с сельскохозяйственной машиной

зависит, главным образом, от двух факторов: технологии сельскохозяйственного производства, определяющей техническую характеристику сельскохозяйственных машин, и технического уровня трактора. В статье предпринята попытка проследить развитие системы агрегатирования трактора и сельскохозяйственной машины, а также рассмотреть способ агрегатирования на современном этапе и в перспективе, по мере совершенствования технологии сельскохозяйственного производства и конструкции сельскохозяйственной техники.

Развитие технической концепции трактора. Развитие технической концепции трактора следует рассматривать в зависимости от изменения энергонасыщенности. В соответствии с прогнозом [1] трактор в своём развитии должен пройти три стадии, три поколения, каждое из которых характеризуется своей технической концепцией, определяемой уровнем энергонасыщенности

$$Э_{тр} = N_э/G_{тр}, \quad (1)$$

где $N_э$ – эксплуатационная мощность двигателя, кВт; $G_{тр}$– эксплуатационный вес трактора, кН.

Первое поколение тракторов соответствует тяговой концепции, которая характеризуется таким согласованием эксплуатационной мощности двигателя $N_э$ и эксплуатационного веса $G_{тр}$ трактора, при котором полная мощность двигателя может быть реализована в технологическом процессе, выполняемом МТА, только через силу тяги $P_{кр}$. Этим условиям соответствует энергонасыщенность от минимальной, присущей первым серийно выпускаемым тракторам, до эталонной [2], равной 1,5 кВт/кН для колесных тракторов и 1,4 кВт/кН – для гусеничных (материалоемкость 0,67 и 0,71 кН/кВт). Эталонная энергонасыщенность рассчитывается по выражению

$$Э_{тр.э} = \varphi_{кр} v_{тр.н}/\eta_т, \quad (2)$$

где $\varphi_{кр}$ – коэффициент использования веса трактора; $v_{тр.н}$ – номинальная скорость трактора; $\eta_т$ – максимальный тяговый КПД трактора.

Значение эталонной энергонасыщенности длительное время сохраняется практически постоянным, потому что показатели, входящие в выражение (2), помимо скорости, остаются неизменными. Отклонение энергонасыщенности от эталонного значения снижает эксплуатационно-технологические показатели трактора [2].

Первый этап развития технического уровня соответствует энергонасыщенности первых тракторов, пришедших на замену живой тягловой силы, 0,8 ...0,9 кВт/кН и обладающих рабочей скоростью 3...5 км/ч. *Это – тракторы первого поколения.* По мере закономерного повышения технического уровня тракторов увеличивалась их энергонасыщенность и рабочие скорости. При энергонасыщенности 1,4…1,5 кВт/кН наступил предел повышения рабочих скоростей МТА, регламентируемый правилами агротехники. Трактор утрачивает присущую ему техническую концепцию и при дальнейшем повышении энергонасыщенности приобретает новую – *тягово-энергетическую концепцию*. *Это тракторы второго поколения.*

На втором этапе развития технического уровня снижение

материалоемкости и чрезмерное повышение энергонасыщенности трактора может компенсироваться до уровня эталонной только искусственным повышением материалоемкости и снижением энергонасыщенности, т.е. применением балластных грузов или третьего подкатного моста с активным приводом колес о ВОМ трактора [2]. На третьем этапе трактор будет развиваться преимущественно как энергетическое средство, главным образом как источник энергии, утративший, в значительной мере, свойства тягача. *Это трактор третьего поколения, энергетической концепции.*

Границы энергонасыщенности. Теоретически граница между тракторами первого и второго поколения определена значением эталонной энергонасыщенности – 1,5 кВт/кН, когда балластирование становится необходимым. Между вторым и третьим поколением следует принимать границу энергонасыщенности, соответствующую максимальному балластированию трактора, выше которого оно применяться не может. Руководствуясь представлением авторов о предельном весе балластных грузов по соображениям конструктивного и эксплуатационного характера, и учитывая данные работы [3], можно принять коэффициент балластирования равным $k_б=G_б/G_{тр}=0,5$. Не выше.

Результаты расчета граничной энергонасыщенности тракторов всего типоразмерного ряда, начиная с трактора тягового класса 2, при этих условиях приведены в таблице 1.

Таблица 1

Энергонасыщенность трактора при балластировании $G_{б.м} = 0,5\ G_{тр}$

Тяговый класс трактора	2	3	4	5	6	8
Вес трактора, кН	50	75	100	125	150	200
Вес балласта, кН	25	37,5	50	62,5	75	100
Вес трактора с балластом, кН	75	112	150	187	225	300
Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	112,5	168	225	280	337	450
Энергонасыщенность трактора, кВт/кН	**2,25**	**2,24**	**2,25**	**2,24**	**2,25**	**2,25**

Исходя из современных представлений о техническом уровне трактора будущего, экспертно можно принять предельную энергонасыщенность трактора третьего поколения равной 4,5…5,5 кВт/кН. Тогда, на основании данных таблицы 1, границы между поколениями тракторов, определяются следующими значениями энергонасыщенности:

I поколение – верхний предел $Э_{тр}=1,5$ кВт/кН;

II поколение – пределы $Э_{тр}=1,5…2,25$ кВт/кН;

III поколение – пределы $Э_{тр}= 2,25…4,5$ кВт/кН

Вес и тяговые свойства трактора. Проследим (таблица 1) изменение веса и силы тяги трактора по мере изменения его технической концепции на

примере трактора класса тяги 3, начиная с номинальной энергонасыщенности ($Э_{тр.э}$=1,5 кВт/кН).

Таблица 2

Энергонасыщенность и материалоемкость трактора

	I ПОКОЛЕНИЕ	II ПОКОЛЕНИЕ	III ПОКОЛЕНИЕ
N_e, кВт	112	112	112
$G_{тр}$ кН	75	50	25
$Э_{тр.э}$, кВт/кН	1,5	2,24	4,48
$Р_{кр.н}$, кН	30	20	10

При коэффициенте использования веса трактора $\varphi_{кр}$= 0,4 и эталонной энергонасыщенности $Э_{тр.э}$ = 1,5 кВт/кН, эксплуатационная мощность двигателя $N_э$ трактора первого поколения составит 112 кВт. В соответствии с принятыми выше значениями граничной энергонасыщенности в таблице 2 приведены вес и номинальная сила тяги трактора во всех трех поколениях при сохранении неизменной мощности двигателя. В заводской комплектации без балласта вес трактора изменяется от 75 кН до 25 кН, а номинальное тяговое усилие от 30 до 10 кН (класс тяги 0,9). При балластировании трактора третьего поколения ($G_{тр}$=25 кН) грузом, равным половине веса трактора ($k_б$=0,5) и принятого нами предельным, он может развивать номинальную силу тяги 15 кН, вследствие чего станет трактором тягового класса 1,4. Забалластировать трактор третьего поколения до веса 75 кН, соответствующего весу трактора первого поколения, технически не реально, потому что в этом случае вес балласта должен быть вдвое больше веса трактора. Следовательно, балластирование на этом уровне, как система компенсации снижения технологических свойств трактора вследствие повышения его технического уровня трактора, не работает. Необходимы иные решения использования «излишка» мощности трактора третьего поколения в целях сохранения его технологических свойств на должном уровне.

Технологии в полеводстве и системы агрегатирования. На рисунке 1 приведена примерная картина соотношения веса трактора $G_{тр}$ и веса $G_{тч}$ технологической части МТА для трех поколений тракторов. Условно принято, что вес машинно-тракторного агрегата $G_{МТА}$ сохраняется неизменным во времени.

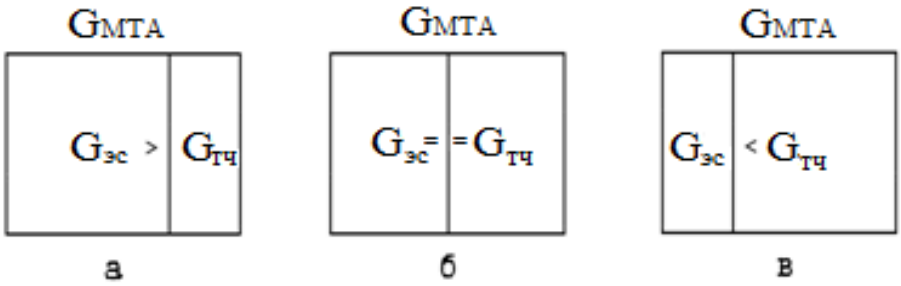


Рис. 1. **Соотношение веса трактора $G_{тр}$ и веса $G_{тч}$ технологической части МТА для трех поколений тракторов**

На первом этапе развития технического уровня трактор агрегатировался, как правило, с одной машиной (рисунок 1, а) меньшего веса, чем вес трактора. С повышением энергонасыщенности до уровня, присущего трактору второго поколения, его вес $G_{тр}$ (рисунок 1, б) уменьшился в соответствии с закономерностью технического прогресса, а вес технологической части возрос вследствие закономерного развития и совершенствования технологии сельскохозяйственного производства. Повышалась производительность, агротехнические и экологические свойства работы агрегата. Появились интенсивные технологии, увеличилось применение химических препаратов, изменилась система агрегатирования МТА, возникли комбинированные машины и комбинированные агрегаты, способные выполнять несколько операций за один проход МТА. Наряду с балластными грузами тракторы догружаются навесными машинами и орудиями, а также емкостями с технологическим материалом. Предложена блочно-модульная система агрегатирования, основанная на применении третьего подкатного моста с активными колёсами (транспортно–технологический модуль – ТТМ) и приводом от ВОМ трактора [2].

Современный этап развития сельскохозяйственного производства характеризуется продолжением совершенствования технологической части МТА. На смену комбинированным агрегатам пришли и широко используются технологические комплексы (основной обработки почвы, посевные, уборочные), а также тяжелые агрегаты для внесения удобрений, орошения и др. Это технологическое оборудование отличается большим весом, высоким тяговым сопротивлением и энергопотреблением для привода рабочих органов технологического оборудования. Так, посевные комплексы «Кузбасс» весом от 59 кН до 130 кН (в зависимости от ширины захвата) требуют применения тракторов с мощностью двигателя от 130 до 300 кВт.

Таким образом, по мере развития машинных технологий в сельскохозяйственном производстве вес $G_{Тч}$ технологической части агрегата, а, следовательно, и потребность в силе тяги нарастает, а вес и тяговые свойства трактора – снижаются. *Возникает дефицит силы тяги, с одной стороны, и неиспользуемый излишек мощности тракторного двигателя, с другой стороны.* Совершенствование технического уровня трактора входит в противоречие с его технологическими свойствами. *Кардинальным решением проблемы служит «утилизация» – использование веса $G_{Тч}$ в качестве сцепного.* В этом случае массу трактора теоретически можно неограниченно перемещать в технологическую часть, сохраняя высокими тяговые свойства МТА в целом. Проследим это на примере МТА, состоящим из трактора третьего поколения и технологических комплексов «Кузбасс». Тракторы третьего поколения с двигателями указанной мощности обладают весом

$$G_{тр} = {N_э}/{Э_{тр}} = {130}/{4,5} = \mathbf{28,8\ кН};\ {300}/{4,5} = \mathbf{66,7\ кН}.$$

(Вес тракторов первого поколения с двигателями этой мощности – **87 и**

200 кН соответственно.) Тракторы третьего поколения способны развивать силу тяги $P_{кр}= \varphi_{кр}G_{тр}$, равную 11,5 кН и 26,7кН. Технологические комплексы, агрегатируемые с этими тракторами и снабжённые активными колёсами, могут создавать силу тяги 23,6 и 52 кН, т.е. превосходящую силу тяги трактора вдвое и достаточную для того, чтобы сообщать движение не только технологической части, но и трактору, т.е. МТА в целом.

Использование тракторов первого поколения вместо тракторов третьего поколения с современным технологическим оборудованием значительно увеличит материалоёмкость МТА, приведет к повышенному расходу топлива и вредного воздействия движителей трактора на почву.

В качестве технического решения проблемы агрегатирования перспективных машинно-тракторных агрегатов следует рассматривать применение электротракторов [4] и электропривода [5] на активные колеса сельскохозяйственных машин. На современном, начальном этапе качественное преобразование технологий сельскохозяйственного производства на основе тракторов третьего поколения можно осуществить более доступными средствами, включая применение транспортно-технологического модуля.

Выводы. Каждому из трех поколений развития трактора соответствует своя система агрегатирования, соответствующая уровню развития технологий сельскохозяйственного производства. Для тракторов второго поколения следует признать прогрессивной наряду с применением балластирования, блочно–модульную систему агрегатирования, а для тракторов третьего поколения – блочно–модульную систему агрегатирования и применение сельскохозяйственных машин с активным приводом колес от энергии тракторного двигателя.

Библиографический список

1. Кутьков Г.М., Чухчин Н.Ф., Мусин А.Р. Технологические и агротехнические основы развития МЭС как трактора второго поколения тягово–энергетической концепции // М: ГОНТИ–НПО «НАТИ». 1983. С. 3-9.

2. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства // М.: Инфра-М. 2014. 506 с.+10,66 ЭБС.

3. Кутьков Г.М., Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. Балластирование сельскохозяйственных тракторов // М.: Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 9. С. 21-23.

4. Fendt e100 Vario//www.fendt.com.

5. John Deere – электротрактор SESAM//ecotechnica.com.ua.

УДК 625.711.2:625.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛОТНА ДОРОГ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

***Матвеев Владимир Афанасьевич**, доцент кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vladimir_193@mail.ru*

***Аннотация.** Предложено внести незначительные изменения в конструкцию дорожной плиты, позволяющее обеспечить их шарнирное соединение, что устранит относительное перемещение смежных плит в вертикальной плоскости вследствие их проседания или выпучивания. 2. С целью снижения затрат на строительство дорог местного значения предложено вместо дорожных плит выкладывать только колеи шарнирно соединенными в два ряда, армированными, бетонными брусьями. Шарнирное соединение плит и брусьев снижает требования к сооружению дренажной подосновы дороги.*

***Ключевые слова:** дорожная плита, бетонные брусья, колея, шарнирное соединение.*

***Abstract.** It is proposed to make minor changes to the design of the road slab, allowing for their swivel connection, which will eliminate the relative movement of adjacent slabs in the vertical plane due to their sagging or bulging. 2. In order to reduce the cost of construction of local roads, it is proposed to lay out only track pivotally connected in two rows, reinforced concrete bars instead of road slabs. Swivel plates and bars reduces the requirements for the construction of the drainage sub-base of the road.*

***Keywords**: road plate, concrete beams, track, swivel.*

В данном сообщении рассматриваются наиболее приемлемые способы строительства внутрихозяйственных, так называемых, проселочных дорог. Дороги, в жизнедеятельности сельских хозяйств играют огромную роль. Как кровеносная система живого организма, обеспечивают жизнеспособность сельских поселений, а именно, демографический уровень, производственные возможности, трудовую занятость. Чаще всего это грунтовые дороги, которые в ненастный период превращаются в бездорожье. Использование техники высокой проходимости значительно ухудшает состоянии проезжей части, образуются колеи. В такой ситуации транспортные расходы резко возрастают, что негативно сказывается на себестоимости продукции.

Внутрихозяйственные дороги отличаются малой интенсивностью движения со скоростями, не превышающими порядка 30…40 км/час. Конструкция таких дорог, как правило, представляет собой самый дешевый бюджетный, вариант, типа «пять Б» (VБ). Это дороги с гравийно-щебеночным покрытием. Такая дорога требует ежегодного ремонта, так как в результате проседания, вспучивания образуются выбоины.

Более долговечное дорожное покрытие из бетонных дорожных плит.

Такое дорожное покрытие тоже имеет серьезные недостатки. Во-первых, относительно высокая стоимость. Во-вторых, требуется качественная подготовка подосновы дорожного полотна. Чаще всего в хозяйствах, при укладке плит этими требованиями пренебрегают. В результате, по весне, из-за неоднородного вспучивания грунта, особенно на участках с повышенном содержанием влаги, проезжая часть превращается в стиральную доску. Дорожные плиты, перемещаясь относительно друг друга, образуют пороги. Преодолевать такие участки можно только на малой скорости. Относительное перемещение плит в вертикальной плоскости можно устранить, если при укладке плиты соединить шарнирно. С этой целью в конструкцию плиты следует внести изменения, а именно, по торцам плиты на закладные грузовые проушины наварить петли шарнира. На рисунке1 показана схема соединения дорожных плит с использованием приваренных петель. Эскиз дополнительных деталей шарнира представлен на рисунке 5.

Порядок укладывания плит. Подготовку дорожного полотна можно упростить, ограничиться выравниванием поверхности грунта с использованием минимального количества песка. Очередную плиту соединяют без зазора с предыдущей. Последовательность операций при монтаже очередной плиты можно пояснить рисунок 3. Отверстия наварных петель шарнира 4 смежных плит совмещают, что позволяет вставить Г-образный стержень, который затем загибают, образуя шарнир. При такой конструкции дороги выпучивание грунта вследствие замерзания вызовет образование волн, но не создаст порогов.

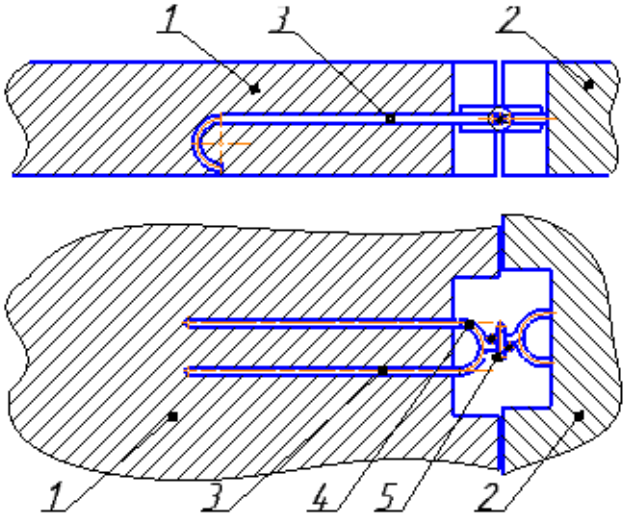


Рис. 1. **Шарнир соединения плит**

Вид сверху: 1,2 – смежные плиты; 3. – грузовая проушина; 4 – наваренная петля шарнира; 5 – Г-образный стержень шарнира.

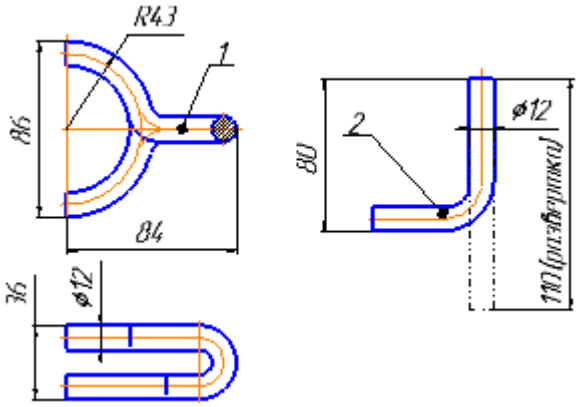


Рис. 2. **Элементы шарнира:**
1 – петля приварная; 2 – Г-образный стержень.

Средняя зона проезжей части из плит практически не используется. Поэтому возникла идея укладывать бетонными изделиями только колеи. На рисунке 3 представлена конструкция железобетонных брусьев (пасынков) для укладки в колею. Предполагается брусья изготавливать по той же технологии, что и дорожные плиты. Размеры бруса 1500х(200…300)х170 мм. можно считать оптимальными. Толщина бруса 170 мм, как и у дорожной плиты. Ширина 200…300 мм обусловлена тем, что брусья укладываются в два ряда в каждой колее, образуя с учетом зазора в сумме колею шириной 450…650 мм. Каждый брус по краям и середине имеет закладные элементы, стержни с петлями, предназначенные для шарнирного соединения между собой по подобию дорожных плит. Фрагмент конструкции колейной дороги представлен рисунком 4. Основной брус 1 предназначен для выкладывания прямолинейных участков дороги. Вспомогательный брус 2 используется для выравнивания начала и конца выложенного участка, а также для изменения траектории выкладываемой колеи в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Следует иметь в виду, что поворот

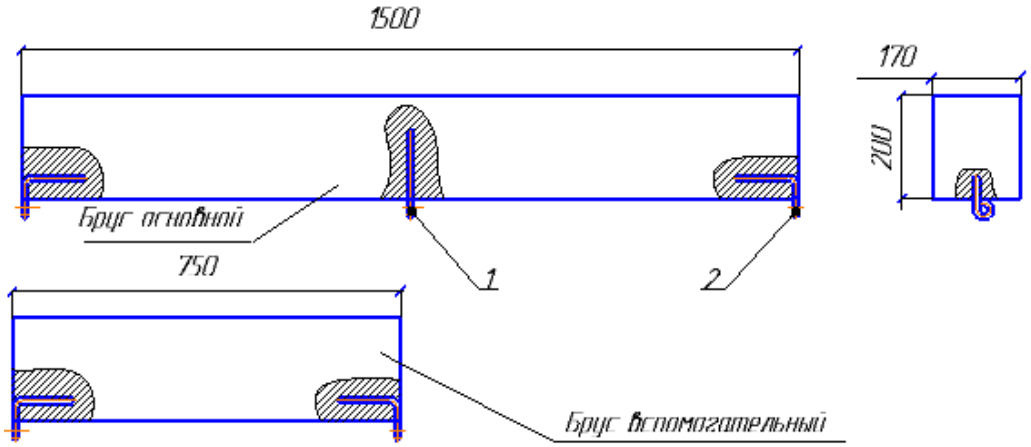


Рис. 3. **Конструкция колейных брусьев**
1, 2 – закладные стержни с петлями.

дороги (колеи) можно осуществить, применив брусья разной длины, с учетом радиуса закругления. Существенным и обязательным для выполнения требование – укладка брусьев в каждой колее в шахматном порядке, что

обеспечивает более равномерное распределение нагрузки от колеса между ними. Технологический процесс строительства участка колейной дороги включает два этапа, начальный – подготовительный и заключительный – исполнительный. На начальном этапе для предполагаемого участка следует изготовить необходимое количество армированных основных и вспомогательных дорожных брусьев, обратив особое внимание на положение закладных стержней с петлями. Отверстия в петлях должны быть соосны, то есть на одной прямой. Средний стержень 1, рисунок 5, должен располагаться точно в среднем сечении бруса. Шарнирное соединение брусьев представлено

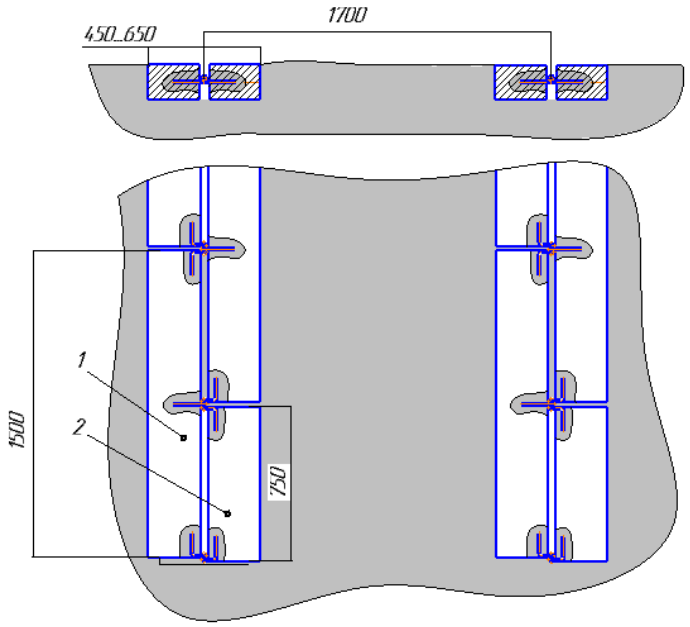


Рис. 4. **Фрагмент колейной дороги**

1 – основной брус. 2 – вспомогательный брус.

На заключительном этапе, перед укладкой брусьев, используя бульдозер-экскаватор, следует выровнять полотно дороги и сформировать колеи. Глубина колеи должна быть не менее толщины бруса, а ширина – обеспечить

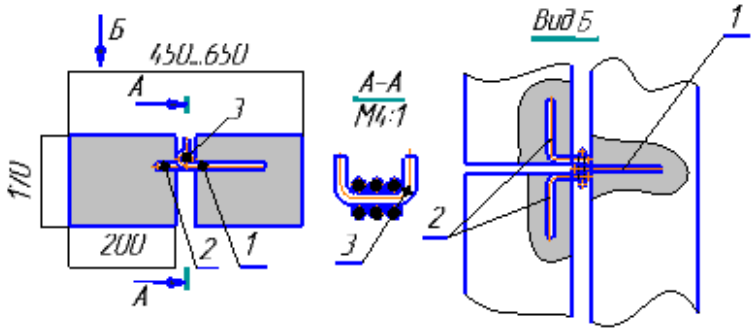


Рис. 5. **Конструкция шарнирного соединения брусьев**

1, 2 – закладные стержни с петлями. 3 – Г-образный стержень после окончательного загиба.

укладку двух смежных брусьев параллельно. При необходимости дно колеи выровнять слоем песка. Брусья укладывать со сдвигом, в шахматном порядке, чтобы нагрузка от колеса транспортного средства полностью не передавалась

на стык. При прохождении стыка нагрузка от колеса передается на середину смежного бруса и на стык. Проседание торцов брусьев если и произойдет, то только одновременно с серединой смежного бруса. Зазор между смежными брусьями составит не более 50 мм, при диаметре материала петель и Г-образного стержня 12 мм. Колесо транспортного средства при этом перекатывается по двум смежным брусьям. Ширина колеса значительно превосходит зазор в 50 мм в продольном направлении и потому он не окажет существенного влияния на плавность хода транспортного средства. По сравнению с прототипом, дорожной плитой, предложенное устройство позволит снизить расход бетона в 2,5…3 раза, в зависимости от ширины армированного бетонного бруса. Так, например, покрытие из дорожных плит 2П-30-18-30 имеет ширину проезжей части равной длине плиты, соответственно, 3 м, а суммарная ширина армированных бетонных брусьев с размерами поперечного сечения (0,2…0,3)х0,17 м, без учета зазора между брусьями, равна 0,8…1,2 м. Шарнирное соединение брусьев предотвращает их относительное перемещение в вертикальной плоскости, устраняя тем самым главный недостаток дорожного покрытия из плит прототипа – образование выступов-порогов в следствие неравномерного проседания от переменных нагрузок и сезонных температурных колебаний. Устройство колейной дороги значительно снижает требования к дренажной подготовке дорожного полотна. Уменьшается объем работ, снижается трудоемкость на данном этапе, а значит и стоимость строительства [1-3].

Библиографический список

1. Автомобильные дороги СНиП2.05.02-85.
2. Матвеев В.А, Летягин К.И. Дорожное покрытие для сельских дорог // Наука и техника, 01, 2018, АО «Изд. Дороги». 320 с.
3. Попов В.Г. Строительство автомобильных дорог. Пособие для мастеров и производителей работ дорожных организаций // МАДИ (МГТУ), М, 2001. 240 с.

УДК 629.05

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ПЕРВИЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

***Егоров Вячеслав Владимирович**, инженер кафедры эксплуатации МТП и ВТР, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, vacmsk@gmail.com*

***Аннотация.** В статье обоснована необходимость введения экспертной системы технической диагностики (ЭСТД) в АПК, приведены примеры разработок подобных систем для других отраслей. Автором разрабатывается ЭСТД на основе открытых баз данных, в статье описан прогресс её разработки.*

***Ключевые слова:** техническая диагностика, экспертная система.*

Abstract: *the article proves the necessity of introducing the expert system of technical diagnostics (ESTD) for agricultural machinery; also it gives examples of such systems in other branches of economy. The author develops the ESTD based on open databases; the article describes the progress of that development.*

Keywords: *technical diagnostics, expert system.*

ВВЕДЕНИЕ

Важными факторами повышения надёжности технических средств АПК являются своевременные техническое обслуживание и ремонт. В XX веке наибольшее распространение получила планово-предупредительная система ТО и Р, при которой все виды технического обслуживания и ремонта проводятся в зависимости от текущего ресурса объекта.

В настоящее время эффективность данного алгоритма ставится под сомнение [1], поскольку используемая в нём система управления надёжностью построена на общестатистических показателях и не является конкретизированной, то есть не имеет привязки к конкретному техническому объекту. Поэтому всё более широкое распространение получает система управления надёжностью по техническому состоянию, при которой интервал ремонтных работ определяется результатами диагностики, проводимой при техническом обслуживании и частично – в процессе эксплуатации [2]. Данная система основана на анализе зависимости технического состояния объекта эксплуатации от времени с использованием различных методов математической статистики.

Построение данной системы ТО и Р основано на своевременной и полноценной диагностике; однако же, в настоящий момент диагностика производится главным образом при плановых ремонтах, что противоречит сказанному выше. Следовательно, можно утверждать, что приоритет в диагностике должен отдаваться тем методам, которые имеют минимальную продолжительность и не требуют дополнительного инструментального обеспечения для их проведения.

Как указано выше, диагностирование в рамках описываемой системы может осуществляться, в зависимости от сути метода, на различных видах ТО и ремонта, начиная от низших (ЕТО, ТО-1). Существуют, однако, ситуации, в которых необходимо внеплановое диагностирование при появлении признаков (симптомов) отказа. В данной ситуации, в отличие от плановой диагностики, необходимо участие опытного специалиста, способного указать возможные неисправности, стратегии их выявления и дальнейшие действия при обнаружении той или иной неисправности.

Очевидно, что далеко не во всех случаях существует возможность оказания подобного рода помощи – к примеру, в полевых условиях необходимо самым быстрым образом выявить неисправность и пути её устранения с целью коррекции дальнейших действий, которые могут варьироваться от простейших манипуляций с оборудованием до необходимости эвакуации повреждённой техники на ремонтную базу.

В подобных условиях функции опытного специалиста могут в той или иной мере выполнять так называемые экспертные системы – программы для разного рода ЭВМ, обеспечивающие поддержку принятия решений в условиях ограниченности данных. ЭС могут быть отнесены к искусственному интеллекту и в настоящее время предлагаются и внедряются во многих сферах человеческой деятельности.

Обобщив сказанное, следует сформулировать следующие цели настоящей статьи:

– формулирование требований к экспертной системе, применяемой в целях экспресс-диагностики;

– обзор имеющихся и разрабатываемых экспертных систем в данной области;

– отчёт о прогрессе разработки экспертной системы экспресс-диагностики, её текущей функциональности и спектру возможного охвата объектов.

Требования к экспертной системе экспресс-диагностики

Одним из факторов, устанавливающих необходимость применения экспертной системы для экспресс-диагностики технических средств АПК, является, как было указано выше, необходимость оперативного реагирования на возникающие неисправности. Следовательно, первым определяющим свойством подобной ЭС является быстродействие. Данное свойство может быть достигнуто различными путями, однако, наиболее правильным было бы построение системы на принципе удалённого доступа. Широкое распространение мобильных сетей передачи данных позволяет организовать доступ к экспертной системе, развёрнутой на подключенном к интернету ПК через любой мобильный телефон, способный к чтению и передаче данных по сетям формата Edge, 3G, 4G и т.п.

Многообразие применяемой в АПК техники свидетельствует о необходимости создания ЭС, способной работать с внешними базами данных, создаваемыми специалистами для определённой модели объекта диагностики, либо общей группы объектов, обладающих сходными свойствами. К примеру, несмотря на отличия в конструкции и оборудовании тракторов МТЗ-80 и МТЗ-82, они оснащены дизелем Д-240, что позволяет не дублировать базы данных неисправностей дизеля для каждого трактора, а применять единую базу для обеих моделей.

Ещё одним требованием к подобной ЭС является возможность учёта опытных данных при определении возможной неисправности. Разумеется, это может быть достигнуто только при тщательной и добросовестной регистрации возникающих неисправностей и соответствующих им показателей. Тем не менее, подобная работа сможет быть компенсирована ускорением процесса диагностики, полученным благодаря применению экспертной системы.

Обзор экспертных систем технической диагностики

Попытки разработки экспертных систем для технической диагностики, в том числе и в АПК, принимались ещё с начала 1990-х годов. Например,

С.А. Кононогов (ГОСНИТИ) в своей кандидатской диссертации занимался созданием экспертной системы (на основе алгоритма Байеса) диагностики дизеля СМД-62. Однако автором работы отмечен ряд её недостатков, таких, как отсутствие учёта текущего ресурса объекта и необходимость непосредственного участия оператора в процессе вычислений.

Авторами [3] предложена экспертная система по контролю состояния шлифовального станка на основе анализа его виброакустических колебаний. Система способна давать оценку технического состояния станка, рекомендации по его использованию и ремонту.

В работе [4] показано применение экспертной системы на базе нечёткой логики для диагностики главных судовых дизелей. Модель экспертной системы выполнена в среде Matlab и использует ряд диагностических параметров, присущих подобным дизелям.

Также для технической диагностики предлагается [5] использование нейросетей как современного средства анализа информации. Авторами приведённой работы разработана нейронная сеть, использующая показатели работы гидромеханического регулятора газотурбинного двигателя для его диагностики.

Данные работы вносят определённый вклад в решение задач технической диагностики, однако, имеют два свойства, противоречащих приведённым выше требованиям к ЭС технической диагностики в АПК:

– ориентация ЭС на конкретный технический объект;

– закрытость базы данных и статичность алгоритма диагностики, что значительно затрудняет работу по распространению ЭС для широкого спектра объектов диагностики.

Помимо того, описанные в [5] нейросетевые технологии используют излишне сложный математический аппарат и являются ещё более узкоспециализированными, чем ЭС на основе алгоритма Байеса либо нечёткой логики, что усложняет их применение в задачах классической инженерии.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

В настоящее время автором статьи ведётся разработка программного комплекса, представляющего собой описанную в названии раздела экспертную систему. На текущий момент достигнут следующий прогресс:

– ЭС представляет собой целостный программный продукт Exsys, работа которого осуществляется без применения внешней оболочки (напр. Matlab, Mathcad). Разработка ведётся на языке Delphi, который, хотя и считается устаревшим, но предоставляет широкие возможности для удобной работы с базами данных. Необходимо отметить, что на данном этапе файлы БД хранятся в формате *.xlsx, что вынужденно требует наличия Microsoft Excel 2007+ для чтения данных. Однако все вычисления в алгоритме выполняются силами самого Exsys без применения MS Excel, поскольку имеющиеся в последнем функции анализа данных не позволяют реализовать алгоритм работы экспертной системы;

– разработаны файлы баз данных по диагностике дизелей тракторов МТЗ-

82, МТЗ-2022, Т-150, ВТ-100. В дополнение к конкретным БД имеется общая база данных неисправностей с показателями информативности того или иного метода диагностики для выявления каждой из неисправностей.

– ведётся работа по составлению своего рода сборника справочных материалов по методам диагностики и алгоритмам их осуществления, а также причинам и методам устранения неисправностей.

Дальнейшими действиями по совершенствованию ЭС Exsys будут:

– переход к использованию для баз данных собственного формата, предположительно основанного на стандартах XML или JSON, с целью ликвидации зависимости от проприетарного продукта MS Excel, а также возможности использования Exsys на смартфонах после соответствующего изменения программного кода;

– модификация ЭС для возможности работы в формате сервер-клиент с целью быстрой и беспрепятственной работы с системой на портативных устройствах даже с посредственными вычислительными возможностями.

Интерфейс Exsys приведён на рисунке 1, где показаны окна: ввода признаков и отображения неисправностей. Работа с графической оболочкой системы интуитивно понятна и осуществляется в диалоговом режиме. Вначале пользователю предлагается выбор объекта диагностирования. После подтверждения выбора система отображает список признаков (симптомов) неисправностей, указанных в файле базы данных. При указании конкретного признака пользователю задаётся вопрос о степени выраженности признака (либо уверенности в его присутствии). После подтверждения пользователем списка признаков осуществляется расчёт вероятностей той или иной неисправности, в конце которого на экран выводится список возможных неисправностей, отсортированный по степени их вероятности.

Следует отметить, что применение ЭС Exsys возможно как в диагностических, так и в образовательных целях, что позволяет расширить спектр материала, преподаваемого на теоретических и лабораторных занятиях в рамках ряда дисциплин, таких, как «Эксплуатация МТП».

Заключение

Подводя итоги проделанной обзорной и практической работы, необходимо отметить, что применение экспертных систем для технической диагностики в АПК является одной из приоритетных задач при переходе к качественно новой системе технического обслуживания в данной отрасли.

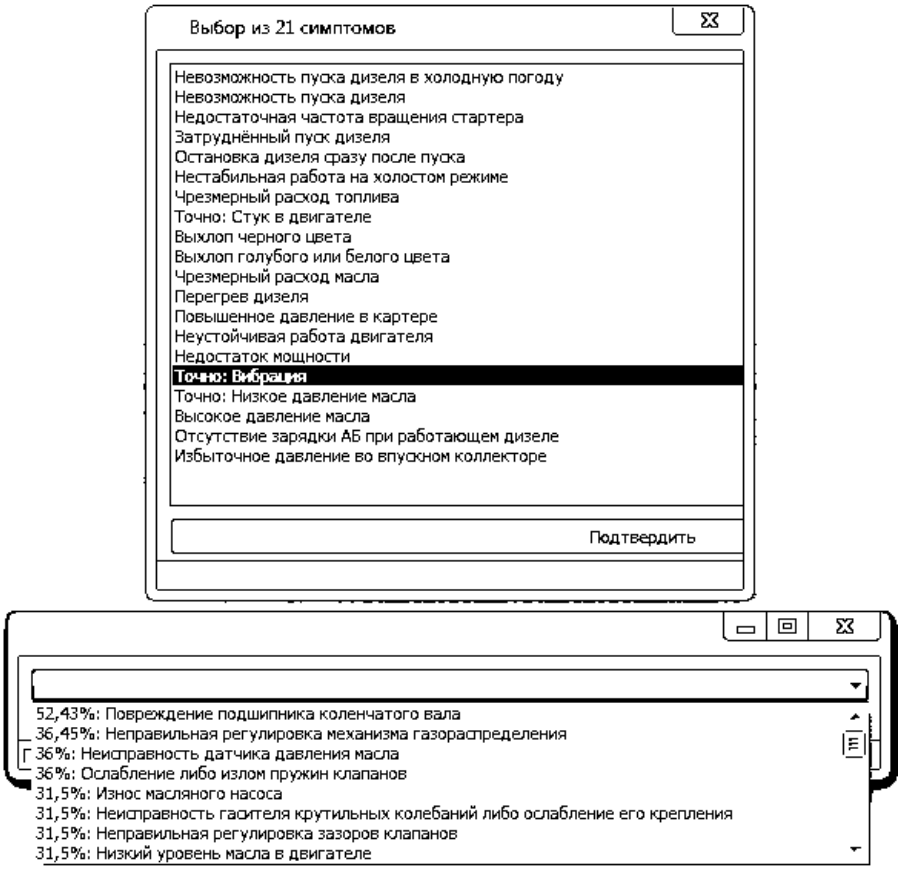


Рис. 1. **Интерфейс ЭС Exsys**

Библиографический список

1. Симон Д.В. Эксплуатационные методы повышения надёжности сельскохозяйственной техники // Вестник Донского государственного технического университета. 2015. № 4 (83). С.130-136.

2. Андриян К.Э., Курсин Д.А. Анализ и планирование технического обслуживания и ремонта сложного объекта на основе его функционального состояния // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана 2011. № 8. С.11.

3. Каракозова А.В., Игнатьев А.А. Предпосылки создания экспертной системы для контроля динамического состояния шлифовальных станков // Вестник СГТУ. 2011. № 3 (58) Выпуск 2. С.171-177.

4. Полковникова Н.А., Курейчик В.М. Разработка модели экспертной системы на основе нечёткой логики // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 1 (150). С.83-92

5. Жернаков С.В., Кобылев С.В. Использование рекуррентных нейросетей в задаче диагностики технического состояния гидромеханического автомата разгона // Вестник УГАТУ. 2011. № 3 (43). С.142-156.

УДК 656.027.4

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

***Карев Алексей Михайлович**, кандидат технических наук, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, autotrans@rgau-msha.ru*

***Алдошин Дмитрий Николаевич**, инженер автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, autotrans@rgau-msha.ru*

***Аннотация**. Показано место автомобильного транспорта в сельскохозяйственном производстве. Определена специфика грузоперевозок в условиях АПК. Оценено влияние природно-производственных условий регионов на грузопотоки. Рассмотрен выбор стратегий использования привлеченных транспортных средств с использованием биматричной теории игр. Показано взаимодействие двух партнеров, сельскохозяйственного предприятия с использованием собственного транспорта и автопредприятий сдающих транспортные средства для выполнения транспортных услуг, удовлетворяющие обоих.*

***Ключевые слова**: автомобиль, стратегия, транспортное средство, перевозка грузов, биматричная игра, равновесная ситуация*

***Abstract.** The place of motor transport in agricultural production is shown. The specificity of cargo transportation in the conditions of AIC is defined. The influence of natural and production conditions of the regions on freight flows is estimated. The choice of strategies of the involved vehicles using the matrix game theory is considered. The interaction of two partners, an agricultural enterprise with the use of their own transport and auto enterprises delivering vehicles to perform transport services satisfying both is shown.*

***Keywords:** car, strategy, vehicle, cargo transportation, bimatrix game, equilibrium situation*

Приоритетным направлением государственной Транспортной стратегии РФ до 2030 года является создание условий для повышения эффективности использования автомобильного транспорта, то есть увеличения результативности его работы при экономном, рациональном расходовании трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов.

Место автомобильного транспорта сельского хозяйства как базовой отрасли АПК определяется двойной ролью транспорта в материальном производстве. Он является составной частью обслуживаемых им производственных процессов возделывания и уборки сельскохозяйственных культур, состоящий из технологических, перевозочных и перегрузочных операций.

Автотранспортные процессы – это процессы по перемещению товаров (грузов) от места их производства до места их потребления с использованием

автотранспортных средств. Они подразделяются на транспортные и транспортно-производственные. Транспортные процессы предусматривают последовательное выполнение операций по подготовке автотранспортных средств и водителей, оформление документации, а также операции по погрузке, транспортированию и разгрузке грузов и выполнение вспомогательных операций.

Транспортно-производственные процессы предусматривают дополнительное проведение производственных операций, которые, как правило, совмещаются с погрузочно-разгрузочными работами или их замещают. Транспортные процессы оцениваются по ряду показателей: массе перевозимого груза, количеству перевезенных пассажиров, грузообороту, пассажирообороту, средним расстояниям и средним скоростям перевозок, производительности, себестоимости и др. [1].

Транспорт является частью производительных сил общества и представляет собой самостоятельную отрасль материального производства. Отсюда следует, что продукция транспорта имеет материальный характер и выражается в перемещении вещественного продукта других отраслей (например, растениеводства). Продукция транспорта имеет следующие особенности:

- материальный характер транспортной продукции заключается в изменении пространственного положения перевозимых товаров;
- на транспорте процессы производства и потребления продукции не разделены во времени, продукция транспорта потребляется как полезный эффект, а не вещь;
- транспортную продукцию нельзя накопить впрок, повышение спроса на перевозки потребует использования дополнительных провозных возможностей;
- в процессе работы транспорта не создается новый продукции, а наоборот, этот процесс сопровождается потерей физических объемов грузов;
- транспортная продукция вызывает дополнительные затраты в производящих отраслях, что вызывает несовпадение интересов экономики в целом и транспортной отрасли в частности.

Учитывая выше сказанное, важной проблемой автотранспортной отрасли является организация взаимодействия её различных групп. Таких как, транспорт общего пользования, выполняющий коммерческие перевозки грузов сторонних организаций и транспорт предприятий и организаций перевозящий свои грузы за собственный счет для производственных нужд. Эффективность взаимодействия автомобильного транспорта обеспечивается выполнением следующих мероприятий:

- единым технологическим процессом и общими технологиями работы отдельных групп транспортных средств;
- совмещенными графиками работы, позволяющими снизить простои транспорта и увязанными с работой погрузочно-разгрузочных звеньев;
- прямой перегрузки грузов, например, из емкостей компенсаторов при уборке урожая в транспортные средства;

- использованием специализированных транспортных средств.

На транспортные работы в сельском хозяйстве приходится около 30% всех затрат труда и свыше 40% затрат энергии. Доля транспортных расходов в себестоимости сельскохозяйственной продукции достигает 35-40%. В производственных процессах возделывания и уборки сельскохозяйственных культур транспортные операции составляют: для зерновых культур 42-44%, сои – 32-44%, картофеля – 39-41% [2].

АПК в значительной степени связан с природными условиями регионального и временного характеров. В региональном аспекте это выражено в различии природно-климатических и общехозяйственных условий, а во временном – в сезонном характере основного производства, особенно земледелия и кормопроизводства, со сменой видов работ в различные периоды года и значительным изменением их объемов. Поэтому имеется различие по интенсивности использования транспортных средств в течение года, так как объемы перевозок изменяются по кварталам достаточно сильно.

Наличие относительно непродолжительных периодов, когда потребность в транспортных средствах в несколько раз превышает среднегодовую, заставило покрывать ее путем привлечения автомобилей из других отраслей народного хозяйства. Особенно остро проблема обеспечения транспортом встает в период уборки урожая, который является наиболее напряженным в годовом цикле производства, как по величине нагрузок, так и по жесткости сроков выполнения работ. Объем перевозок в этот период возрастает в несколько раз и имеет значительную территориальную дифференциацию.

Для многих предприятий АПК характерно наличие двух ярко выраженных максимумов объемов перевозок, приходящихся на весенний и осенний периоды. Это свойственно большей части хозяйств зернового направления. Наличие одного максимума, приходящегося на середину летнего периода, характерно в основном для хозяйств животноводческого направления, так как больший объем перевозок у них приходится на уборку кормовых культур [3].

Для некоторых хозяйств возможно смещение весеннего пика с мая на март-апрель. Это связано с предпосевной подготовкой полей, когда производится массовый вывоз на поля органических и минеральных удобрений. В зависимости от региональных особенностей может смещаться и осенний максимум объема перевозок в пределах июля-октября.

Характеристикой неравномерности объемов перевозок является коэффициент неравномерности, показывающий, во сколько раз объем перевозок в данном периоде больше или меньше среднегодового значения. Характер неравномерности объемов перевозок зависит от зональных и производственных особенностей хозяйств, в частности от их структуры производства продукции и сроков посева и уборки культур, являющихся основными для этих предприятий.

Для повышения эффективности использования собственного автотранспорта сельскохозяйственных предприятий необходимо решить

задачу, какое их количество необходимо иметь для обеспечения рациональной эксплуатации в течение года, и какое количество автомобилей рационально привлекать во время пиковых периодов увеличения объёмов грузоперевозок. Это позволит обеспечить полную годовую загрузку собственного транспорта и оптимизировать затраты на привлечение транспортных средств, что в итоге принесет сельхозпредприятию определенный экономический эффект. В связи с этим степень кооперации между автотранспортными организациями и сельхозпредприятиями может быть разной [4].

Понятно, что эффективность работы обоих предприятий связано единым технологическим процессом перевозки грузов. В данном случае эффективность совместной работы партнеров будет зависеть во многом от правильности выбора стратегии их поведения. Рассмотрим ситуацию, в которой интересы сторон хотя и не совпадают, но не являются противоположными.

Например, два партнера договариваются о совместной реализации одного из двух возможных действий. В нашем случае это определение количественного и качественного состава собственных транспортных средств сельхозпредприятия (партнер «А»). При этом также необходимо учитывать возможности имеющихся тракторных транспортных средств используемых на предприятии. Вторым партнером является автотранспортное предприятие представляющее транспортные средства общего пользования в аренду для выполнения коммерческих перевозок грузов сторонних организаций (партнер «В»). Оба партнера могут принадлежать одному владельцу, так и разным. Стратегия взаимодействия двух таких партнеров будет разной в зависимости от их собственнической принадлежности [5].

Рассмотрим вариант, когда партнеры относятся к разным собственникам. Для выбора стратегий использования привлеченных транспортных средств, может быть использован математический аппарат биматричных игр. Решением таких игр является одновременный выбор двумя партнерами совместной стратегии действий, при которой в том или ином, но одинаковом смысле удовлетворяло обоих. Необходимо найти такую равновесную ситуацию, отклонение от которой одного из партнеров уменьшало бы его выигрыш.

Одной из содержательных форм воплощения представления об оптимальности можно считать понятие равновесия, при котором складывается такая равновесная ситуация, в нарушении которой не заинтересован ни один из партнеров. Именно ситуация равновесия может быть предметом устойчивых договоров между партнерами (ни у одного не будет мотивов к нарушению договора). Кроме того, ситуации равновесия являются выгодными для каждого партнера.

Содержательные представления о выгодности и справедливости ситуации многообразны. Мы рассмотрели их проявление через равновесие. Такой подход был обоснован в том случае, когда сельскохозяйственное и автотранспортное предприятия имеют различную собственническую принадлежность. Каждое из них ставило задачу получения выгоды по отдельности, хотя были связаны при этом решением одной задачи.

Выводы. 1. Для выбора стратегий использования привлеченных транспортных средств в пиковые периоды увеличения грузоперевозок целесообразно использовать математический аппарат биматричных игр;

2. При выборе баланса между автотранспортом сельхозпредприятий и привлеченными транспортными средствами, для получения оптимального решения необходимо использовать в биматричных играх равновесную стратегию.

Библиографический список

1. Рыбаков К.В., Дидманидзе О.Н. Автотранспортные процессы и системы. Учебное пособие // М.: УМЦ «ТРИАДА». 2004. 128 с.

2. Дидманидзе О.Н., Есеновский-Лашков Ю.К., Пильщиков В.Л. Специализированный подвижной состав автомобилей агропромышленного комплекса. Учебник // М.: УМЦ «ТРИАДА», 2005. 200 с.

3. Алдошин Н.В., Пехутов А.С. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – ISSN 0206-572X. 2012. № 4. С. 26-27.

4. Алдошин Н.В., Пехутов А.С. Технологическая приспособленность автомобилей к перевозке сельскохозяйственных грузов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. 2012. № 3 (54). С. 15-17.

5. Алдошин, Н.В. Моделирование транспортирования техники на утилизацию // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 4. С. 23-24.

УДК [621.85.051.5+621.85.05-036/037]:629.033

РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЦЕВОЧНОМ ЗАЦЕПЛЕНИИ ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА С РЕЗИНОАРМИРОВАННОЙ ГУСЕНИЦЕЙ

***Федоткин Роман Сергеевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией технического обеспечения транспортных технологий, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, frs89@bk.ru*

***Богданов Кирилл Андреевич**, младший научный сотрудник лаборатории технического обеспечения транспортных технологий, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, kindeib1994@gmail.com*

***Овчаренко Александр Сергеевич**, научный сотрудник лаборатории технического обеспечения транспортных технологий, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, peterbilt@list.ru*

***Аннотация.** Разработана расчетная схема сил в цевочном зацеплении ведущего колеса с резиноармированной гусеницей. Произведено описание силовых и геометрических факторов в цевочном зацеплении. Выведена аналитическая зависимость для расчета оптимальной величины угла давления в контакте элементов зацепления, что позволит уточнить существующую*

методику проектирования цевочного зацепления ведущего колеса с резиноармированной гусеницей.

Ключевые слова: *тяговые и транспортные машины; ходовая система; цевочное зацепление; резиноармированная гусеница; ведущее колесо; угол давления.*

Abstract. *The design scheme of loads in pin engagement of drive sprocket with rubber-reinforced track is developed. The load and geometric factors in pin engagement are described. Analytical dependence for calculating the optimum value of pressure angle in contact of engagement elements is derived, which will allow to refine the existing technique of drive sprocket designing pin engagement with rubber-reinforced track.*

Keywords: *traction and transportation vehicles; undercarriage; pin engagement; rubber-reinforced tracks; engagement element; drive sprocket; pressure angle.*

Введение

В настоящее время наибольшее распространение в конструкциях ходовых систем гусеничных тяговых и транспортных машин получил цевочный тип зацепления ведущего колеса (ВК) и гусеницы [1, 2], благодаря ряду преимуществ.

Конструкция цевочного зацепления отработана и полностью адаптирована под звенчатые металлические гусениц (ЗМГ). Однако повсеместное оснащение техники различного назначения резино-армированными гусеницами (РАГ), превосходящими ЗМГ по комплексу показателей [1-6], обуславливает необходимость совершенствования конструкции цевочного зацепления под особенности РАГ [3-5].

Для этого ранее была разработана соответствующая методика проектирования ВК цевочного зацепления с РАГ, учитывающая конструктивные особенности последней [3, 5]. Методика была апробирована в конструкции ВК малогабаритного беспилотного самоходного опрыскивателя с/х назначения [4]. При проведении работы отмечены затруднения в определении оптимального значения угла давления. Существующие рекомендации применимы для ВК с числом зубьев от 10 до 14. На практике же количество зубьев ВК варьируется в гораздо более широких пределах. Кроме того, необходимо учитывать специфику формирования растягивающих усилий в РАГ, трение в контакте элементов зацепления, распределение нагрузки по элементам зацепления и продольную податливость РАГ.

Учитывая вышесказанное, проведение расчетно-теоретических исследований силовых и геометрических факторов в цевочном зацеплении ВК с РАГ и определение оптимального значения угла давления в частности является крайне актуальным.

В основу настоящей работы положена разработанная ранее методика проектирования ВК цевочного зацепления с РАГ [3-5], исследования силовых и геометрических факторов в цевочном зацеплении звенчатых металлических

гусениц проф. Платонова В.Ф., в т.ч. с упругими шарнирами, дополненные результатами исследования нагруженности РАГ [2, 6].

Период контактирования зуба с цевкой состоит из трех этапов: вход в зацепление, движение по дуге охвата и выход из зацепления. Для этапов входа и выхода из зацепления нужно минимизировать нагрузку, приходящуюся на активные элементы, поскольку в этом случае не удается избежать скольжения между зубом ВК и цевкой гусеницы. При движении цевки по дуге охвата необходимо максимально исключить перемещение цевки относительно зуба ВК. Для этого нужно подобрать геометрические характеристики зацепления, таким образом, чтобы силы, действующие на цевку, уравновешивались силой трения между зубом ВК и цевкой гусеницы.

На рисунке показана схема действия сил в цевочном зацеплении ВК и РАГ. При ее составлении учитывались особенности конструкции РАГ, в т.ч. различное расположение условных шарниров РАГ, в которых действуют растягивающие и изгибающие нагрузки, и центров цевок, через которые происходит передача тяговых и тормозных усилий, а также изменение шага РАГ вследствие ее продольной податливости.

Спроецируем все действующие силы на оси *x* и *y*, а действующие моменты опишем относительно одного из условных шарниров РАГ *B*. Получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} N_i + T_{\text{сб}_i} \times \cos\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) - T_{\text{н}_i} \times \cos\left(\Theta - \frac{\alpha}{2} + \psi_i\right) = 0 \\ T_{\text{м}_i} + T_{\text{н}_i} \times \sin\left(\Theta - \frac{\alpha}{2} + \psi_i\right) - T_{\text{сб}_i} \times \sin\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) = 0 \\ \text{M}_{\text{изг}} - N_i \times d - T_{\text{м}_i} \times \text{c} = 0 \end{cases}$$

Исследования, проведенные профессором Платоновым В.Ф. для гусениц с

резинометаллическими шарнирами, показывают, что даже при малой величине удельной продольной жесткости гусеницы расхождения значений усилий для жесткого и упругого шарнира несущественны и составляют порядка 0,5-1%.

Поэтому при расчетах углом ψ_i можно пренебречь. Система уравнений в этом случае примет вид:

$$\begin{cases} N_i + T_{\text{сб}_i} \times \cos\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) - T_{\text{н}_i} \times \cos\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right) = 0 \\ T_{\text{м}_i} + T_{\text{н}_i} \times \sin\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right) - T_{\text{сб}_i} \times \sin\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) = 0 \\ \text{M}_{\text{изг}} - N_i \times d - T_{\text{м}_i} \times C = 0 \end{cases}$$

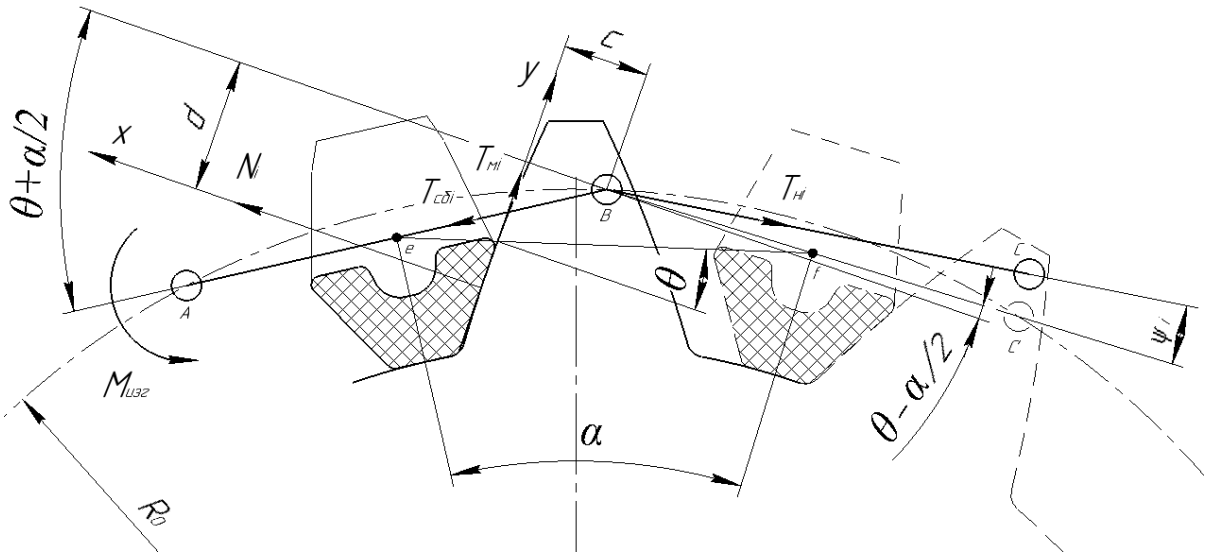


Рис. 1. **Схема сил в цевочном зацеплении с резиноармированной гусеницей:**

$T_{нi}$, $T_{сбi}$ – растягивающее усилие со стороны набегающего и сбегающего участка ветви соответственно; N_i, $T_{мi}$ – соответственно нормальная и касательная силы в контакте зуба с цевкой; θ – угол давления; α – центральный угол зацепления; $M_{изг}$ – изгибающий момент в условном шарнире РАГ; ψ_i – угол, смещения цевки, возникающий из-за продольной податливости РАГ; R_0 – радиус начальной окружности ВК; *A, B, C* – условные шарниры РАГ в положении на дуге охвата; *C'* – условный шарнир РАГ в положении на выходе из зацепления (с дуги охвата); *e, f* – центры элементов зацепления РАГ; *c, d* – плечи усилий $T_{мi}$ и N_i соответственно

Величина изгибающего момента определяется из выражения [2, 6]:

$$M_{изг} = C_{\varphi} \times \alpha$$

где C_{φ} – жесткость РАГ при изгибе.

Согласно схеме сил в гусеничном зацеплении из геометрических факторов основное влияние на равновесное положение цевки, при движении по дуге охвата оказывает угол давления θ и центральный угол зацепления α.

Равновесное положение цевки обеспечивается в некотором диапазоне. Границы этого диапазона определяются коэффициентом трения μ между цевкой и зубом. Скольжение будет происходить только если сила $T_{м_i}$ превысит $\mu \times N_i$.

Тогда запишем систему уравнений в следующем виде:

$$\begin{cases} N_i + T_{сб_i} \times \cos\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) - T_{н_i} \times \cos\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right) = 0 \\ \mu \times N_i \pm T_{н_i} \times \sin\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right) \mp T_{сб_i} \times \sin\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) = 0 \end{cases}$$

Исключая из этих уравнений силу N_i, получим:

$$T_{сб_i} = T_{н_i} \frac{\sin\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right) \pm \mu \times \cos\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right)}{\sin\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) \pm \mu \times \cos\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right)}$$

Учитывая условия для нахождения усилий на крайних (первом и последнем) звеньях $T_{н_1} = T_р$; $T_{сб_n} = T_{св}$; $T_{сб_i} = T_{н_{i+1}}$; можно выразить для

каждой цевки предельную силу, действующую на нее со стороны сбегающей или набегающей ветви, выразив через рабочее натяжение:

$$T_{сб_i} = \mathrm{T_p} \times \left[\frac{\sin\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right) \pm \mu \times \cos\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right)}{\sin\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) \pm \mu \times \cos\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right)}\right]^i$$

Предельное отношение между силой натяжения в свободной и рабочей ветви:

$$\frac{\mathrm{T_p}}{\mathrm{T_{св}}} = \left[\frac{\sin\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right) \pm \mu \times \cos\left(\Theta - \frac{\alpha}{2}\right)}{\sin\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right) \pm \mu \times \cos\left(\Theta + \frac{\alpha}{2}\right)}\right]^n$$

Из последнего выражения можно выразить угол давления Θ для равновесного положения цевки при движении по дуге охвата:

$$\mathrm{tg}\,\Theta = \frac{\left(\sin\frac{\alpha}{2} \pm \mu \times \cos\frac{\alpha}{2}\right) \times \sqrt[n]{\frac{\mathrm{T_{св}}}{\mathrm{T_p}}} + \sin\frac{\alpha}{2} \mp \mu \times \cos\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2} \pm \mu \times \sin\frac{\alpha}{2} - \sqrt[n]{\frac{\mathrm{T_{св}}}{\mathrm{T_p}}} \times \left(\cos\frac{\alpha}{2} \mp \mu \times \sin\frac{\alpha}{2}\right)}$$

где $T_{св}$ – натяжение в свободной ветви; T_p – натяжение в рабочей ветви; n – число элементов, участвующих в зацеплении; μ – коэффициент трения

Выбор угла давления является важнейшем этапом при проектировании профиля зуба. На основании выведенной формулы целесообразно для конкретных конструкций гусеничного зацепления применительно к различным тяговым и транспортным машинам графически определить диапазон возможных углов давления.

Выбор оптимальных параметров зацепления, в т.ч. величины угла давления, необходимо дополнительно проверить путем лабораторных стендовых испытаний на специализированном оборудовании. Сравнительная оценка различных вариантов конструкций ВК на основе замеров косвенных факторов – уровня вибрации и напряжений, позволят определить эффективность разработанных методических положений.

Создаваемое испытательное оборудование должно иметь возможность создания различных условий для работы зацепления, в т.ч.: изменять величину усилия предварительного статического натяжения гусеницы, тип зацепления и его геометрические параметры, создавать поперечную силу, возникающую при повороте.

Дополнительно на стендовом оборудовании предполагается изучение следующих явлений и процессов, обусловленных различными конструктивными решениями: удар и вибрация в зацеплении; продольная податливость РАГ; эффективность подпора условных звеньев; влияние использования ПКМ в конструкции; поперечные и продольные колебания ветвей РАГ и др.

Выводы

- Составлена расчетная схема сил в цевочном зацеплении РАГ и ВК с учетом особенностей конструкции РАГ.
- Составлено математическое описание силовых и геометрических факторов в цевочном зацеплении.
- Получены аналитические зависимости для расчета сил, действующих в зацеплении с учетом особенностей конструкции РАГ.
- Получена аналитическая зависимость для определения угла давления θ в контакте элементов зацепления.
- Полученные соотношения между силовыми и геометрическими факторами позволят в дальнейшем оценить нагруженность элементов зацепления ВК и РАГ.

Полученные результаты отвечают современным тенденциям развития машиностроения и Стратегии развития сельхозмашиностроения РФ в частности, т.к. представляют собой новые способы конструирования высоконадежных узлов и агрегатов тяговых и транспортных машин.

Библиографический список

1. Шарипов В.М., Апелинский Д.В., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы. Конструкция. М.: Машиностроение. 2012. 790 с.

2. Федоткин Р.С. Расчетно-экспериментальные методы оценки нагруженности и долговечности резиноармированных гусениц сельскохозяйственных тракторов: дис. … канд. техн. наук. М. 2015. 204 с.

3. Федоткин Р.С., Крючков В.А., Бейненсон В.Д., Парфенов В.Л. Методика проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами тяговых и транспортных машин // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 3. С. 24-32.

4. Шарипов В.М., Федоткин Р.С., Крючков В.А., Богданов К.А., Волков П.И. Экспериментальная проверка достоверности методики проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2017. №3 (33). С 76-81.

5. Богданов К.А., Крючков В.А., Федоткин Р.С. Проектирование профиля зубьев ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами тяговых и транспортных машин // Будущее машиностроения России: сб. докл. Десятой Всероссийской конф. молодых ученых и специалистов (с международным участием). М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2017. С. 487-490.

6. Федоткин Р.С., Бейненсон В.Д., Крючков В.А., Шарипов В.М., Щетинин Ю.С. Резиноармированные гусеницы сельскохозяйственных тракторов. Жесткость при растяжении и изгибе // Известия МГТУ «МАМИ». 2016. № 2 (28). С. 32-38.

УДК 629.3.03

КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВЕДУЩИХ КОЛЕС ЦЕВОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ С РЕЗИНОАРМИРОВАННЫМИ ГУСЕНИЦАМИ

***Крючков Виталий Алексеевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, kryuchkov.vitaliy@gmail.com*
***Волков Павел Ильич**, лаборант, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, mercenario101@yandex.ru*

***Аннотация.** Приведены ключевые аспекты методики проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами, а также выдержки из результатов экспериментальных исследований гусеничного зацепления в составе малогабаритного специализированного транспортно-технологического средства. Обоснована актуальность и сформированы предпосылки создания программы для автоматизированного проектирования и расчета оптимальной конструкции, ведущих колес с резиноармированными гусеницами.*

***Ключевые слов:** транспортно-технологические средства; ходовая система; цевочное зацепление; резиноармированная гусеница; условные шарниры; ведущее колесо; результаты заводских испытаний; программа для ЭВМ.*

***Abstract.** The article presents the key aspects of the design methodology of the driving wheels of the pin engagement drive sprockets with rubber-reinforced tracks engineering, as well as excerpts from the results of experimental research of tracked engagement in part of a small-sized specialized transportation and technological means. The urgency and formed the foundations for the creation of programs for computer-aided design and calculation of optimal design wheels with rubber track.*

***Keywords.** traction and transportation vehicles; undercarriage system; pin engagement; rubber-reinforced track; conditional joints; drive sprocket; plant testing results; computer program.*

Сегодня разработка новых способов конструирования и расчета, позволяющих повысить надежность систем агрегатов и узлов мобильных энергетических и транспортно-технологических средств, а также повсеместная замена металлических элементов конструкции элементами на основе полимерно-композитных материалов, являются одними из наиболее приоритетных направлений развития российской экономики.

На примере гусеничных ходовых систем мобильных энергетических и транспортно-технологических средств эти направления отражаются в применении резиноармированных гусениц (РАГ) и модернизации конструкции ходовой системы, обусловленной установкой РАГ, в т.ч. ведущих колес (ВК) цевочного зацепления [1-7].

Для этого разработана специализированная методика проектирования и расчета ВК цевочного зацепления с РАГ, достоверность и адекватность которой

подтверждена результатами заводских испытаний малогабаритного специализированного транспортно-технологического средства. Однако данная методика требует определенной доработки, вызванной необходимостью устранения некоторых противоречий, вызванных соотношением геометрических и силовых факторов, что делает дальнейшие расчетно-экспериментальные исследования в данном направлении весьма актуальными.

В частности, при разработке ВК для РАГ необходимо:

1) Перед началом проектирования гусеничного зацепления уточнить конструкцию РАГ, ее поперечное сечение, взаимное расположение армирующего силового слоя и закладных элементов (ЗЭ).

2) По этим замерам построить элемент зацепления РАГ, который представляет из себя цевку ЗЭ и участок армирующего силового слоя [5].

3) Учитывать конструктивные различия между РАГ и металлическими звенчатыми гусеницами (МГ), игнорирование которых способно привести к нарушению работоспособности и потерям в зацеплении [5-7].

Основным конструктивным отличием РАГ от МГ (рисунок 1) является то, что центры шарниров МГ совпадают с центрами цевок, тогда как в РАГ существуют условные шарниры (УШ), которые могут располагаться в центрах цевок закладного элемента, между и по краям их. Точность профиля зуба выше для варианта с большим числом УШ [5].

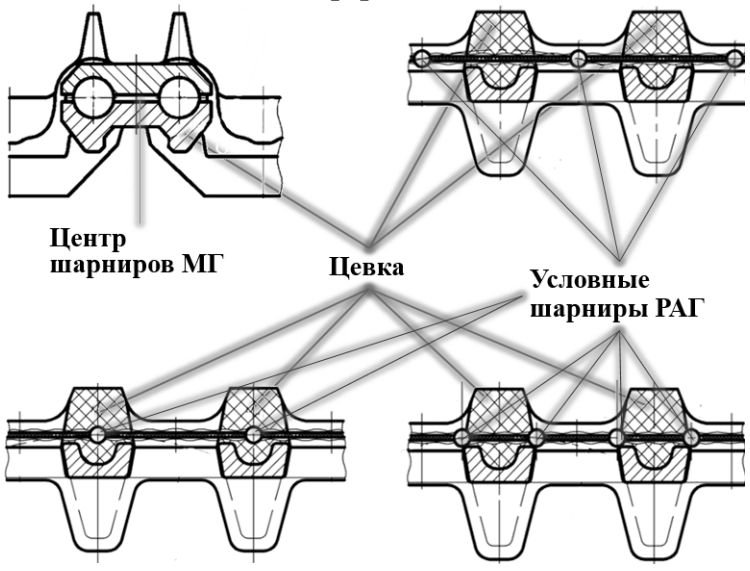


Рис. 1. **Расположение шарниров МГ и УШ РАГ**

Другим отличием МГ от РАГ является повышенная нагруженность последней и, как следствие, низкая долговечность венцов и зубьев ВК в следствии продольной податливости РАГ [5-7].

Уменьшение износа цевок из-за скольжения по зубьям нельзя достичь только за счет изменения геометрических параметров зацепления. Однако, можно произвести замену материалов зубьев и цевок на полимерно-композитные с уменьшенным коэффициентом трения [6].

По этой же причине в конструкциях ВК желательно предусматривать подпор беговых дорожек гусениц, например, посредством установки с обеих

сторон барабанных конструкций, которые позволят дополнительно разгрузить зубья за счет передачи части крутящего момента трением [5, 6].

Игнорирование перечисленных факторов нарушит работоспособность ходовой системы, снизит ресурс, тягово-скоростные, экономические, экологические и др. эксплуатационные качества машины. Более того, маневрирование такой машиной может сопровождаться нарушением зацепления при больших скоростях и тяговых нагрузках [5, 7].

4) Как правило, при создании ходовых систем с РАГ последние подбираются из уже существующих у поставщиков и производителей типоразмеров, исходя из заранее определенных требований к конструкции [5]. По конструктивным параметрам РАГ необходимо измерить угол контакта между касательной к профилю зуба и прямой, соединяющей центр элемента зацепления РАГ с осью вращения ВК. Следует помнить, что существуют определенные особенности в определении угла.

5) С учетом найденных выше параметров последовательно определить радиусы поверхностей впадин и профиля зубьев ВК. Радиус окружности впадин определяется, исходя из типа УШ. Для определения радиуса профиля зубьев, необходимо найти радиус центровой дуги и радиус цевки ЗЭ, отложенный из центра УШ до поверхности цевки ЗЭ, соприкасающейся с дугой профиля зуба ВК

6) Выбрать толщину зубьев ВК минимальной, но обеспечивающей достаточный запас прочности зуба.

7) Определить прочность зубьев ВК при действии изгибных и контактных напряжений с помощью аналитических методик [1] или метода конечных элементов и современных CAD-систем [6].

Также, при помощи CAD-систем следует оптимизировать конструкцию по массе [6].

В некоторых случаях при проектировании ВК для существующей конструкции РАГ вершины зубьев ВК могут оказаться выше протектора РАГ, что в случае опорного исполнения ВК приведет к касанию зубьев ВК опорной поверхности дороги.

8) В заключении следует определить ширину зуба ВК и соответственно толщину листовой заготовки для изготовления. Для этого необходимо обеспечить зазор между стенками цевочного проема и торцами зубьев ВК не менее 4 мм с каждой стороны, чтобы ограничить боковое скольжение РАГ по зубьям [5].

Данная методика была экспериментально проверена на примере самоходного гусеничного опрыскивателя. ВК было спроектировано с учетом всех вышеперечисленных особенностей. Затем была проведена проверка работоспособности зацепления с помощью заводских испытаний: прямолинейное движение, поворот с различными радиусами, в т.ч. вокруг центра масс, разгон и торможение. Следует отметить характерный металлический стук при работе зацепления и относительную вибрацию на малых скоростях. Это объясняется отсутствием приработки зацепления ВК и

вновь изготовленной РАГ. Цевки ЗЭ вновь изготовленных РАГ имеют разные значения толщины слоя резинового облоя на поверхностях, контактирующих с профильными поверхностями зубьев ВК. Дополнительно было проведено исследование работы зацепления ВК с РАГ в динамике при вывешенном борте машины. Отказов также не выявлено [6].

Разработанная и апробированная методика проектирования и расчета ВК цевочного зацепления с РАГ позволяет при соблюдении последовательности выбрать оптимальные с точки зрения работоспособности геометрические параметры зацепления и ВК. Однако имеют место многочисленные итерации, то есть изменение одного или нескольких исходных данных для получения желаемого результата. С целью оптимизации процесса проектирования по времени, целесообразно автоматизировать процесс расчета с помощью программы для ЭВМ.

Данная программа должна обеспечивать следующее:

1) Получение диапазона расчетных данных по исходным (скорость машины, передаточное отношение, частота вращения вала, и т.д.): число зубьев, радиусы начальной окружности, окружности впадин, головок зубьев, ширина зуба и т.д., а также сведение их в таблицу.

2) Возможность интерактивного выбора и замены отдельных вариационных составляющих, включая конструктивные параметры РАГ и типы УШ в частности.

3) Автоматическое формирование рекомендаций по выбору оптимальных значений геометрических параметров, в т.ч. угла, толщины зуба, радиуса цевки и т.д.

4) Автоматическое построение контура зуба и ВК в целом в редактируемом формате САПР.

5) Возможность интеграции программы в современные CAD-, CAM-системы для построения ВК и упрощения процесса разработки 3D-моделей и конструкторской документации.

В дальнейшем для предприятий, занимающихся серийной разработкой гусеничных машин планируется создание программного комплекса, позволяющего на основе ограниченного количества численных исходных данных, создать комплект рабочей конструкторской документации на ВК цевочного зацепления с РАГ с указанием необходимых допусков на размеры, формы и расположения поверхностей, шероховатости по виду обработки и пр. с учетом парка технологического оборудования конкретного предприятия, возможности его перевооружения, переоснащения, номенклатуры выпускаемых и модернизируемых предприятием машин и др.

Выводы:

1. Приведены ключевые особенности методики проектирования ВК цевочного зацепления с РАГ, которые необходимы для построения правильного зацепления.
2. Выдержки из результатов экспериментальной проверки достоверности разработанной методики.

3. Обоснована актуальность и сформированы предпосылки создания программы для автоматизированного проектирования и расчета конструкции ВК с РАГ.

Создание программы для автоматизированного проектирования и расчета конструкции ВК реализуется в рамках мероприятий по информатизации, интеллектуализации и роботизации отдельных процессов, в т.ч. в с/х производстве.

Библиографический список

1. Шарипов В.М., Апелинский Д.В., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы. Конструкция. М.: Машиностроение. 2012. 790 с.

2. Федоткин Р.С. Расчетно-экспериментальные методы оценки нагруженности и долговечности резиноармированных гусениц сельскохозяйственных тракторов: дис. … канд. техн. наук. М. 2015. 204 с.

3. Федоткин Р.С., Бейненсон В.Д., Крючков В.А., Шарипов В.М., Щетинин Ю.С. Резиноармированные гусеницы сельскохозяйственных тракторов. Жесткость при растяжении и изгибе // Известия МГТУ университета МАМИ. 2016. № 2 (28). С. 32-38.

4. Купрюнин Д.Г., Щельцын Н.А, Бейненсон В.Д., Федоткин Р.С., Белый И.Ф., Ревенко В.Ю. Экспериментальное исследование сравнительных показателей гусеничных движителей сельскохозяйственных тракторов // Известия МГТУ «МАМИ». 2016. № 3 (29). С. 16-24.

5. Федоткин Р.С., Крючков В.А., Бейненсон В.Д., Парфенов В.Л. Методика проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами тяговых и транспортных машин // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 3. С. 24-32.

6. Шарипов В.М., Федоткин Р.С., Крючков В.А., Богданов К.А., Волков П.И. Экспериментальная проверка достоверности методики проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами// Известия московского государственного технического университета МАМИ. 2017. № 3 (33). С. 76-81.

7. Измайлов А.Ю., Дорохов А.С., Федоткин Р.С., Крючков В.А., Овчинников Е.В. К вопросу создания отечественного гусеничного трактора для современного сельскохозяйственного производства // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 1. С. 39-49.

УДК 629.3.03

О РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА СЪЕМНЫХ ГУСЕНИЧНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

***Крючков Виталий Алексеевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, kryuchkov.vitaliy@gmail.com*

***Аннотация.** Разработаны рекомендации по согласованию съемных гусеничных систем с силовыми передачами за счет выбора оптимального*

значения радиусов ведущих колес и передаточных чисел конечных передач. Приведены особенности установки съемных гусеничных ходовых систем на тракторы с различными колесными формулами.

Ключевые слова: *съемная гусеничная ходовая система, колесный трактор, силовая передача, привод ходовой системы.*

Abstract. *Recommendations about matching between removable track undercarriage systems and transmissions through choosing drive sprockets optimal radiuses and terminal gears ratios values are designed. Features of removable track undercarriage systems installation on wheeled tractors with different wheel formulas are resulted.*

Keywords: *removable track undercarriage system, wheeled tractor, transmission, undercarriage system drive.*

Применение съемных гусеничных ходовых систем (СГХС) на колесных тракторах (КТ), в том числе и за счет использования резиноармированных гусениц, позволяет получить ряд неоспоримых преимуществ [1-3]. Среди таких преимуществ следует отметить повышенную проходимость, пониженное техногенное воздействие на почву и корневую систему растений, улучшенные тягово-сцепные характеристики и навесоспособность.

Несмотря на современные направления развития силовых передач (СП) КТ [4, 5] и их существующее разнообразие, при котором передача и преобразование момента двигателя осуществляется не только механическим или гидравлическим путем, но и различными комбинациями этих вариантов [6], в штатном исполнении СП мало приспособлена для работы с СГХС. Наиболее существенным фактором, который сказывается на долговечности СП при комплектации машины СГХС, является момент сопротивления движению. Этот момент зависит от силы сопротивления движению трактора, коэффициента сцепления с опорной поверхностью и КПД ходовой системы, обусловленного в основном сопротивлением перематыванию гусеницы.

При сравнении колесной ходовой системы и СГХС для одного и того же трактора оказывается, что в случае с СГХС коэффициент сцепления выше, а значит возможно реализовать силу тяги, значение которой превышает расчетное для этого же трактора с колесной ходовой системой. Помимо этого, КПД СГСХ ниже КПД колесного движителя. Это связано с необходимостью преодоления дополнительных усилий, созданных внутри гусеничного обвода. Отсюда повышенная загрузка двигателя и повышенные нагрузки в СП, которые меняют циклограмму нагружения передач СП КТ в целом. Так как высокие передачи в СП рассчитаны на предельный по сцеплению момент, то его возрастание при установке на КТ СГХС приводит к перегрузке элементов СП.

С точки зрения кинематики для сохранения исходного диапазона скоростей движения КТ при установке СГХС идеальным было бы решение, при котором обеспечивается равенство радиусов ведущих колес (ВК) СГХС и статических радиусов штатных колес КТ. Однако, т.к. величина агротехнического просвета и положение тягово-сцепного устройства

стандартизованы (устанавливаются ГОСТ 19677-87 и ГОСТ 10677-82), то радиус ВК СГХС всегда будет меньше статического радиуса колеса. Это обусловлено наличием тележки катков с системой подрессоривания и других элементов ходовой системы между опорной поверхностью и ВК. Кроме того, при кинематическом согласовании СГХС и СП необходимо учитывать возросшие потери в ходовой системе, связанные с перематыванием гусеницы, которые требуют увеличения силы тяги, а, следовательно, уменьшения радиуса ВК, что само по себе не позволяет сохранить исходные скорости движения. Учитывая сказанное, а также с целью сохранения динамических характеристик КТ, необходимо стремиться к выполнению неравенства:

$$\frac{P_{\text{кг}}}{P_{f\text{г}}} \geq \frac{P_{\text{кк}}}{P_{f\text{к}}},$$

где $P_{\text{кк}}$ и $P_{\text{кг}}$ – соответственно предельные значения касательных сил тяг трактора с колесной ходовой системой и с установленной СГХС; $P_{f\text{к}}$ и $P_{f\text{г}}$ – соответственно наибольшие значения сил сопротивления качению трактора с колесной ходовой системой и с установленной СГХС

Таким образом, основной способ согласования СГХС с СП заключается в подборе радиуса ВК СГХС, что коррелируется с необходимостью разработки новой конструкции ВК под существующие резиноармированные гусеницы, указанной в соответствующей методике проектирования [7].

Очевидно, что при уменьшении радиуса ВК СГХС скорости движения на каждой передаче будут падать, а диапазоны рабочих скоростей неизбежно смещаться вверх по номерам передач.

На рисунке 1 представлено смещение скоростей и их диапазонов на примере с/х трактора кл. 0,6 (0,9).

Существующая агротехника требует наличия рабочих скоростей в диапазоне от 9 до 16 км/ч в зависимости от вида технологической операции. Таким образом, необходимо достичь соответствия наиболее востребованных рабочих скоростей движения номерам передач, обеспечивающих наиболее эффективную загрузку двигателя при установке СГХС. При этом для расчета предпочтительной величины радиуса начальной окружности $R_{\text{вк}}$ возможно воспользоваться следующей зависимостью:

$$R_{\text{вк}} = R_{\text{к}} \cdot \frac{V_{\text{г}}\, n_{\max}}{V_{\max}\, n_{\text{э}}},$$

где $V_{\text{г}}$ – желаемая технологическая скорость движения трактора с СГХС; $V_{\max}$ – максимально возможная скорость движения трактора на высшей передаче; $n_{\max}$ – максимальная частота вращения двигателя при максимальной скорости движения; $n_{\text{э}}$ – частота вращения двигателя, находящаяся в зоне наибольшей экономичности его работы

Использование данной зависимости можно проиллюстрировать схемой, изображенной на рисунке 2.

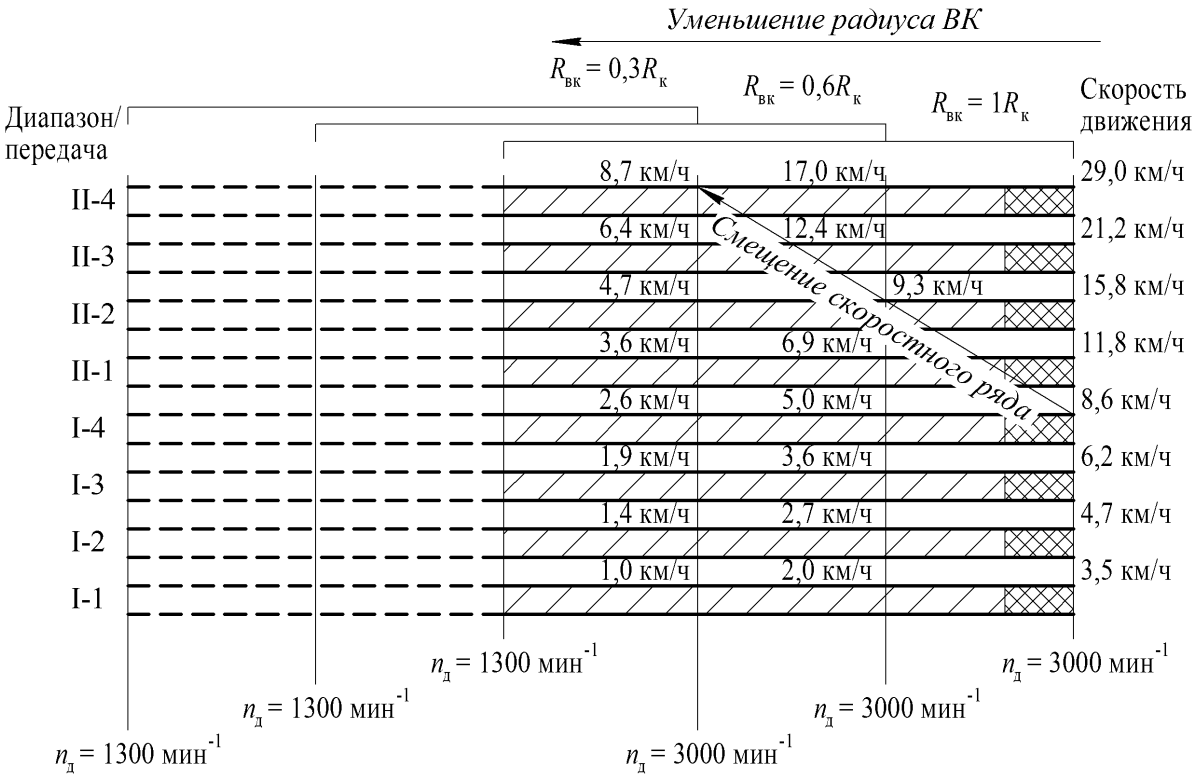


Рис. 1. **Смещение скоростей движения для различных передач**
в зависимости от радиуса ВК с/х трактора класса 0,6 (0,9):
$R_к$ – радиус колеса штатной колесной ходовой системы трактора; $R_{вк}$ – радиус ВК СГХС; $n_д$ – частота вращения двигателя

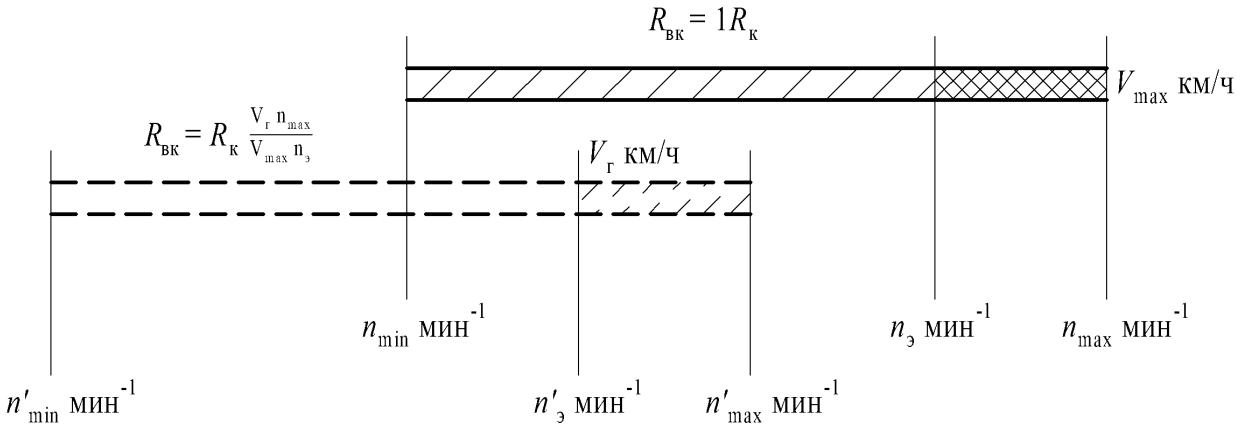


Рис. 2. **Схема, иллюстрирующая выбор радиуса ВК СГХС в зависимости от желаемой скорости движения и частоты вращения двигателя:**
n_{min} – минимальная частота вращения двигателя; n'_{max}, $n'_э$,n'_{min} – соответственно максимальная частота вращения, частота вращения в зоне наибольшей экономичности работы и минимальная частота вращения двигателя спроецированные на диаграмму скорости движения после расчета $R_{вк}$

Пренебрежение согласованием СГХС и СП может стать также причиной ухудшения топливно-экономических характеристик машины, возникновения повышенных статических и динамических нагрузок в узлах и деталях СП.

СГХС можно устанавливать на КТ с различными колесными формулами: 4к2, 4к4а, 4к4б. Если на КТ с колесной формулой 4к4а установить СГХС с равными радиусами ВК на передней и задней оси, то при движении трактора

будет возникать кинематическое несоответствие движения передних и задних СГХС (разные поступательные скорости переднего и заднего мостов). При движении по поверхности с низким коэффициентом сцепления передняя ось будет двигаться с большей скоростью, чем задняя, что вызовет либо буксование передних гусениц, либо юз задних. При движении по поверхности с высоким коэффициентом сцепления из-за несоответствия скоростей движения образуется контур циркуляции мощности, дополнительно нагружающий СП и создающий дополнительно сопротивление в СП, вплоть до заклинивания и отказов элементов СП.

Чтобы избежать кинематического несоответствия в системе машина-опорная поверхность необходимо КТ с колесной формулой 4к4а укомплектовывать СГХС с различными радиусами ВК для передней и для задней оси, которые между собой находятся в том же соотношении, что и статические радиусы штатных колес передней и задней оси. В то же время, КТ с колесной формулой 4к4б необходимо укомплектовывать СГХС с равными радиусами ВК для обеих осей.

При необходимости установки СГХС с равными радиусами ведущих колес на КТ с колесной формулой 4к4а и отсутствии возможности внести изменения в СП, один из ведущих мостов необходимо отключить. Помимо этого, желательно осуществить регулировку агротехнического просвета за счет смещения угла наклона редукторов конечных передач заднего ведущего моста, если такая возможность предусмотрена конструкцией трактора.

Выводы

1. Разработан ряд рекомендаций по согласованию СГХС и СП за счет подбора необходимого радиуса ВК СГХС.
2. Согласование СГХС с СП трактора является необходимым условием обеспечения надежности СП, топливной экономичности и требований агротехники.
3. Желательно в конструкции СП КТ и СГХС обеспечивать регулировку передаточного числа трансмиссии или самого ВК в зависимости от колебаний момента сопротивления, например, за счет установки вариатора в конечной передаче КТ или изготовления ВК с изменяемой геометрией.
4. Сформулированы особенности установки СГХС на КТ с различными колесными формулами.

Учитывая реализацию в сельскохозяйственном производстве государственных программных мероприятий по информатизации, интеллектуализации и роботизации отдельных процессов, представляется перспективной разработка интеллектуальных систем управления (исполнительных механизмов и программно-аппаратного обеспечения) процессом перенастройки СП, в т.ч. за счет изменения радиусов ВК СГХС и передаточных чисел конечных передач трактора.

Библиографический список

1. Шарипов В.М., Апелинский Д.В., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы. Конструкция // М.: Машиностроение. 2012. 790 с.

2. Сравнение тяговых показателей и долговечности гусеничных движителей сельскохозяйственных тракторов / Н.А. Щельцын, В.Д. Бейненсон, Р.С. Федоткин и др. // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2017. № 4 (34). С. 81-88.

3. Федоткин Р.С. Расчетно-экспериментальные методы оценки нагруженности и долговечности резиноармированных гусениц сельскохозяйственных тракторов: дис. … канд. техн. наук. М. 2015. 204 с.

4. Шарипов В.М., Крючков В.А., Дмитриев М.И., Шевелев А.С. Новое направление в развитии конструкций коробок передач автомобилей и тракторов // Сборник материалов VI Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы и достижения автотранспортного комплекса». Екатеринбург: УГТУ-УПИ. 2008. С. 214-216.

5. Крючков В.А. Методы оценки нагруженности инерционных синхронизаторов в коробке передач трактора с фрикционными муфтами: дис. … канд. техн. наук. М. 2012. 189 с.

6. Крючков В.А., Федоткин Р.С. Создание универсального гусеничного трактора класса 0,6-2,0: Силовая передача и гидропневмопривод // Сборник материалов // Десятой всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (с международным участием) «Будущее машиностроения России». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2017. С. 513-516.

7. Федоткин Р.С., Крючков В.А., Бейненсон В.Д., Парфенов В.Л. Методика проектирования ведущих колес цевочного зацепления с резиноармированными гусеницами тяговых и транспортных машин // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 3. С. 24-33.

УДК 629.3.03

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ГИДРОФИЦИРОВАННОГО АМОРТИЗАЦИОННО-НАТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГУСЕНИЧНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ

***Федоткин Роман Сергеевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией технического обеспечения транспортных технологий, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, frs89@bk.ru*

***Овчаренко Александр Сергеевич**, научный сотрудник лаборатории технического обеспечения транспортных технологий, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, peterbilt@list.ru*

***Богданов Кирилл Андреевич**, младший научный сотрудник лаборатории технического обеспечения транспортных технологий, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, kindeib1994@gmail.com*

***Аннотация.** Приведено обобщение аспектов, характеризующих актуальность выбора оптимального значения усилия предварительного статического натяжения гусениц тракторов. Сформулированы недостатки распространенных конструкций натяжных устройств тракторов. Приведена*

принципиальная схема, общее устройство и принцип работы гидрофицированного амортизационно-натяжного устройства с элементами автоматизации. Сформированы предпосылки комплексной автоматизации и интеллектуализации амортизационно-натяжных устройств тракторов.

***Ключевые слова**: сельскохозяйственный трактор, гусеничная ходовая система, резиноармированная гусеница, амортизационно-натяжное устройство, автоматизация, интеллектуализация.*

***Abstract**. Generation of aspects that characterizing the actuality of optimal values choice of tractor tracks static tension is resulted. The drawbacks of tractor tensioning devices common structures are formed. A schematic diagram, a general arrangement and the operation principle of hydraulic amortization and tensioning device with automation elements are resulted. Precursors for complex automation and intellectualization of amortization and tension devices are formed.*

***Keywords**: agricultural tractor, track undercarriage system, rubber-reinforced track, amortization and tensioning device, automation, intellectualization.*

Учитывая необходимость создания и применения ресурсо- и энергосберегающих технологий и технических средств производства сельскохозяйственной продукции, необходимо совершенствовать конструкцию мобильных энергетических средств (тракторов), их отдельных элементов и максимально адаптировать их к особенностям сельскохозяйственной экосистемы [1].

Гусеничная техника превосходит колесную по ряду эксплуатационных показателей, включая возможность работы в различных почвенно-климатических условиях и агрозонах, не оказывая существенного вредного техногенного воздействия на почву и корневую систему растений [2-5].

Гусеничная ходовая система (ГХС), обладающая высокой потенциальной надежностью, при развитой системе управления способна обеспечить максимальную приспосабливаемость трактора под любые почвенно-климатические условия и рельеф опорной поверхности, исключая ухудшение физических и физико-химических процессов в твердой фазе почвы, в т.ч. газообмена, водного баланса почвы, жизнедеятельности биоактивной массы, не снижая показателя естественного плодородия [3].

Надежность ГХС зависит от множества факторов, в т.ч. от устойчивости работы гусеницы в гусеничном обводе (ГО) – способности удерживать гусеницу от выхода из зацепления с опорными, направляющими и ведущими колесами (препятствовать спаданию гусеницы); минимизировать значения амплитуд колебаний ветвей гусеницы; предотвращать перегрузки гусениц при перематывании с учетом условий и режимов движения машины.

Устойчивость работы гусеницы в ГО обеспечивается амортизационно-натяжным устройством (АНУ), предназначенным для создания усилия предварительного статического натяжения (УПСН) гусеницы и предохранения ее от многократных перегрузок [4-6].

Оптимальное значение УПСН выбирается минимальным, но обеспечивающей устойчивую работу ГО. Избыточное значение УПСН с одной стороны обеспечивает устойчивую работу ГО, уменьшение поперечных колебаний ветвей, исключение возможности схода катков с беговых дорожек и спадания гусеницы при больших тяговых нагрузках и маневрировании машины. С другой стороны, проявляется снижение ходовых качеств машины: повышение сопротивления движению, расхода топлива (потери мощности двигателя на перематывание гусеницы), износа элементов ГО, уменьшение угла преодолеваемого подъема, долговечности гусеницы, КПД ГХС. Недостаточное же УПСН может привести к спаданию гусеницы, ее уводам, приводящим к ускоренному износу, нарушению работоспособности зацепления [4, 5].

В работе [5] приводится достаточно точный метод выбора оптимальной величины УПСН, равной сумме всех силовых факторов, влияющих на величину растягивающих усилий в ГО, плюс некоторый запас (до 30%).

Данный метод практиковался при испытаниях сельскохозяйственного трактора класса 6 тс с резиноармированными гусеницами в опытном хозяйстве с. Теряево Волоколамского района Московской области.

Трактор оборудован гидравлическим механизмом натяжения и пружинным амортизационным устройством – механизмом сдавания (рисунок 1).

Регулировка натяжения данным устройством осуществляется посредством ручного нагнетания через пресс-масленку *4* или сбросом из полости поршня *3* гидроцилиндра (ГЦ) *2* консистентной смазки. ГЦ *2* через кривошип передает усилие на ось направляющего колеса. Для предохранения от перегрузок в устройство установлен клапан в виде мембраны *5*. При возникновении в гидросистеме избыточного давления, например, при попадании в ГО бревна, смазка пробивает мембрану *5* и выбрасывается из гидроцилиндра наружу – в почву. Для восстановления работоспособности системы необходима замена мембраны, повторное ручное создание необходимой величины УПСН.

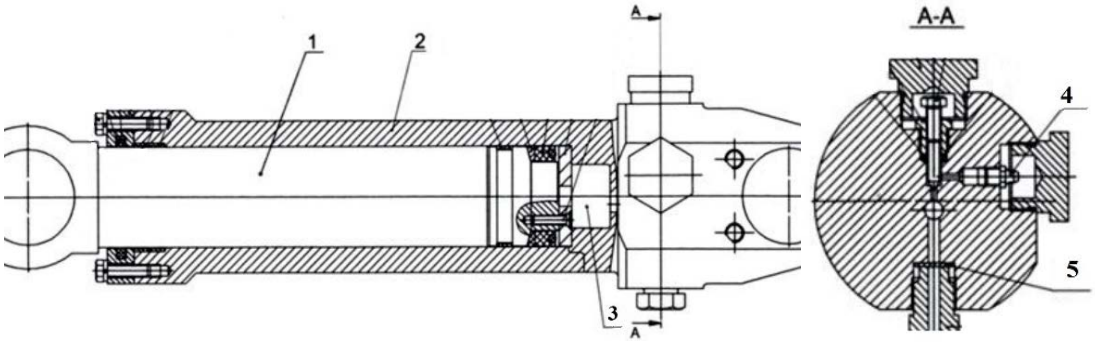


Рис. 1. **Амортизационно-натяжное устройство гусеничного с/х трактора класса 6:**

1 – шток гидроцилиндра натяжного устройства; *2* – гидроцилиндр натяжного устройства; *3* – полость поршня гидроцилиндра; *4* – пресс-масленка; *5* – предохранительный клапан-мембрана

Кроме того, экспериментальные исследования показали, что даже при установившемся движении трактора по грунтовой дороге в транспортном диапазоне скоростей колебания давления в гидросистеме натяжения и соответственно разница между минимальным и максимальным растягивающими усилиями достигает четырех раз [5].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что необходимо не только создать, но и автоматически поддерживать и изменять оптимальную величину УПСН в зависимости от условий и режимов движения трактора. Этого невозможно достичь с помощью АНУ, управляемых вручную – мускульной силой оператора. Более того, такие механические АНУ имеют значительные потери на трение в шарнирах, что снижает их надежность в целом [6].

Очевидна актуальность создания, как минимум, автоматизированного АНУ с дальнейшим созданием полностью автоматической – интеллектуальной системы управления натяжением гусеницы.

Схема такого гидрофицированного АНУ представлена на рисунке 2 [7]. Конструкция содержит насосную установку с редукционным клапаном *3*, обратные клапаны *4*, два гидрораспределителя (ГР) *5*, ГЦ *7*, гидроаккумуляторы (ГА) *8*, запорную арматуру *9*, бак *10*. Управление осуществляется блоком управления *11*, который содержит источник питания *ИП*, датчик коробки передач *КП*, датчик стояночного тормоза *СТ*, датчики механизмов поворота *МП*, датчики тормозной системы *ОТ*, ключи электроцепи управления ГР бортов *К1-К4*. ГЦ установлены по бортам машины, шток каждого связан с узлами натяжных колес *6* машины, а корпуса – с рамой машины. Запорная арматура *9*, позволяющая слить рабочую жидкость из полостей ГЦ. ГР соединяют полости штоков ГЦ со сливной магистралью либо между собой. В первом положении на штоке ГЦ действует усилие от давления в полости поршня, а во втором – разность усилий от давления полостей поршня и штока. Датчики реагируют на режимы движения машины и управляют ключами электроцепи. ГА предохраняют гусеницы от многократных перегрузок при преодолении машиной препятствий и изменении периметра ГО. Регулированием усилия срабатывания редукционного клапана задается УПСН и исключается перенатяжение гусеницы.

АНУ обеспечивает необходимый уровень УПСН на основе сигналов датчиков в зависимости от режимов движения машины, когда влияние действующих нагрузок на УПСН гусениц различно и зависит от тягового усилия (ТУ).

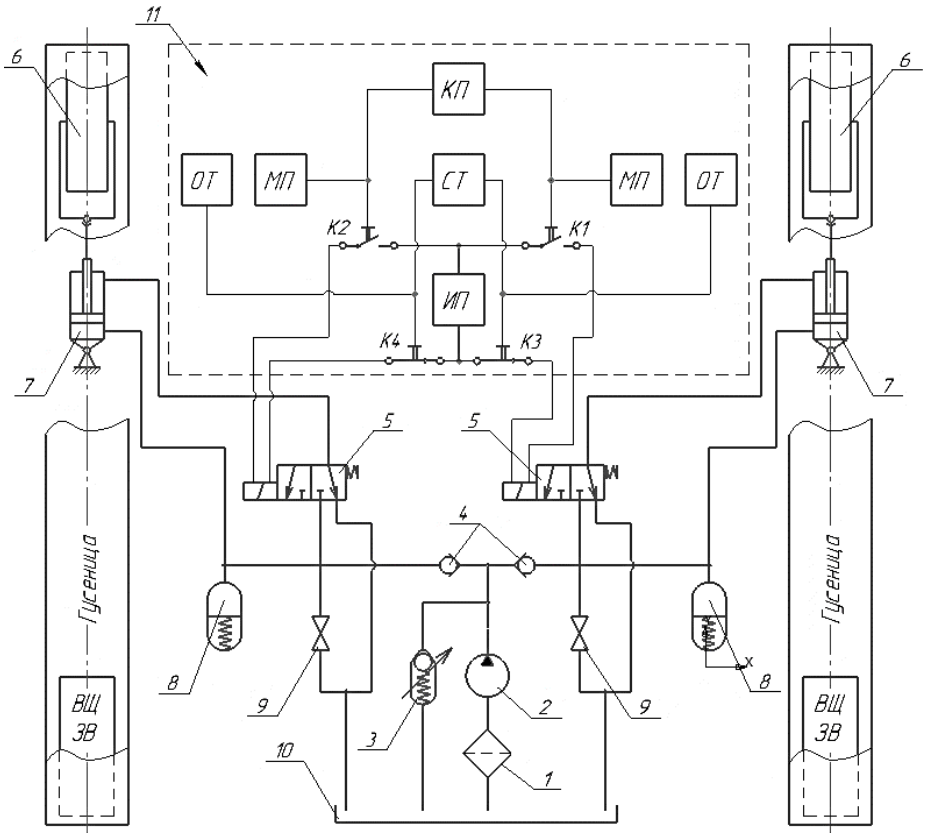


Рис. 2. **Схема гидрофицированного амортизационно-натяжного устройства:**

1 – фильтр; 2 – насос нерегулируемый нереверсивный; 3 – клапан редукционный регулируемый; 4 – клапаны обратные; 5 – распределители гидравлические двухпозиционные с возвратными пружинами и электромагнитным управлением; 6 – узлы натяжных колес ходовой системы машины; 7 – гидроцилиндры двуполостные одностороннего (двустороннего) действия; 8 – аккумуляторы пружинные гидравлические; 9 – запорная арматура; 10 – емкость для рабочей жидкости (гидробак); 11 – блок управления распределителями; ВЩ ЗВ – ведущая звездочка; КП – коробка переключения передач; СТ – стояночный тормоз; ОТ – остановочный (рабочий) тормоз; МП – механизм поворота; ИП – источник питания.

Величина УПСН устанавливается на стоянке трактора при запущенном двигателе и определяется настройкой редукционного клапана, который поддерживает соответствующее давление в гидросистеме.

При переднем ходе прямолинейного движения машины составляющие ТУ на ведущих колесах уменьшают УПСН, а составляющие усилий внешних сопротивлений – увеличивают его. При поступлении сигнала с датчика коробки передач полости ГЦ соединяются между собой, что облегчает сдавание. При увеличении ТУ величина УПСН уменьшается – происходит подпитывание системы.

При заднем ходе прямолинейного движения, а также торможении машины давление на штоки ГЦ от гусеницы увеличивается вследствие влияния ТУ на ведущих колесах на УПСН и давление в полостях поршней ГЦ увеличивается как в случае экстренного торможения под действием ее инерции.

В этом случае рабочая жидкость из полостей штоков ГЦ полностью сливается в гидробак, а поршневые полости запираются, ограничивая сдавание штоков.

При повороте машины вокруг центра масс составляющие ТУ на гусеницах разных бортов равны, но разнонаправлены, поэтому АНУ, реагируя на датчики механизма поворота в зависимости от направления вращения, оставляет забегающий борт в режиме движения передним, а отстающий – задним ходом.

При повороте машины вокруг гусеницы или с большим радиусом отстающая гусеница заторможена или притормаживается, поэтому контур системы забегающего борта работает как при переднем ходе машины, а контур системы отстающего борта – как при торможении машины.

Выводы

1. Сформулированы недостатки распространенных конструкций натяжных устройств тракторов.
2. Приведена принципиальная схема, общее устройство и принцип работы гидрофицированного АНУ с элементами автоматизации.

Достоинством предложенного гидрофицированного АНУ является существенное облегчение условий труда оператора в части управления натяжением гусениц и за счет автоматического реагирования АНУ на изменение режима движения машины (действия оператора). В дальнейшем необходимо повысить эффективность функционирования АНУ за счет обеспечения его реагирования на условия движения машины (вид, состояние, свойства почвенного фона и т.д.), т.е. за счет приспособления ГХС к этим условиям. Этого можно достичь только за счет создания соответствующей интеллектуальной системы управления, что является весьма актуальной задачей в рамках реализуемого постановления Правительства РФ № 1632-р о цифровой экономике.

Библиографический список

1. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М. и др. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2020 года. М.: ВИМ. 2013. 88 с.
2. Измайлов А.Ю., Дорохов А.С., Федоткин Р.С. и др. К вопросу создания отечественного гусеничного трактора для современного сельскохозяйственного производства // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 2. С. 39-49.
3. Емельянов А.М., Бумбар И.В., Канделя М.В., и др. Зернокормоуборочные комбайны (основы теории и конструкторско-технологические устройства) // Под общ. ред. А.М. Емельянова. Благовещенск: ДальГАУ. 2013. 285 с.
4. Шарипов В.М., Апелинский Д.В., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы. Конструкция // М.: Машиностроение., 2012. 790 с.

5. Федоткин Р.С. Расчетно-экспериментальные методы оценки нагруженности и долговечности резиноармированных гусениц сельскохозяйственных тракторов: дис. … канд. техн. наук. М. 2015. 204 с.

6. Бульбутенко С.С., Федоткин Р.С., Овчаренко А.С. и др. Влияние трения в шарнирах на работоспособность амортизационно-натяжного устройства гусеничного движителя // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 1. № 2 (16). С. 12-19.

7. Шарипов В.М., Городецкий К.И., Федоткин Р.С., и др. Гидрофицированное натяжное устройство: патент на полезную модель № 146163, Российская Федерация. Опубликовано 10.10.2014. Бюл. № 28.

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА РАСПЫЛИВАНИЯ ТОПЛИВА

***Слепцов Олег Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, mabill@yandex.ru*

***Оськин Иван Анатольевич**, технический оператор банка «Тинькофф», mabill@yandex.ru*

***Аннотация**: В настоящее время особое внимае уделяется работе топливной системы, от которой зависит рабочий процесс автотракторного дизеля. Как правило, одним из основных факторов работы топливной системы является процесс впрыска топлива форсункой.*

***Ключевые слова:** Форсунка, дизельный двигатель, процесс впрыска, горение топлива.*

***Abstract**: at present, special attention is paid to the work of the fuel system on which the working process of the automotive diesel engine depends. As a rule, one of the main factors of the fuel system is the process of fuel injection nozzle.*

***Keywords**: Injector, diesel engine, injection process, fuel combustion.*

Экономические и экологические показатели дизелей зависят от характера протекания процессов смесеобразованияа сгорания в цилиндре двигателя. На процесс смесеобразования в дизеле отводится очень небольшой период времени (несколько миллисекунд). С учетом того, что названные показатели дизеля предопределяются процессом смесеобразования за период задержки воспламенения, то время, отводимое на этот процесс, еще больше сокращается. При этом необходимо определить, что происходит с топливной струей, как распределено топливо по камере сгорания, какое пространство КС охвачено топливными струями. Для оценки развития топливной струи по камере сгорания предложено большое число расчетных методик.

Вопрос расчета развития топливной струи в КС дизеля постоянно интересовал двигателестроителей. На эту тему опубликовано большое количество работ [1-6], в которых предлагается множество различных

расчетных моделей. Среди отечественных ученых, внесших значительный вклад в развитие данного направления, следует отметить И.В. Астахова, Д.Н. Вырубова, В.А. Кутового, М.Н. Кухарева, О.Н. Лебедева, А.С. Лышевского, Р.В. Русинова, Ю.Б. Свиридова, В.И. Трусова и др.
Одной из первых работ, посвященных созданию математической модели развития распыленной топливной струи, вероятно, можно считать публикацию Ф. Засса в 1929 году [4, 5], в которой дальнобойность струи топлива предлагается определять по логарифмической зависимости от времени t:

$$L=(1/k)\ ln\ (1+k\ C_o\ t), \qquad (1)$$

где C_o – начальная скорость истечения топлива из распыливающего отверстия; $k=3\ \rho_в\ c_x\ /(\ 4\ \rho_m\ d_p)$ – коэффициент; $\rho_в$, ρ_m – плотности воздуха и топлива; c_x – безразмерный коэффициент аэродинамического сопротивления; d_p – диаметр распыливающего отверстия.

Аналогичные уравнения получены в работе [5], где приводится другое уравнение для расчета коэффициента k, уточненное по результатам экспериментальных исследований работы [1]. В ней расчет коэффициента k выполняется по критериальным величинам.

Основная часть опубликованных работ [1, 5, 6] посвящена моделям, в которых дальнобойность струи определяется в виде степенного полинома:

$$L = A\ \cdot B^x\ \cdot C^y\ \cdot D^z\ \cdot\ldots, \qquad (2)$$

где B, C, D – критериальные величины; A, x, y, z – коэффициенты.

Расчет дальнобойности по предлагаемым зависимостям ведется, как правило, для средних значений параметров за время подачи топлива. Преимущества этих моделей в простоте расчетных исследований и наглядности степени влияния факторов на дальнобойность топливной струи. Однако, степени влияния одинаковых факторов по различным моделям иногда отличаются более чем в 2 раза.

Среди первых отечественных моделей развития топливной струи можно отметить модель И.В.Астахова, приведенную в работе [1]. Она основана на рассмотрении динамического равновесия сил, действующих во фронте струи. Основная зависимость имеет следующий вид:

$$-\ m_т \cdot dC_ф/dt=2\ \rho_в\ S\ c_x\ C_ф^{1,5}, \qquad (3)$$

где $m_т$ – масса поданного топлива; $C_ф$ – скорость фронта струи; S – его площадь.

Эта модель, а также модели, предложенные в работах [1, 6], разработаны с учетом нестационарности подачи топлива форсункой. Они предполагают использование вычислительной техники.

Анализ критериальных моделей позволяет выделить основные влияющие

факторы на развитие струи топлива:

1) Диаметр распыливающего отверстия форсунки $d_р$ (изменение показателя степени от 0,4 до 0,82).

2) Время от начала впрыскивания t (изменение показателя степени от 0,3 до 0,64).

3) Плотность среды, в которую производится подачи топлива $\rho_в$ (изменение показателя степени от -0,25 до -0,59).

4) Давление впрыскивания топлива $p_{впр}$ (изменение показателя степени от 0,25 до 0,6).

5) Скорость истечения топлива из распыливающего отверстия $c_р$ (изменение показателя степени от 0,5 до 0,78). Следует отметить ее прямую зависимость от давления впрыскивания $p_{впр}$.

6) Плотность топлива $\rho_т$ в некоторых моделях рассматривалась во взаимосвязи с плотностью воздуха (среды) $\rho_в$, поэтому их влияния равносильны, но противоположны по знаку.

7) Температура воздуха (среды) $T_в$. Степень влияния различна и меняется от отрицательной до положительной. Ее влияние может проявляться как через плотность $\rho_в$, так и через динамическую вязкость $\eta_в$ среды.

8) Коэффициент поверхностного натяжения топлива $\sigma_т$ (изменение показателя степени от -0,008 до -0,3).

9) Длина распыливающего отверстия $l_р$ (показатель степени 0,16-0,18).

Достаточно подробный анализ большинства таких расчетных моделей дан в работе [1]. В последнее десятилетие стали появляться 2-х и 3-х мерные модели развития топливных струй, основанные на методе конечных элементов [2]. Расчет по таким моделям требует достаточно много времени и больших ресурсов компьютера. Вероятно, в будущем такие программы найдут широкое применение и позволят достигнуть хорошей точности результатов расчетов. Однако они отличаются большой сложностью и громоздкостью математических соотношений.

Поэтому в настоящее время продолжают широко использоваться математические модели, требующие существенно меньших машинных ресурсов. Их можно условно разбить на две группы:

- расчет продвижения фронта струи по средним параметрам за процесс топливоподачи;
- расчет дальнобойности по продвижению отдельных порций, имеющих свои характеристики в зависимости от закона подачи топлива.

Характерным примером первой группы среди отечественных методик следует отнести наиболее проработанную модель А.С. Лышевского [5]. Модель получена на обработке достаточно большого экспериментального материала и в дальнейшем использовалась многими учеными.

Среди работ второй группы широко известны методика расчета В.И. Трусова и Л.М. Рябикина и методика Ю.Б. Свиридова и С.А. Романова. Эти методики также имеют под собой достаточно большой экспериментальный материал, накопленный в процессе исследовании топливной аппаратуры

автомобильных и тракторных дизелей.

Для оценки применяемости расчетных моделей были проведены расчетные исследования развития топливной струи по методике А.С. Лышевского, изложенной в работе [5].

Дальнобойность топливной струи по критериальной зависимости А.С. Лышевского имеет вид:

$$L = A \cdot d_p \cdot We^a \cdot Lp^b \cdot E^m/\rho^n, \qquad (4)$$

где ***We, Lp, E*** – критерии Вебера, Лапласа и Эйлера соответственно.
Коэффициенты уравнения (4) выбираются в зависимости от относительной плотности воздуха ρ, определяемой в виде

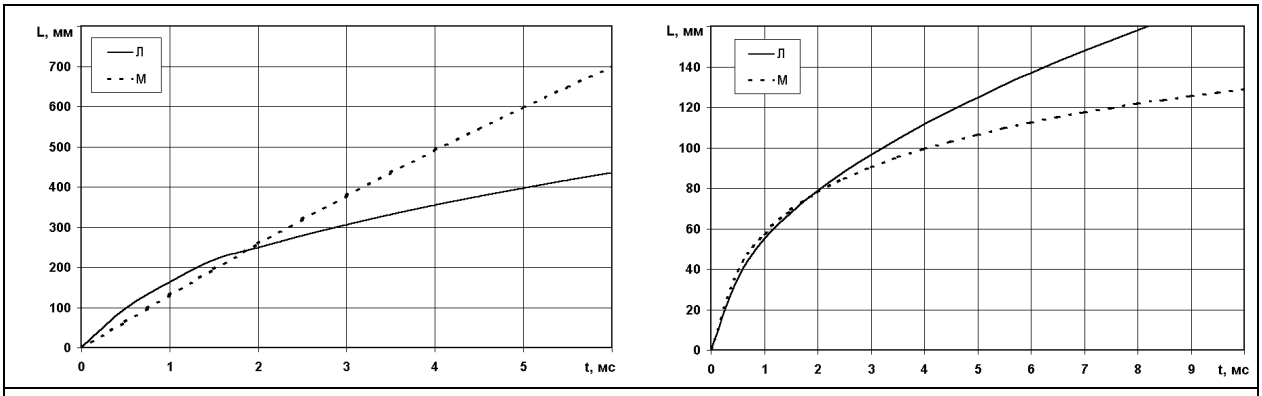
$$\rho=\rho_в/\rho_m . \qquad (5)$$

Для начального участка струи при 0,0014<ρ<0,0095:
A=0,242; a=0,52; b=-0,08; m=0,35; n=0,225;
для основного участка струи при 0,0014<ρ<0,0095:
A=1,871; a=0,355; b=-0,08; m=0,25, n=0,225;
для начального участка струи при 0,0095<ρ<0,028:
A=0,067; a=0,52; b=-0,08; m=0,35; n=0,5;
для основного участка струи при 0,0095<ρ<0,028:
A=0,51; a=0,355; b=-0,08; m=0,25; n=0,5.
Дальнобойность топливной струи по порционной аэродинамической модели, предложенной в МАДИ, определяется максимальной дальнобойностью порции, которая имеет вид:

$$L_i=ln\,[(H\cdot C_{oi}\cdot(t-1)+1)]/\,H, \qquad (6)$$

где C_{oi} – начальная скорость истечения i-ой порции; H – коэффициент, равный $H=c_x\ \rho/(2\cdot\xi\cdot d_p^2)$; c_x=0,4 – коэффициент лобового сопротивления i-ой порции капельно-воздушной смеси; $\xi=l_i/f_i$=1,95 [1/мм] – опытный коэффициент, учитывающий длину l_i и площадь поперечного сечения f_i i-ой порции.

При расчете подачи дизельного топлива исходными данными являлись его следующие физические свойства: плотность ρ_m=848 кг/м^3, вязкость ν_m=5 мм^2/с, поверхностное натяжение $\sigma_т$=28 мН/м. Топливо подавалось под давлением $p_{впр}$=26 МПа в воздушную среду с противодавлениями $p_{пр}$=100 и 1100 кПа, через распылитель с цилиндрическими распыливающими отверстиями диаметром $d_р$=0,23 и 0,54 мм. Результаты расчетов представлены на рисунке 1.



а б

Рис. 1. **Расчетные значения длины топливной струи L:**

1 – расчет по методике Лышевского А.С. [99]; 2 – расчет по методике МАДИ [170];

а – $p_{впр}$=26 МПа, $p_{пр}$=100 кПа, $d_р$=0,54 мм; б – $p_{впр}$=26 МПа, $p_{пр}$=1100 кПа, $d_р$=0,23 мм

Результаты расчетов на рисунке 1 показывают заметное расхождение данных по развитию топливной струи, особенно при впрыскивании в воздух при нормальном давлении (см. рисунок 1, а) и в период времени t>2-3 с. Возможными причинами несовпадения результатов расчета по методике МАДИ могут быть:

- непостоянство коэффициента лобового сопротивления движению порций топлива c_x (коэффициента аэродинамического сопротивления) и коэффициента ξ, определяемого опытным путем, которые в работе [4] принимались постоянными;
- движение порций топлива на всем участке развития струи принималось независимым друг от друга, что не позволяет учитывать эффект энергетической подпитки фронта струи;
- подбор коэффициентов осуществлялся при переменном законе подачи, имеющем, как правило, куполообразный вид, а не прямоугольный, как при сравнении.

Критериальная модель в виде степенного полинома в настоящее время уже не может удовлетворять следующим требованиям, так как получена при исследовании при постоянных расходах и требует осреднения закона подачи, что ограничивает ее применимость особенно для ступенчатых и многоразовых законов подачи.

Таким образом, возникает необходимость создания модели развития топливной струи, учитывающей действительный закон подачи топлива, обеспечивающей адекватное описание дальнобойности топливной струи с учетом физических явлений, происходящих в струе, и имеющей перспективы дальнейшего развития по мере накопления экспериментального материала по влияющим факторам.

Библиографический список

1. Астахов И.В. Физические основы процесса впрыска топлива в дизелях // Автотракторные двигатели внутреннего сгорания. Тр.МАДИ. 1979. С.37-52.

2. Грехов Л.В. Математическое моделирование процесса подачи топливными системами различных схем и конструкций // 169 Математическое моделирование и исследование процессов в ДВС: Учебное пособие. Барнаул: Изд-во АлтГТУ. 1997. С.58-67.

3. Ландау Л.Д. Гидродинамика // М.:Наука. 1986. С.35-54.

4. Девянин С.Н. «Улучшение эксплуатационно-технических показателей быстроходного дизеля совершенствованием процесса впрыскивания и распыливания топлива» Автореферат дисс. докт. техн. наук.-М. 2005. 350 с.

5. Лышевский А.С. Распыливание топлива в судовых дизелях. Л.: Судостроение. 1971. 248с.

6. Подача и распыливание топлива в дизелях / И.В.Астахов, В.И.Трусов, А.С. Хачиян и др. // М.: Машиностроение. 1971. 359 с.

УДК 631.171:519.242

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВО-ПРИВОДНОЙ С.-Х. МАШИНЫ

Симоненко Анатолий Николаевич, *доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, simanatol@yandex.ru*

Аннотация. *Представлен метод получения математической модели нагрузки, создаваемой тягово- приводной сельскохозяйственной машиной на ветви вала отбора мощности трактора, с использованием теории планирования эксперимента при частично управляемом двухфакторном эксперименте.*

Ключевые слова: *теория планирования эксперимента, нагрузка создаваемая на ВОМе трактора, двух факторная квадратичная модель, параболический интерполяционный многочлен, нормализованные и натуральные значения факторов.*

Abstract. *The method of obtaining a mathematical model of the load created by the traction-driven agricultural machine on the branch of the tractor power take-off shaft, using the theory of planning the experiment with a partially controlled two-factor experiment.*

Keywords: *the theory of experiment planning, the load created on the tractor woma, the two-factor quadratic model, the slave interpolation polynomial, the normalized and natural values of the factors.*

Для получения указанной модели нагрузки на ветви вала отбора мощности (ВОМ) трактора целесообразно использовать теорию планирования эксперимента [1-4], позволяющую при минимальном количестве опытов с заданной вероятностью по формализованной методике получить функцию отклика (математическую модель).

Первым шагом для формализации следует выделить **независимые** и по

возможности **управляемые** факторы. К ним следует отнести скорость движения агрегата (V), определяющую подачу (q= U*B*V), где U – урожайность, B – ширина захвата машины, и другой фактор – частота вращения ВОМ ($n_в$).

Следующий шаг – определение диапазона варьирования фактора: минимальных и максимальных значений. Ограничения накладываются агротребованиями и устойчивостью самого процесса работы машины. Это может быть определено из априорной информации, или из предварительного эксперимента.

Далее, следует выбрать вид модели. Учитывая, что ротационные активные рабочие органы ТПМ имеют, как правило «винтовую» характеристику, т.е. нагрузка пропорциональна квадрату частоты вращения, модель принимается в виде квадратичного полинома. С другой стороны, если какие-либо коэффициенты модели окажутся не значимы в статистическом смысле, определяемых при расчете модели, то целесообразно выбрать ортогональный композиционный план второго порядка для двух факторов. В отличие от рототабельного плана, имеющего одинаковую точность модели по разным направлениям на равном расстоянии от центра, ортогональный план в случае не значимости какого либо коэффициента не требует изменения плана и возможного проведения дополнительного эксперимента.

Модель (функция отклика) для выбранного плана представляет собой полином 2-го порядка [4]:

$$Y = b_0+b_1 * X_1+b_2 * X_2+ b_{12} * X1 * X2+ b_{11} * X_1^2+ b_{22} * X_1^2, \qquad (1)$$

где Y – значение нагрузки ($M_в$) на ВОМе ТПМ;

b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22} – оценки коэффициентов регрессии;

X_1, X_2 – кодированные переменные, соответствующие скорости движения – V и частоте вращения ВОМ – $n_в$ ТПМ:

$$X_1 = \frac{V-V_0}{\Delta V}, \qquad X_2 = \frac{n_в - n_{в0}}{\Delta n_в}, \qquad (2)$$

где V, $n_в$ – значения верхнего, нижнего и V_0, $n_{в0}$ – основного уровней диапазонов их изменения; Δ V, Δ $n_в$ – интервалы варьирования.

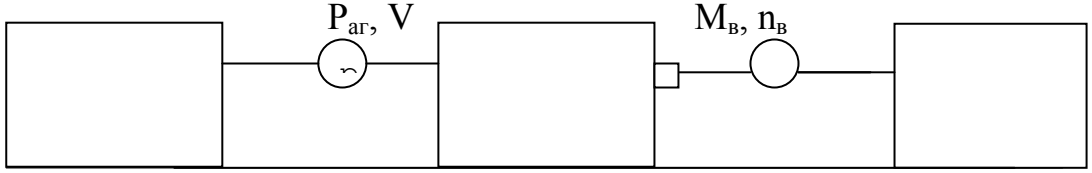
Таблица планирования (матрица) ортогонального композиционного 2-х факторного эксперимента для построения модели квадратичного полинома нагрузки (крутящего момента) на ВОМ ТПМ будет иметь вид [2, 4], приведенный в таблице 1.

Таблица 1

№ опыта	X_0	X_1	X_2	$X_1 * X_2$	X_1^2-2/3	X_2^2-2/3	Y
1	+1	+1	+1	+1	+1/3	+1/3	**Y_1**
2	+1	-1	+1	-1	+1/3	+1/3	Y_2
3	+1	+1	-1	-1	+1/3	+1/3	Y_3
4	+1	-1	-1	+1	+1/3	+1/3	Y_4
5	+1	+1	0	0	+1/3	-2/3	Y_5
6	+1	-1	0	0	+1/3	-2/3	Y_6
7	+1	0	+1	0	-2/3	+1/3	Y_7
8	+1	0	-1	0	-2/3	+1/3	Y_8
9	+1	0	0	0	-2/3	-2/3	Y_9

Величины +1, 0, -1, закодированные (нормализованные) значения факторов, обозначают соответственно максимальное, среднее и минимальное значения факторов эксперимента для ортогонального плана второго порядка. Для выполнения подобного плана необходимы **независимые и управляемые** факторы. В таком случае для проведения эксперимента необходимо использование при испытании 2-х тракторов, первым задаётся скорость движения (коробка перемены передач – КПП включена) и соединенный со вторым через динамометр, который позволял измерять усилие, необходимое для передвижения агрегата. Второй трактор, с которым агрегатируется ТПМ, обеспечивает её привод через ВОМ (КПП на нем в нейтральном положении), задавая необходимую частоту вращения ВОМ, согласно плана эксперимента (смотри схему). Усилие на динамометре между 1-м и 2-м тракторами, крутящий момент и частотй вращения на валу ВОМ регистрируют. Также, с помощью пятого колеса регистрируется действительная скорость движения V. Полученные значения, использовались для построения модели нагрузки ($M_в$) на ВОМ, создаваемой ТПМ [5].

Схема машин и средств измерения при испытаниях



тр-р №1	тр-р № 2	ТПМ
КПП вкл.	КПП вык.	q=U*B*V
ВОМ вык.	ВОМ вкл.	

Коэффициенты регрессии модели определяются:

$$b_i = \frac{\sum X_{ij} * Y_j}{\sum X_{ij}^2}, \qquad (3)$$

где i – номер столбца, j – номер опыта, X_{ij} – элементы соответствующего столбца матрицы, Y_j – значение параметра в j опыте, $\sum$ – знак суммы.

С учетом того, что квадратичные члены были преобразованы, свободный член определяется: $b_0 = b_0 – b_{11} * X^2_{11} - b_{22} * X^2_{22}$, где i = 0.

Приведенный метод [5], позволяющий выполнить главные условия при планировании эксперимента: **независимость** и **управляемость** факторами, усложняет проведение испытаний (опытов), согласно матрице планирования. Требуется два трактора и их синхронизация работы в технологическом процессе. Использование одного трактора не позволяет выполнить требование **управляемости** фактором V- скорости движения агрегата, так как ступенчатое изменения передаточных чисел трансмиссии по передачам, а значит и скорость движения (V) не совпадает с матрицей планирования.

В данном случае возможно использование частично **управляемыми** факторами. Для этого применяют [3] промежуточную эмпирическую зависимость, позволяющую с помощью нелинейного полинома, в отличии от (2), нормализованные значения факторов подогнать к выбранному плану эксперимента. При этом для построения эмпирической нелинейной зависимости обычно применяют метод параболической интерполяции [3], которая проходит через заданные кодированные узловые точки плана.

Для рассматриваемого случая (смотри таблицу) факторы варьируятся на 3-х уровнях, через точки которого по оси абцисс и должна проходить указанная зависимость. Для получения указанной зависимости необходимо найти три неизвестных коэффициента квадратичного полинома: $X_{1j} = A + B*Y_j + C*Y_j$ (4), то есть составить три уравнения (на каждом уровне по одному) и решить, как систему, определив A, B и C.

При кодировании фактора X_1 (скорости движения) с помощью интерполяционного полинома (4) нормализованные значения должны составлять -1, 0, +1 (согласно плана).

Аналогичную процедуру следует применять и для другого фактора – частоты вращения ВОМ ($n_в$).

Усложнение в расчетной части при обработке результатов испытаний компенсируется снижением количества задействованной техники и упрощением проведения испытаний.

Библиографический список

1. Налимов В.В., Голикова Т.И. Логические основания планирования эксперимента // М., “Металлургия“. 1976. 151 с.

2. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов // М., “Машиностроение”. 1981.184 с.

3. Листопад И.А. Планирование эксперимента в исследованиях по механизации сельскохозяйственного производства // М. ВО «Агропромиздат». 1989. 88 с.

4. Маслов Г.Г., Дидманидзе О. Н., Цыбулевский В.В. Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента //

М., ООО «УМЦ Триада». 2007. 292 с.
5. Симоненко А.Н. Построение нагрузочной характеристики сельскохозяйственной тягово-приводной машины. Сб. докладов 1-й междун. конференции «Горячкинские чтения» // М.: ООО «УМЦ «Триада». 2013. С.195-201.

УДК 631.356.4

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УБОРКИ ЧИПСОВОГО КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

***Гусев Владимир Геннадьевич**, заведующий лабораторией испытаний тракторов и с/х машин, Владимирская МИС, aguzalov@mail.ru*
***Гузалов Артёмбек Сергеевич**, инженер кафедры автомобильного транспорта, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, aguzalov@mail.ru*

***Аннотация**: в статье анализируется результаты испытаний с/х техники и транспортных средств во Владимирской области при уборке и транспортировке чипсового картофеля.*

***Ключевые слова**: сельское хозяйство, технологический процесс, транспортное обслуживание, продовольственная безопасность, уборочно-транспортный комплекс, товаросельхозпроизводитель.*

***Abstract**: the article analyzes the results of tests of agricultural machinery and vehicles in the Vladimir region in the harvesting and transportation of potato chips.*

***Keywords**: agriculture, process, transport, food security, harvesting-transport complex, courseregistration.*

По данным ряда исследователей потери при хранении могут достигать 50-60% от общей массы клубней. Поэтому снижение уровня повреждений на пути следования картофеля – «поле-потребитель» является важной народно-хозяйственной задачей. Необходимо так же отметить, что трудозатраты на уборку и перевозку картофеля с поля до хранилища составляют свыше 15% от общих трудозатрат по возделыванию данной культуры [1]. Следовательно, снижение трудозатрат при уборке так же является перспективным направлением повышения эффективности производства картофеля. Вывоз убранного урожая картофеля с полей – это одна из основных операций по заготовке данной культуры [2].

С особенностью сельскохозяйственных перевозок является недостаточное использование грузоподъемности транспортных средств, в виду низкой объемной массы большинства продукции. В результате чего значительно возрастают подбросы навалочного груза от действия больших виброускорений, что так же приводит к увеличению уровня повреждений груза, в частности картофеля [3].

Целью настоящей работы являлось повысить эффективность уборки и

перевозки чипсового картофеля путем правильного подбора машино-тракторного парка.

Практическая ценность данной работы по результатам исследований состоят в том, что в реальных условиях эксплуатации в ООО «МелАгро» Меленковского района Владимирской области был апробирован и рекомендован производству УТК (уборочно–транспортный комплекс) для применения при уборке и транспортировке чипсового картофеля в Центрально-Нечерноземной зоне. Работа выполнена совместно со специалистами ФГБУ «Владимирская МИС».

Была проведена эксплуатационно-технологическая оценка, просчитан баланс времени смены при нормативной продолжительности работы картофелеуборочных комбайнов, автомобилей, тракторов и транспортных средств, применяемых при уборке и транспортировке чипсового картофеля (таблице), где сравнивали данные нормативной документации с данными испытаний по производительности за 1 час,га основного, сменного и эксплуатационного времени, определялся удельный расход топлива, просчитывались эксплуатационно-технологические коэффициенты, а также определялись показатели качества выполнения технологического процесса с учетом суммарных потерь, чистоты вороха клубней и % повреждение клубней [4].

Таблица 1

Баланс времени смены при нормативной продолжительности

Наименование элемента времени	Значение элемента времени по виду работ			
	Grimme GZ 1700 DL1		Spudnik 6400	
	ч	%	ч	%
Основное время	5,09	72,72	5,36	76,57
Время на повороты	0,45	6,43	0,24	3,43
Время на технологические переезды	0	0	0	0
Время на технологическое обслуживание	0	0	0	0
Время на другие вспомогательные операции	0,28	4,0	0,20	2,86
Время на ЕТО	0,13	1,86	0,13	1,86
Время на подготовку и окончание работ	0,08	1,14	0,09	1,29
Время на проведение наладки и регулировки	0,02	0,29	0,02	0,29
Время на устранение нарушения технологического процесса	0	0	0	0
Время на отдых	0,58	8,28	0,58	8,28

Время на холостые переезды	0,25	3,57	0,26	3,71
Время на ЕТО машины, агрегатируемой с испытуемой	0,12	1,71	0,12	1,71
Итого: сменное время	**7**	**100**	**7**	**100**
Время на проведение ПТО	0	-	0	-
Время на устранение технических отказов	0	-	0	-
Итого: эксплуатационное время	**7**	**-**	7	-

Результаты исследований показали, что суммарные потери картофеля при уборке комбайнами картофелеуборочными Spudnik 6400, Grimme GZ 1700, копателем Spudnik 6140 составили 0,8% при нормативе до 3,0%, чистота вороха – 97,5% при нормативе 80%. Повреждение клубней картофеля при перевозке автомобилем КАМАЗ 637301 с кузовом Bulk Bed с транспортерным дном и трактор John Deere 7830 в агрегате с прицепом Trinity Trailer Eagle Bridge с транспортерным дном составили соответственно 2, 1 и 2,2% при нормативе до 10%. Расчет экономических показателей комплекса машин для уборки и транспортировки картофеля выполнен по технологии в ООО «Мелагро» Меленковского района Владимирской области.

В результате расчета получено следующее:

- трудоемкость работ технологии с использованием техники и рабочих производственного процесса составляет – 19,39чел.-ч/га или 0,55чел.-ч/т;
- себестоимость продукции получена – 7781, 58руб./т.

В структуре себестоимости работ заработная плата составляет 0,63%, затраты на ГСМ и электроэнергию 2,1%. Значительный процент занимали отчисления на ремонт, техническое обслуживание и амортизацию 36,9%. Проведенные исследования показали, что правильный подбор техники, организованная система уборки и перевозки позволила снизить финансовые затраты на ГСМ, запасные части и увеличить производительность труда, обеспечить целостность перевозимого груза, что в конечном итоге привело к снижению себестоимости продукции.

Библиографический список

1. Левшин А.Г., Дзоценидзе Т.Д., Галкин С.Н.,Калинкин Г.А., Крюков М.Л., Майстренко Н.А. Рекомендации по использованию грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения грузоподъемностью до 2 т и от 2 до 5 т в составе технологических адаптеров и внутри технологических процессов: Производственно-практическое издание // М.: Металлургиздат, 2011. 203 с.

2. Голубев И.Г., Носихин П.И., Фадеев А.Ю., Опыт импортозамещения запасных частей зарубежной сельскохозяйственной техники // М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2010. 207 с.

3. Рембалович Г.К., Бышов Н.В., Борычев С.Н. [и др.]. Инновационные решения уборочно-транспортных технологических процессов и технических средств в картофелеводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 1. С. 23-25.

4. Чеоноиванов В.И., Концепция развития инженерно-технической системы сельского хозяйства России // Материалы мероприятий в рамках деловой программы 11-й Российской агропромышленной выставки 9-12 октября 2009 г. – М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2010. С. 78-82с.

УДК 629.3014.2

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ПЕРВЫХ РОССИЙСКИХ ТРАКТОРОВ

***Шаров Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, методист, Музей истории отечественного тракторостроения, МБУК «Созвездие», sharov_vv56@mail.ru*

***Ценч Юлия Сергеевна**, кандидат педагогических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vimasp@mail.ru*

***Аннотация**. Приведено описание первых образцов мобильной энергетических средств созданных в России, отражен вклад отечественных новаторов в создание конструкции тракторной техники.*

***Ключевые слова**: Тяговое энергетическое средство, самоход, трактор.*

***Abstract**: The description of the first samples mobile the power means created in Russia is provided the contribution of domestic innovators to creation of a design of tractor equipment is reflected.*

***Keywords**: Traction power means, self-feed, tractor.*

Достижения сегодняшнего дня в области создания тракторной техники в нашей стране базируются на богатом опыте предшественников, которые на протяжении 150 летнего периода вносили свою лепту в развитие конструкции мобильной техники. Определённый интерес, с точки зрения оценки вклада в мировой технический прогресс, представляет сегодня изучение вопроса создания тяговых энергетических средств в России.

Литературные источники [1, 2] показывают, что создание первых отечественных работоспособных конструкций мобильных энергетических средств относится к последней трети XIX века. Так в 1873 году, на Людиновском машиностроительном заводе (Объединённые Мальцовские заводы), на базе локомобиля был построен колёсный паровой тягач с двухцилиндровой паровой машиной мощностью 10 л.с., весом 8,0 т. Его назначением было буксировка сразу 10 колёсных платформ с грузом до 20,0 т. Всего на предприятии было изготовлено семь таких машин. Две из них приняли

участие в транспортировке военных грузов во время русско-турецкой войны (1877-1878 гг.).

Знаменательным событием, как для России, так и в целом для мирового тракторостроения стали изыскания (1877-1902 гг.), в области конструирования тяговой техники, талантливого механика-самоучки Ф.А. Блинова. Используя свои знания, приобретённые при работе механиком речного парохода и информацию из технических изданий тех лет, а также советы и рекомендации инженеров своего времени ему удалось создать уникальную машину, предназначением которой было облегчение крестьянского труда [3]. О его достижениях можно судить по воспоминаниям очевидцев опубликованных в прессе и из описания его изобретения (Привилегия № 2245 от 15.03.1878 г.).

Известно, что сам изобретатель в своей деятельности уделил основное внимание применению гусеничного хода, или как тогда именовали «бесконечных рельс» вначале к буксируемым транспортным средствам, а затем и к самому буксиру или самоходу с паровой машиной. Постоянно совершенствуя своё изобретение на протяжении 25-ти лет, ему удалось создать гусеничный трактор с оригинальным управлением движением машиной. Одной из отличительных особенностей конструкции являлось то, что каждая из двух гусениц имела возможность вращаться с различной скоростью и в различных направлениях, что позволяло управлять как поворотом, так и разворотом (рисунок 1). При создании движителей гусеничного типа, Блинов Ф.А. исходил из предпосылки, что будет достигнуто значительное снижение давления на почву, вследствие чего «бесконечные рельсы» не будут вязнуть, в отличие от колёс, на грунтовых дорогах в распутицу и на ранневесенних работах в поле.

Рис. 1. **Фото модели «Самохода», который в 1896 году демонстрировался на Всероссийской выставке в Нижнем Новгороде**

Блинов Ф.А., проводя необходимые расчёты по «Самоходу», готовя чертежную документацию и изготавливая детали и узлы, стал родоначальником инженерного конструирования гусеничных сельскохозяйственных тракторов в России. Примечательно, что свою идею он совершенствовал в течение всей жизни, последний его проект, был «Самоход» с двухцилиндровым двигателем внутреннего сгорания, при этом управление трактором осуществлялось одним человеком с места, находящегося в средней части машины.

Знакомясь с зарождением производства тракторной техники в России необходимо отметить работы, проводимые Я.В. Маминым [4]. Будучи земляком, а в 1888-1889 годах и учеником Ф.А. Блинова, одарённый в

техническом отношении, он пошёл по его стопам в деле создания самоходной машины облегчающей труд крестьян. Считая, что гусеничный движитель сложен и дорог в изготовлении, изобретатель сосредоточил свои усилия на создании колёсного трактора приспособленного к российским условиям. Началу работ по созданию трактора предшествовало налаживание собственного производства двигателей внутреннего сгорания, топливом для которых служила сырая нефть, что, в экономическом отношении было важным для России того времени. Работая над двигателями разного уровня мощности, ему удалось усовершенствовать систему воспламенения топлива от калильной головки (Привилегия № 25008). Имея отлаженное производство двигателей, Я.В. Мамин приступил в 1909 году к проектированию трактора. С этой целью он исследует зарубежные образцы тракторной техники, которые использовались в России. Выявив недостатки и достоинства самоходных машин, он проводит предварительные ходовые испытания своих двигателей на шасси американского трактора «Кейс» («Case»). Ему удалось выявить влияние веса трактора и его распределение по осям на тяговые возможности машины. Проведя необходимые прикидочные расчёты и изготовив чертёжную документацию, Я.В. Мамин приступил в 1913 году к производству колёсных машин под общей маркой «Русский трактор» трёх модификаций: «Универсал» с одноцилиндровым двигателем в 20-25 л.с., «Посредник» с одноцилиндровым двигателем в 30 л.с. и «Прогресс» с двухцилиндровым двигателем в 45 и 60 л.с. Можно утверждать, что изготовление тракторной техники в Балакове было первым в России промышленным производством тракторов отечественной конструкции.

Собирая первые колёсные тракторы, Я.В. Мамин постоянно совершенствовал их конструкцию. Его изыскания были направлены на снижение весовых характеристик, без ухудшения тяговых возможностей, за счёт улучшения сцепных свойств колёсных движителей. В результате такой работы в 1915 году, был изготовлен трактор «Гном» с 16 сильным двухцилиндровым двигателем, максимально приспособленным к российским условиям.

Дальнейшие работы по развитию конструкции трактора Я.В. Маминым были свёрнуты, ввиду продолжающейся Первой мировой войной и разразившегося в стране политического кризиса 1917 года. Всё это несколько затормозило развитие тракторостроения в России, но не остановило окончательно. Начиная с 1918 года, усилиями нового правительства Советской России создается специальная комиссия по тракторостроению, которая разрабатывает планы по выпуску тракторной техники и рассматривает различные проекты конструкций новых машин. В стране начинает работать Научная автомобильная лаборатория, где помимо решения вопросов связанных с автомобилизацией страны, уделялось много внимания испытаниям зарубежных тракторов и анализу конструкций тяговых машин появляющихся в России.

В сельском хозяйстве был взят курс на создание сельскохозяйственных коммун, колхозов и совхозов. На полях, нового типа хозяйств, стала применяться тракторная техника, оставшаяся от успешных помещичьих усадеб, от поступлений из армии и от зарубежных закупок. Их использование наглядно показало эффективность обработки земель механизированным способом. Всё это подвигло некоторые промышленные предприятия в инициативном порядке создавать отечественные образцы тракторной техники. В 1921-1924 годах, в России производилось несколько оригинальных конструкций тракторов, такие как:

- «Запорожец», с нефтяным двигателем мощностью 12 л.с., имеющего три колеса. Заднее колесо было одно и являлось ведущим;
- «Карлик», с нефтяным двигателем мощностью 12 л.с., имеющего три колеса. Задних колёс было два и оба являлись ведущими;
- «Коломенец-I», с нефтяным двигателем мощностью 25 л.с., имеющего четыре колеса. Оба задних колеса были ведущими.
- Трехколёсный трактор Дальзавода (Владивосток), с нефтяным двигателем мощностью 12 л.с. Заднее колесо большого диаметра было ведущим, переднее колесо меньшего диаметра – направляющим и колесо небольшого диаметра располагалось с левой стороны для устойчивости трактора.
- «Большевик», с бензиновым двигателем мощностью 20 л.с. Движителями служили две гусеницы.

На машиностроительных заводах в Коломне, Брянске и Москве производились упрощённые конструкции зарубежных тяговых машин. В это время в стране сформировалось так называемое «русское направление» в тракторостроении, которое характеризовалось максимальным упрощением конструкции, с целью удешевления производства техники, снижения затрат при эксплуатации и возможности её использования малоквалифицированными в техническом отношении пользователями. Такое направление в развитии тракторной техники поддерживали сотрудники института НАМИ, где в 1921-1923 годах, под руководством профессора Д.К. Карельских, был разработан концептуальный проект «ЛАБТРАК» (рисунок 2). Он предусматривал создание семейства гусеничных тракторов с нефтяными двухтактными двигателями для эксплуатации в условиях России. В проекте была воплощена идея создания универсальных тракторов, их унификация и взаимозаменяемость деталей между различными моделями, авторы стремились максимально упростить конструкцию тяговых машин.

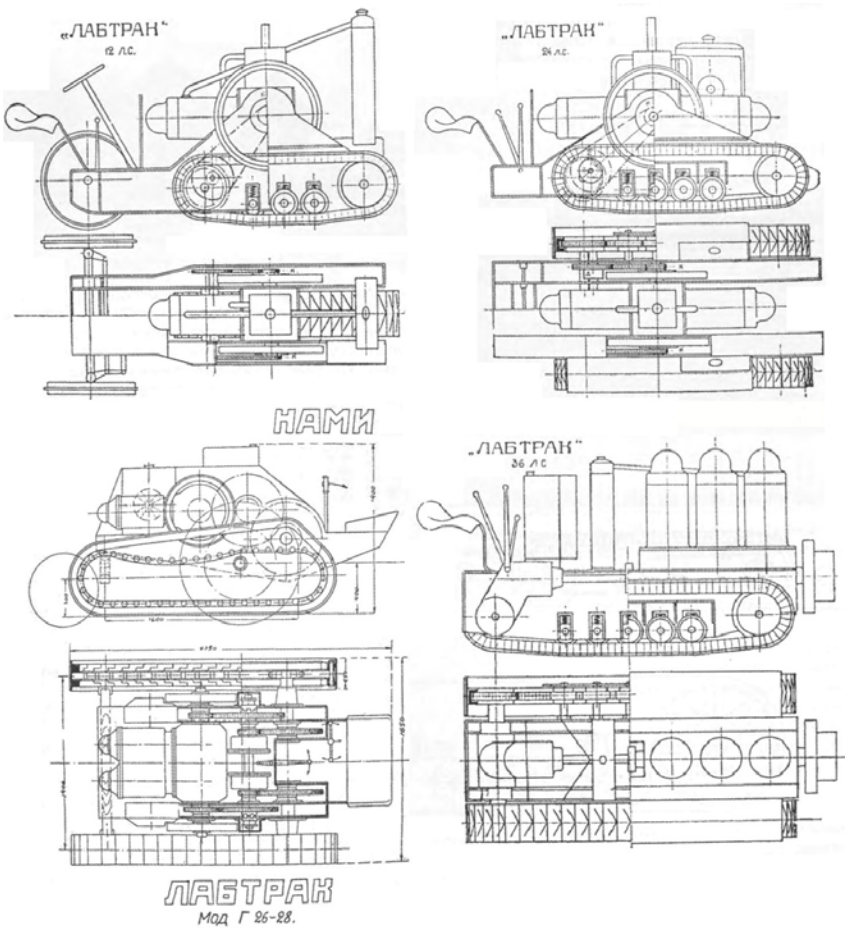


Рис. 2. **Проект семейства гусеничных тракторов. НАМИ 1921-1923 годы**

Практически все тракторы, периода становления тракторной отрасли в России проходили испытания на полях Тимирязевской сельскохозяйственной академии, под руководством профессора В.П. Горячкина. Его оценка техники во многом определяла вектор развития конструкции трактора. Необходимо отметить, что теория плуга, разработанная основоположником земледельческой механика, явилась одной из отправных точек при создании теоретических основ динамики трактора.

Обзор примеров начального тракторостроения в России показывает, что наши изобретатели, инженеры, организаторы производства, принимали самое активное участие в становлении и развитии конструкции трактора, которая по своему содержанию, несомненно, является интернациональной. В конструктивном плане это симбиоз известных ранее технических решений, которые будучи реализованы в одной машине, придали ей специфические свойства, необходимые для привода в действие различных сельскохозяйственных машин в полевых условиях. Тянуть, увлекать, приводить в действие – на латинском языке соответствует слову TRACTARE. Именно этим выражением, в соответствии со сложившимися в науке традициями, на рубеже XIX – XX веков был обозначен новый тип машины, которое, в скором времени несколько трансформировалось и стало для всех нас привычным термином ТРАКТОР.

Библиографический список

1. Шаров В.В. Фрагменты истории отечественного тракторостроения. Технические очерки по тракторостроению в России. Конец XIX - первая половина XX веков. С.П. Баранцевское. Серия Память жива. Издательство ИКАР. 2015.
2. Шаров В.В. Фрагменты истории отечественного тракторостроения. Технические очерки по тракторостроению в России. Книга II. Период Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. С.П. Баранцевское. Серия Память жива. Издательство ИКАР. 2017.
3. Хрулькевич О.А., Шаров В.В. Самоход на бесконечных рельсах // Сельский механизатор. 2008. № 1. С. 22-23.
4. Хрулькевич О.А., Шаров В.В. Тракторы конструкции Я.В. Мамина // Сельский механизатор. 2008. № 2. С. 29-30.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В АПК

УДК 621.3.014:54.022

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

***Воробьев Виктор Андреевич**, доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, tatiana49@mail.ru*

***Аннотация.** Показано, что, используя зеленый мох и его способность активно участвовать в фотосинтезе с помощью цианобактерий можно получать электрическую – «зеленую» энергию. При этом отмечено, что значения сопротивлений BPVэлемента (biophotovoltaic – био-фотоэлектрический) в противоположных направлениях различаются, иногда весьма существенно. В этом проявляется сходство BPVэлемента с диодом. Другая особенность состоит в том, BPVэлемент способен «запоминать» и некоторое время "сохранять" потенциал внешнего источника ЭДС. Обнаружено, что простая вода способна сохранять некоторое время электрический заряд, сообщенный ей ранее, т.е. ей присуще наличие своеобразной электрической памяти. Полученные вольтамперные характеристики коаксиального водяного элемента имеют большое сходство с вольтамперной характеристикой диода. Таким образом, на основе дешевых и простых средств, как показывают исследования, можно получить электрическую энергию, что весьма актуально для территорий с отсутствующим централизованным электроснабжением. Представленные экспериментальные данные расширяют представления о свойствах простой воды.*

***Ключевые слова:** альтернативная энергетика, мох, фотосинтез, цианобактерии, симбиоз, электрический ток, угольные электроды,*

напряжение, память, емкость, диполь, электролитическая диссоциация.

Abstract. *It is shown that using moss green and his ability to participate actively in photosynthesis using cyanobacteria can receive an electric-green power. In doing so, pointed out that the values of the resistances BPVjelementa (biophotovoltaic-bio-photoelectric) in opposite directions differ, sometimes considerably. This is the similarity of BPVjelementa diode. Another feature is that BPVjelement is able to "remember" and some time to "preserve" potential external source of EMF.Found that plain water can save some time, electric charge, it reported earlier, i.e. it is inherent in the existence of a distinctive electric memory. Current-voltage characteristics obtained coaxial water element have great similarities with the voltampernoj characteristic of the diode. Thus, on the basis of cheap and simple tools, studies show, can you get electrical energy, which is very important for territories with no centralized electricity supply. Presented experimental data extend the submission about the properties of plain water.*

Keywords*: tags alternative energy, Moss, cyanobacteria, photosynthesis, symbiosis, electric current, carbon electrodes, voltage, memory capacity, dipole, dissociation.*

В настоящее время наряду с традиционной энергетикой активно развивается альтернативная энергетика, которая представляет нетрадиционные способы получения, передачи и использования энергии, которую образно называют «зелёная энергия». Под альтернативными источниками понимаются возобновляемые ресурсы (такие как вода, солнечный свет, ветер, энергия волн, геотермальные источники, нетрадиционное сжигание возобновляемого топлива) [1]. Альтернативная энергетика базируется на трёх принципах: возобновляемость, экологичность и экономичность.

Альтернативная энергетика призвана решить несколько остро стоящих в мире проблем: трата полезных ископаемых и выделение в атмосферу углекислого газа (это происходит при стандартных способах добычи энергии через газ, нефть и т.д.), что влечёт за собой глобальное потепление, необратимое изменение экологии и парниковый эффект [2]. Это направление считается новым, хотя попытки использовать энергию ветра, воды и солнца предпринимались ещё в 18 веке. Доля альтернативной энергетики в нашей стране занимает примерно 1% (по данным Минэнерго). К 2020 году планируется увеличить этот показатель до 4,5%. Потенциал развития зелёной энергии в РФ огромен: океанские и морские побережья, Сахалин, Камчатка, Чукотка и др. территории ввиду малой заселённости и застроенности могут использоваться в качестве источников ветровой энергии; источники солнечной энергии в совокупности превышают то количество ресурсов, которые производятся путём переработки нефти и газа.

В последнее время в печати появились сообщения о новом направлении в "зеленой" энергетике, связанное с фотосинтезом в некоторых видах мхов и симбиотических реакциях цианобактерий. Результатом этих сложных процессов является электрическая энергия [1].

Учитывая то, что спрос на электроэнергию в мире постоянно растет, а

процессы ее получения требуют сравнительно больших затрат, как и покрытие стоимости исходных материалов, возникает необходимость анализа имеющейся информации и отыскание путей упрощения и удешевления процесса получения "зеленой" энергии. Судя по публикациям в процессе получения "моховой" энергии основными процессами являются фотосинтез, фотосимбиоз цианобактерий и мха. Чтобы изготовить оригинальный источник "зеленой" энергии, потребовалось рассмотреть указанные процессы, хотя бы в общем виде и учесть их особенности [1, 2].

Электрический элемент «зеленой энергии» – BPVэлементу (biophotovoltaic – био-фотоэлектрический) собирали по схеме, изображенной на рисунке 1. Так как процесс связан с электричеством, то потребовались электроды: катод и анод. В случае металлической емкости вопрос о первом электроде – катоде решался просто. Второй электрод выполняли из тонкой медной проволоки диаметром 0,4 мм, свитой в плоскую спираль. В отличие от материалов применяемых в экспериментах зарубежных исследователей (графитовые нанотрубки и т.п.) мы использовали подручные недефицитные материалы. Для пластмассовых емкостей применялись медные спиральные электроды. Для дистанцирования электродов использовали простую писчую и фильтровальную бумагу.

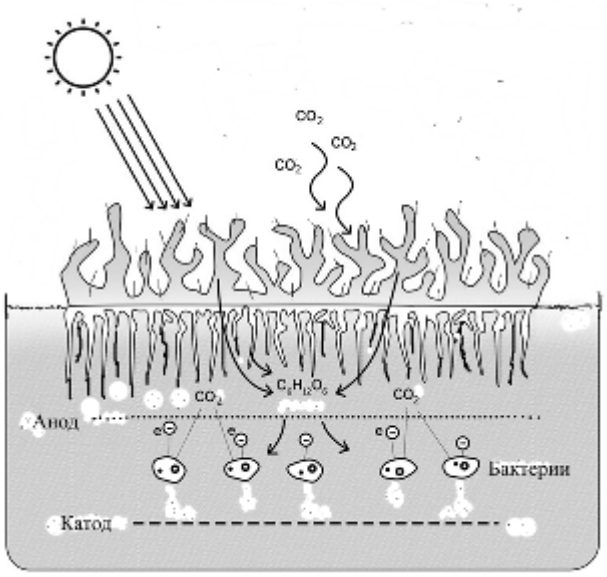


Рис. 1. **Схема устройства источника "зеленой энергии"**

В качестве объекта, использующего фотосинтез, использовали зеленый мох, который укладывали в емкость поверх электродной системы. Затем в емкость наливали обычную воду. Сразу же на зажимах электродов появлялась разность потенциалов, которая в некоторых случаях достигала 0,5 вольта. В отдельных случаях приходилось "будить" мох, подключая к BPVэлементу батарейку. Оказалось, что "разбуженный" мох способен откликаться на электрическое воздействие и далее продолжать генерировать электрический ток. Подбором элементов нагрузочной цепи BPVэлемента можно добиться стабильного или прерывистого процесса использования мощности элемента.

Таким образом, используя зеленый мох и его способность активно участвовать в фотосинтезе с помощью цианобактерий, удалось воспроизвести эксперимент по получению электрической – "зеленой" энергии.

Другая особенность BPVэлемента проявилась в том, что значения его сопротивления в зависимости от направления электрического тока, созданного внешним источником ЭДС различаются, иногда весьма существенно. В этом имеется сходство BPVэлемента с диодом.

На данном этапе исследований логическим продолжением является сборка схем из BPVэлементов и их практическое использование. В этом направлении перспективным представляется использование электронных коммутаторов для получения практически значимых мощностей.

Поиски объяснения энергетических свойств мхов и цианобактерий привели к простой воде. В ванночку наливали обычную водопроводную воду. В воду погружали графитовые электроды. Графитовые электроды выбирали для того, чтобы устранить гальванический эффект, который сразу же возникает при погружении в воду любых металлических электродов. Графитовые электроды брали из обычных канцелярских карандашей, выделив из них стержни, а угольные – от использованных батареек.

Собирали несложную электрическую цепь, состоящую из батарейки, мультиметра (вольтметра), переключателя и графитовых электродов, погруженных в воду ванны.

Предварительно измеряли напряжение батарейки. Считали, что напряжение батарейки в ходе эксперимента неизменно. Включали переключатель в первое положение. При этом на электроды подавалось напряжение батарейки. Через некоторое произвольное время переводили переключатель в противоположное положение. Было видно, что стрелка вольтметра сначала резко падает до определенного значения, а затем медленно перемещается к нулевой отметке. Пользуясь гальванометром, который подключается к электродам вместо вольтметра, можно убедиться, что значение напряжения еще некоторое время остается больше нулевого значения. График изменения напряжения на электродах представлен на рисунке 2.

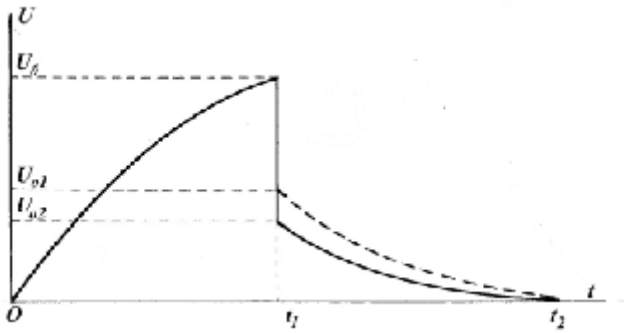


Рис. 2. **Изменения напряжения на электродах при различных параметрах эксперимента**

Низкие значения напряжения на электродах в опытах сохранялись до нескольких минут. Также можно отметить факт влияния расстояния между

электродами на значение остаточного напряжения U_o – чем меньше расстояние – тем больше напряжение. Заметно влияние качества воды на значения остаточного напряжения – дистиллированная вода, используемая для заливки в аккумуляторы дает меньшие значения остаточного напряжения U_{o2} по сравнению с водопроводной водой – U_{o1}. В сперимантах использовалась водопроводная и дистиллированная вода, объемы которых составили 100г. Напряжение батарейки составило 1,25 Вольт. Расстояние между стержневыми графитовыми электродами составляло 6 см. Характерные результаты измерений представлены в таблице. Наблюдаемые показания вольтметра и гальванометра можно объяснить следующим образом [3]. При подключении водяного элемента к источнику электрического тока все диполи водяной массы поворачиваются в направлении приложенного электрического поля. Дальнейшее увеличение силы тока в элементе обеспечивается, а счет электролитической диссоциации воды [4, 5].

Таблица

Значения напряжения на электродах водяного элемента в различные моменты измерений

Виды воды	Напряжение на элементе, Вольт	
	В момент переключения (остаточное)	Через одну минуту
Дистиллированная	0,3	0,25
Водопроводная	0,5	0,4

В этом случае приложение электрического тока к водяному элементу вызывает распад молекулы воды на два иона (H и OH), которые являются проводниками электрического тока в воде. При снятии напряжения с элемента диполи возвращаются в исходное состояние, а ионы снова соединяются в молекулу.

Отмеченная двухступенчатая форма правой части кривой может быть объяснена тем, что при снятии внешнего напряжения с электродов элемента ионы H и OH перестают перемещаться, а диполи постепенно возвращаются в исходное положение, как в обычном конденсаторе при его разряде [6]. Это соответствует первой части кривой и конечной частям кривой рис.2.

Таким образом, в результате выполненного эксперимента установлена задержка в возвращении диполей воды и воссоединения ионов H и OH в исходное состояние, которую можно интерпретировать как проявление своеобразной «электрической памяти» воды. Продолжительность во времени этой памяти, как отмечено выше зависит от различных факторов, таких как расстояние между электродами, качество используемой воды и др., что может явиться предметом дальнейших исследований. Полученные результаты позволяют уточнить природу воздействий электрического тока на растения [7, 8] и в техническом плане – использовать для создания бионических (водяных) элементов, обеспечивающих заданную выдержку времени и подобных устройств.

Различие значений сопротивлений BPVэлементов в зависимости от

полярности заставило нас проверить эту особенность на водном элементе. Выяснилось, что сопротивление водного элемента в большой степени зависит от соотношения площадей, формы и расположения электродов. Наиболее четко прослеживается влияние полярности на значения сопротивления водного элемента при коаксиальном расположении электродов. Снятые вольтамперные характеристики коаксиального водного элемента имеют большое сходство с вольтамперной характеристикой диода. Полученные зависимости значений силы тока и сопротивления в межэлектродном пространстве водного элемента перекликаются с аналогичными параметрами устройств, в которых используются искровой разряд (системы зажигания ДВС) [9] и коронный разряд [10], вследствие того, что во всех упомянутых случаях осуществляются сходные электронно-ионные процессы. Различие в проводимости водяных элементов при изменении полярности может служить основой для создания выпрямительных устройств.

Библиографический список

1.Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика М.: Физматлит. 2012. 256 с.

2. Воробьев В.А., Андреев С.А. Простой источник зеленой энергии // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2018. С.56-60.

3. Рассадкин Ю.П. Вода обыкновенная и необыкновенная М.: Галерея СТО. 2008. 840 с.

4.Алексеев А.И., Алексеев А.А. Химия воды. СПб.: Химиздат. 2017. 424 с.

5.Артемьев В.Г. Волков А.А. Электрические свойства воды. Новый взгляд // Биофизика. 2014 т.59 № 4. С.636-640.

6. Марченко А.Л. Основы электроники. М.: Издательство ДМК. 2009. 292с.

7. Воробьев В.А. Электротехнологии в сельскохозяйственном производстве. М.: ТРАНСЛОГ. 2018. 198 с.

8. Колтовой Н.А. Структура и свойства воды. М. 2017. 380 с.

9. Токарев А.В. Коронный разряд и его применение. Бишкек. КРСУ. 2009. 138с.

10. Францев С.М., Шаронов Г.И. Теоретико-экспериментальные исследования параметров систем зажигания высокой энергии для газовых двигателей. Пенза. ПГУАС. 2012. 120 с.

УДК 621.3.072:519.673(075)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ УПРАВЛЯЕМЫХ РЕАКТОРОВ С ВРАЩАЮЩИМСЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

***Забудский Евгений Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,* zei@inbox.ru

***Аннотация**. На основе разработанной математической модели установлены взаимосвязи соотношений размеров магнитной цепи и числа полюсов рабочей обмотки с величиной диапазона регулирования реактивной мощности, а также взаимосвязи характеристик устройств и режимов намагничивания.*

***Ключевые слова:** управляемый реактор, вращающееся поле, поперечная магнитная цепь, математическая модель, оптимизация.*

***Abstract**. Based on the developed mathematical model, the relationships between the sizes of the magnetic circuit and the number of poles of the working winding with the magnitude of the reactive power control range are established, as well as the interconnection of the characteristics of devices and magnetization regimes.*

***Keywords**: controlled reactor, rotating field, transverse magnetic circuit, mathematical model, optimization.*

Область применения управляемых реакторов с вращающимся полем (УРВ) разнообразна, но наиболее перспективно их применение в качестве регулирующего элемента статического компенсатора реактивной мощности [1]. Активная часть УРВ подобна таковой у асинхронного электродвигателя, однако функциональное назначение УРВ – регулирование диапазона потребляемой им реактивной мощности – обусловливает и отличие, а именно в УРВ зазор δ между статором и ротором уменьшен до технологического минимума, так как внутренний сердечник (он называется по аналогии ротором) неподвижен (рисунок 1). В пазах магнитопровода расположены трехфазная пространственно-распределенная рабочая обмотка (РО) с числом пар полюсов p_1 и две тороидальные обмотки управления постоянного тока (i_{0a}, i_{0i}). Одна из них (ОУ1) охватывает поперечное сечение ярма статора, другая (ОУ2) – сечение ярма ротора.

Поскольку воздушный зазор между статором и ротором практически исключен, то УРВ – существенно более нелинейное устройство, чем асинхронная электрическая машина. С точки зрения максимума коэффициента регулирования реактивной мощности УРВ нелинейность характеристик его должна быть максимально выражена, однако наличие зубцово-пазового слоя обусловливает некоторую линеаризацию характеристик. Очевидно, что при определенных соотношениях размеров поперечной магнитной цепи линеаризация характеристик УРВ будет наименьшей. Поэтому *важнейшая задача – отыскать оптимальные*

соотношения размеров поперечной магнитной цепи. Критерий оптимальности – максимум коэффициента (диапазона) регулирования реактивной мощности, потребляемой УРВ.

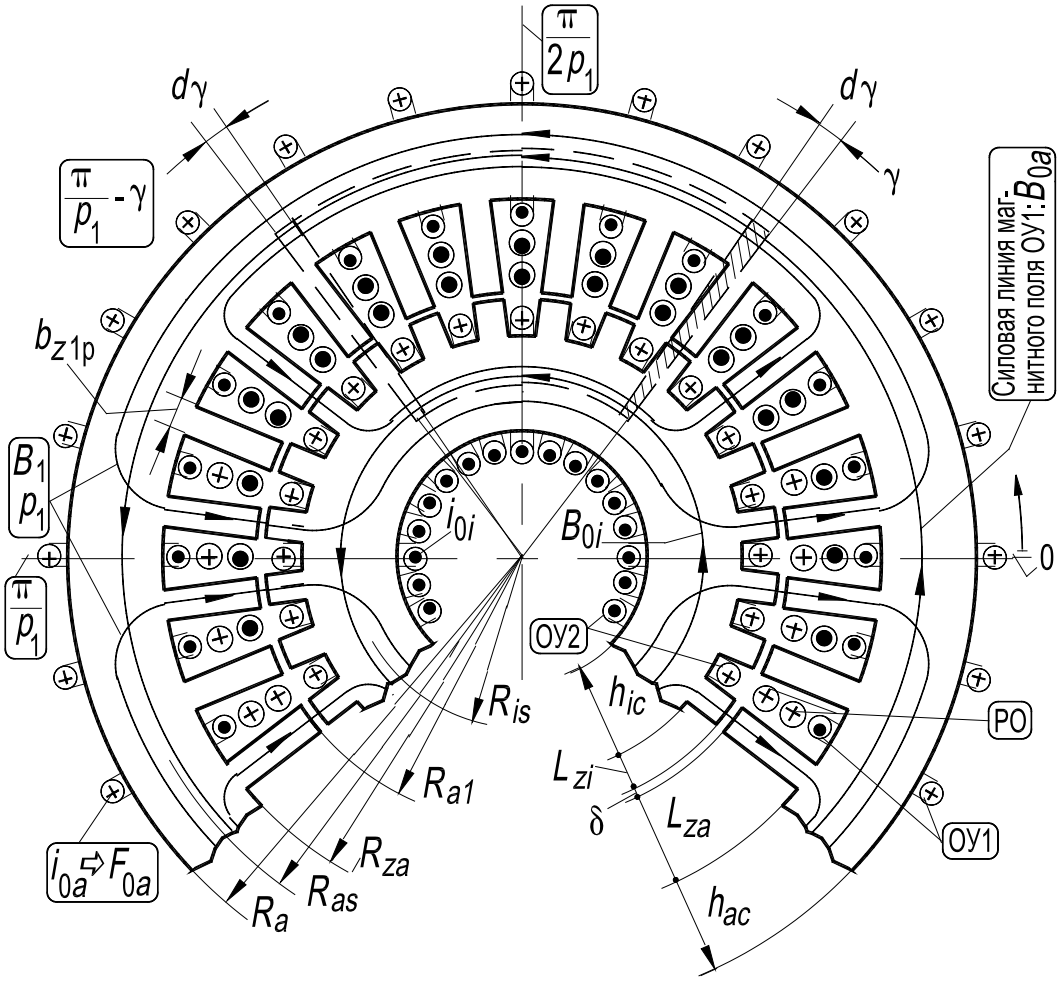


Рис. 1. **Поперечная магнитная цепь УРВ (изображение схематическое)**

Соотношения, характеризующие поперечную геометрию реактора, влияют также на формирование гармоник насыщения магнитного поля при синусоидальном пространственно-временном распределении МДС трехфазной обмотки. Эти гармоники обусловливают изменение потерь в стали. Наличие четных гармоник насыщения в индукции ограничивает при определенных условиях диапазон регулирования реактора. Поэтому выбор рациональной поперечной геометрии магнитопровода, влияющей на амплитуды гармоник насыщения, является важнейшей частью электромагнитного расчета.

Результаты выполненных исследований используются при проектировании УРВ. При этом необходимо определить величины, характеризующие поперечную геометрию магнитопровода, а именно: ширину (b_{z1p}, b_{z2p}) и высоту (L_{za}, L_{zi}) зубцов, высоту ярм (h_{ac}, h_{ic}), радиальную длину зазора δ между статором и ротором. Необходимо также выбрать рациональное число пар полюсов p_1 рабочей обмотки. От этих величин зависит мощность

цепи управления, обеспечивающая заданный диапазон регулирования, и приведенные расчетные затраты на изготовление и эксплуатацию реактора.

Для определения соотношений, характеризующих поперечную геометрию магнитопровода УРВ, выведено расчетное нелинейное трансцендентное уравнение магнитной цепи (1), состоящей из ярм, немагнитного зазора и зубцово-пазового слоя (каждое ярмо охватывается своей тороидальной обмоткой управления, а трехфазная распределенная обмотка уложена в пазы статора – наружного сердечника). Учтены, как и в теории электрических машин, тангенциальная составляющая магнитной индукции в ярмах и радиальная – в зубцах. Для упрощения не учитываются активное сопротивление и индуктивность рассеяния обмоток, потери на гистерезис и вихревые токи, а распределение магнитного поля в поперечном сечении принято одинаковым по всей длине магнитопровода

$$
\begin{aligned}
&-\sum_{\mu} F_{\mu}^{*}\, p_{\mu}\mathrm{Sin}\left(\omega_{\mu}t - p_{\mu}\gamma + \xi_{\mu}\right) + \frac{F_{0a}^{*}}{\pi} \mp \frac{F_{0i}^{*}}{\pi} = \\
&= -2\{\mathrm{Sh}[B_{0a}^{*} + \sum_{\nu} B_{\nu}^{*}\,\mathrm{Sin}(\omega_{\nu}t - p_{\nu}\gamma + \psi_{\nu})] + \\
&+ k_{s}\mathrm{Sh}[\mp B_{0a}^{*} + \sum_{\nu} B_{\nu}^{*}\,\mathrm{Sin}(\omega_{\nu}t - p_{\nu}\gamma + \psi_{\nu})] + \\
&+ L_{za}^{*} d_{a}^{*} \sum_{\nu} B_{\nu}^{*}\, p_{\nu}^{2}\,\mathrm{Sin}(\omega_{\nu}t - p_{\nu}\gamma + \psi_{\nu})\mathrm{Ch}d_{a}^{*}B_{\nu}^{*}p_{\nu}\mathrm{Cos}(\omega_{\nu}t - p_{\nu}\gamma + \psi_{\nu}) + \\
&+ L_{zi}^{*} d_{i}^{*} \sum_{\nu} B_{\nu}^{*}\, p_{\nu}^{2}\,\mathrm{Sin}(\omega_{\nu}t - p_{\nu}\gamma + \psi_{\nu})\mathrm{Ch}d_{i}^{*}B_{\nu}^{*}p_{\nu}\mathrm{Cos}(\omega_{\nu}t - p_{\nu}\gamma + \psi_{\nu}) + \\
&+ \delta^{*} \sum_{\nu} B_{\nu}^{*}\, p_{\nu}^{2}\,\mathrm{Sin}(\omega_{\nu}t - p_{\nu}\gamma + \psi_{\nu})\}. \qquad (1)
\end{aligned}
$$

В уравнении (1) отношения

$$
\begin{aligned}
&F_{\mu}^{*} = F_{\mu}/\alpha R_{as};\ F_{0a}^{*} = F_{0a}/\alpha R_{as};\ F_{0i}^{*} = F_{0i}/\alpha R_{as};\ B_{\nu}^{*} = \beta B_{\nu} \\
&L_{za}^{*} = L_{za}/R_{as};\ L_{zi}^{*} = L_{zi}/R_{as};\ d_{a}^{*} = \frac{2\pi h_{ac}}{z_{1} b_{z1p}};\ d_{i}^{*} = \frac{2\pi h_{ic}}{z_{2} b_{z2p}}; \qquad (2) \\
&k_{s} = R_{is}/R_{as};\ \delta^{*} = \delta h_{ac}/\alpha\beta\mu_{0} R_{a1} R_{as} \text{ – безразмерные величины.}
\end{aligned}
$$

При заданных амплитуде основной гармоники магнитного поля в ярме B_1^* и величинах МДС подмагничивания F_{0a}^* и F_{0i}^* уравнение (1) решается на ПК относительно искомых амплитуд гармоник насыщения магнитной индукции B_ν^* и МДС F_μ^* трехфазных пространственно-распределенных обмоток. Для решения необходимо задаться количеством учитываемых ν–х гармоник насыщения и диапазоном значений соотношений размеров (2), характеризующих поперечную геометрию магнитной цепи.

Уравнение (1) применимо и для расчета магнитной цепи асинхронных двигателей с учетом насыщения, а также для расчета режимов работы статических ферромагнитных устройств с ВМП другого функционального назначения.

Система нелинейных трансцендентных уравнений (НТУ), количество которых соответствует числу неизвестных, составлена по методу Галеркина [1]. С этой целью принята на отрезке $\pi/2 \le \gamma \le 3\pi/2$ полная ортогональная тригонометрическая система 1, Sinγ, Cos2γ, Sin3γ, ... базисных функций и записаны, согласно методу, условия ортогональности уравнения (1) для базисных функций.

Для решения системы НТУ принят безытерационный метод [1], согласно которому эта система преобразуется в систему нелинейных обыкновенных

дифференциальных уравнений (ОДУ) первого порядка. Последняя решается методом Рунге-Кутта с модификацией Фельберга. С целью приведения системы НТУ к системе нелинейных ОДУ в уравнения системы НТУ вводится параметр λ, принимающий значения на интервале $0 \le \lambda \le 1$. Параметр λ вводится в систему так, чтобы выполнялись условия: при $\lambda = 1$ эта система обращалась в исходную систему НТУ; при $\lambda = 0$ можно было без затруднения найти ее решение.

Для нахождения решения системы параметр λ принимается за независимую переменную, а неизвестные F_1^*, B_2^*, B_3^*, …, B_{0a}^*, B_{0i}^* считаются функциями от λ; уравнения системы дифференцируются по этой переменной. В результате получается система алгебраических уравнений, линейных (ЛАУ) относительно производных (система решается методом Гаусса):

$\frac{dF_1^*}{d\lambda}, \frac{dB_2^*}{d\lambda}, \frac{dB_3^*}{d\lambda}, \ldots, \frac{dB_{0a}^*}{d\lambda}, \frac{dB_{0i}^*}{d\lambda}$.

Чтобы найти далее решение системы НТУ, численно интегрируются по параметру λ значения производных. Интегрирование проводится с заданной точностью на интервале $0 \le \lambda \le 1$ при начальных условиях $F_1^* = F_1^{*0}$, $B_{0a}^* = B_{0a}^{*0}$, $B_{0i}^* = B_{0i}^{*0}$, $B_2^* = B_2^{*0}$, $B_3^* = B_3^{*0}$, …, $\lambda = 0$. При значении параметра $\lambda = 1$ решение системы есть искомое решение исходной системы нелинейных трансцендентных уравнений.

В результате реализации алгоритма на ПК определяются оптимальные значения безразмерных коэффициентов (2), характеризующих соотношение размеров поперечной магнитной цепи; находится рациональное число пар полюсов трехфазной рабочей обмотки реактора; определяется зависимость амплитуд B_v^* учитываемых гармоник насыщения от всех варьируемых величин; отыскивают оптимальный режим намагничивания УРВ [2] с точки зрения его основного назначения – регулирования реактивной мощности.

Далее приведены некоторые результаты расчета, их анализ и установлены рациональные геометрические соотношения L_{za}^* и d_a^* магнитопровода реактора и целесообразное число пар полюсов РО реактора p_1. Критерии для выбора значений указанных величин при прочих равных условиях – минимум амплитуды МДС F_1^* при холостом ходе реактора (см. рис. 2,*а*,*б*) и ее максимум в рабочем режиме (то есть при подмагничивании, см. рис. 2,*в*,*г*). Это, в свою очередь, определяет наибольшее значение коэффициента регулирования рабочего тока k_y.

Из анализа зависимостей, представленных на рис. 2, следует, что *для получения наибольшего* k_y трехфазную обмотку необходимо выполнить с $p_1 = 1$, а магнитную систему изготовить из пластин серийной четырёхполюсной электрической машины переменного тока, причем, относительный зазор должен быть $\delta^* \le 50$. Если $\delta^* > 50$, то возможен либо названный вариант, либо вариант с той же обмоткой при $p_1 = 1$, но с магнитопроводом, изготовленным на базе пластин двухполюсной машины. Пластины статора серийных четырёх- и двухполюсных машин характеризуются соответственно относительными величинами $L_{za}^* \approx 0{,}22$, $d_a^* \approx 0{,}6$ и $L_{za}^* \approx 0{,}22$,

$d_a^* \approx 1{,}1$. Установлено, что значения этих величин необходимо использовать при проектировании реактора.

Для проверки расчетных данных был изготовлен опытный образец УРВ на базе магнитопровода серийного двухполюсного асинхронного двигателя с РО, выполненной с $p_1 = 1$, и образец с РО, имеющей также $p_1 = 1$, но магнитопровод его изготовлен на основе серийного четырёхполюсного двигателя. Результаты эксперимента подтвердили правильность выводов, сделанных на основе анализа математической модели (1) поперечной магнитной цепи УРВ.

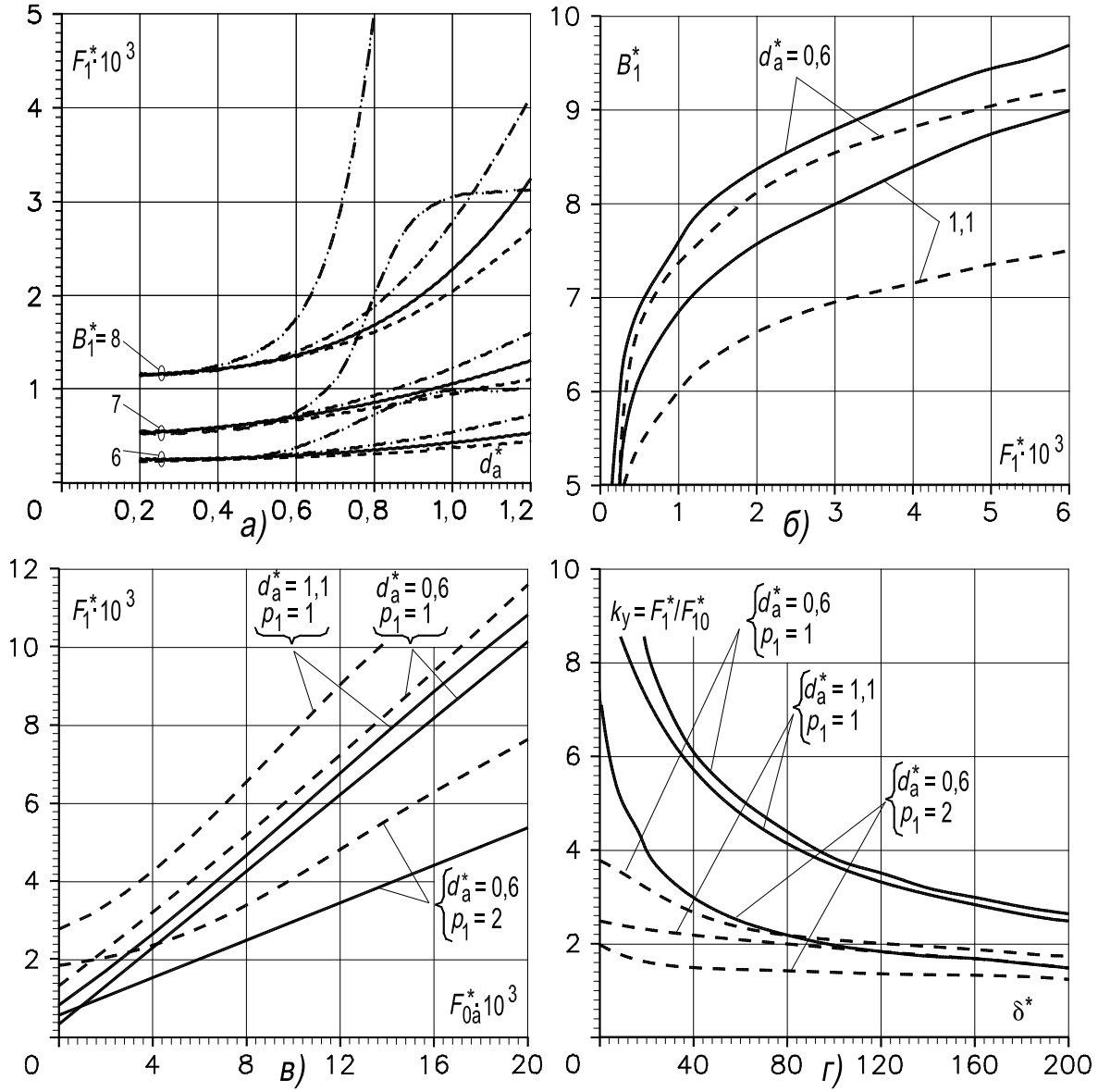


Рис. 2. **Графическая интерпретация результатов математического моделирования поперечной магнитной цепи УРВ**:

а) – зависимость $F_1^* = f(d_a^*)$ при $\delta^* = 0, F_0^* = 0$: $p_1 = 1, L_{za}^* = 0{,}11$ (пунктирные); $p_1 = 1$, $L_{za}^* = 0{,}22$ (сплошные); $p_1 = 1, L_{za}^* = 0{,}44$ (штрих-пунктирные); $p_1 = 2, L_{za}^* = 0{,}22$ (штрих-штрих-пунктирные); б) – зависимость $F_1^* = f(B_1^*)$ при $\delta^* = 0, F_0^* = 0, L_{za}^* = 0{,}22$: $p_1 = 1$ (сплошные); $p_1 = 2$ (пунктирные). в) – зависимость $F_1^* = f(F_{0a}^*)$ при $\delta^* = 0$, $L_{za}^* = 0{,}22$: $B_1^* = 6$ (сплошные); $B_1^* = 8$ (пунктирные). г) – зависимость $k_y = f(\delta^*)$ при $L_{za}^* = 0{,}22, F_{0a}^* = 9000$: $B_1^* = 6$ (сплошные); $B_1^* = 8$ (пунктирные)

Библиографический список

1. Забудский Е.И. Математическое моделирование управляемых электромагнитных реакторов: монография. – М.: ООО «Мегаполис», 2018. 355 с.

2. Evgeny Zabudsky. Modeling and Analysis of Electromagnetic Modes of Electric Power Devices // International Journal "Information Technologies & Knowledge", Vol. 9, Number 1, ITHEA, Sofia (Bulgaria), June 2015. pp.80–99.

УДК 634.171:621.865.8:637.116

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОКА С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ КОРОВ НА РОБОТИЗИРОВАННЫХ ФЕРМАХ

***Иванов Юрий Григорьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, iy.electro@mail.ru*

***Габдуллин Габдульбарый Габдулбарович**, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, iy.electro@mail.ru*

***Атаманкина Людмила Николаевна**, инженер кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, iy.electro@mail.ru*

***Лапкин Андрей Геннадьевич**, руководитель отдела технологического сопровождения ООО «Лели», iy.electro@mail.ru*

***Аннотация.** Производство молока со свежим вкусом и сохраненными полезными компонентами без термообработки с индивидуальным составом (жир, белок) и вкусовыми качествами может быть реализовано на промышленных фермах. В качестве базовой доильной установки предложен доильный робот Lely Astronaut A4, обеспечивающий контроль максимального количества показателей молока в процессе доения. Предложено оборудование технологической линии фильтрации, охлаждения и фасовки молока, определены его основные технологические параметры.*

***Ключевые слова:** индивидуальное доение коров, доильный робот, сырое молоко, индивидуальные показатели молока.*

***Abstract.** The production of fresh milk with preserved useful components and with individual composition (fat, protein) and taste qualities can be realized on industrial farms without heat treatment. The Lely Astronaut A4 milking robot is proposed as the basic milking machine, which ensures the control of the maximum number of milk indicators during the milking process. The equipment of the technological line for filtration, cooling and milk packing has been proposed. Its main technological parameters have been determined.*

***Keywords:** mil individual milking of cows, milking robot, raw milk, individual milk indicatorsking robot, milk quality, individual properties.*

Анализ потребления коровьего молока показал, что можно выделить три группы потребителей, предпочитающих различные виды молока [1]:

1-ая группа – оригинальное молоко;

2-ая группа – молоко со свежим вкусом;

3-ья группа – молоко, подвергающееся термообработке.

Оригинальное молоко – это только что выдоенное сырое молоко. Оно не подвергается термической обработке, а только фильтрации. Именно поэтому в нем все компоненты содержатся в натуральной форме. Приобретение сырого молока возможно только на ферме. Перед употреблением его рекомендуется кипятить, но при этом содержание витаминов будет снижаться, а вкусовые качества – утеряны.

Молоко со свежим вкусом – это молоко так же не подвергается термообработке. Оно нуждается в постоянном контроле качества. К коровам и обслуживающему персоналу предъявляются особые требования гигиены и здоровья. Такое молоко можно встретить в магазинах здорового питания. Перед употреблением его так же рекомендуется кипятить.

Молоко, подвергающееся термообработке (пастеризованное молоко; ультрапастеризованное молоко, стерилизованное молоко) получило наибольшее распространение – его можно встретить во всех продуктовых магазинах.

Известно, что молоко от индивидуальной коровы имеет свой вкус и запах, присущий только ей, что хорошо знают владельцы собственных животных.

В связи с этим, для второй группы потребителей, представляет особый интерес производство молока со свежим вкусом и сохраненными полезными компонентами без термообработки с индивидуальным составом (жир, белок) и вкусовыми качествами на промышленных фермах. При этом необходимо обеспечить минимизацию загрязнения молока в процессе его производства и максимальный технологический контроль качества [2].

Анализ доильных установок различных типов (с доением молокопровод, в доильных залах и на доильных роботах) показывает, что наибольшим потенциалом обладают доильные роботы, т.к. только они обеспечивают отдельное доение одной коровы, молоко от которой можно отделить от остального молока [3].

Программа работы:

1. Анализ и выбор типа доильного робота, наиболее полно отвечающего поставленным требованиям.
2. Разработка макета упаковки с перечнем размещаемой на ней информации.
3. Разработка технологической схемы линии доения, первичной обработки и фасовки молока.
4. Анализ продолжительности технологических операций на доильном роботе в условиях реальной фермы.
5. Обоснование параметров технологического оборудования.

Результаты исследований.

1. Сравнительная оценка доильных роботов ведущих компаний представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика доильных роботов

Показатель / Компания	GEA	DeLaval	Lely
Марка робота	FT Monobox	VMS	Astronaut A4
Количество обслуживаемых животных	60-70	60-70	**62-72**
Способ подготовки сосков к доению	пневмогидравлический	гидравлический	**щеточный**
Промывка доильных стаканов после выдаивания каждой коровы	+	+	+
Сдаивание первых струек молока	+	+	+
Отделение несортового молока	+	+	+
Контролируемые показатели:			
Почетвертной надой молока	+	+	+
Продолжительность времени доения	+	+	+
Контроль мастита (электропроводность)	смешанное молоко	почетвертное молоко	**почетвертное молоко**
Содержание жира	-	-	+
Содержание белка	-	-	+
Содержание соматических клеток	-	-	+
Наличие крови в молоке	-	-	+
Температура молока	-	-	+

Анализ функциональных возможностей доильных роботов ведущих мировых компаний, представленных на отечественном рынке, показывает, что целям исследования отвечает доильный робот Lely Astronaut A4, т.к. он имеет наибольшее количество контролируемых показателей и обеспечивает более высокое качество очистки сосков от загрязнений перед доением [3].

2. Макет упаковки, с размещенной информацией представлен на рисунке 1.

Рис. 1. **Макет упаковки молока**

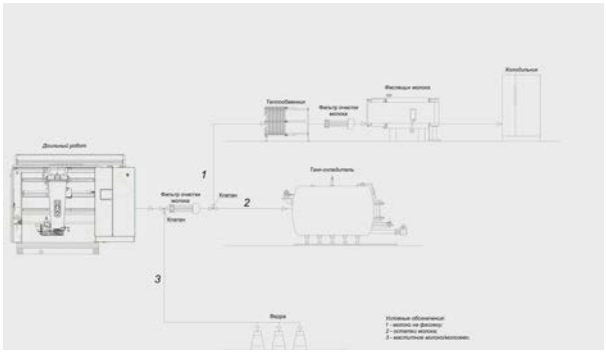


Рис. 2. **Технологическая схема линии получения, первичной обработки и фасовки молока**

Основными показателями продукции являются: наименование фермы, кличка животного и дата его рождения, дата и время дойки с погодными условиями (температура, влажность воздуха), содержание жира и белка, срок годности и условия хранения молока.

3. Технологическая схема линии получения, первичной обработки и фасовки молока представлена на рисунке 2.

Предложенная технологическая схема предусматривает выполнение следующих технологических операций:

Линия 1. Молоко в процессе доения от определенной коровы накапливается во внутреннем молокосборнике робота откуда с помощью молочного насоса перекачивается через фильтр механической очистки, далее поступает в теплообменник, где охлаждается с +32…28°С до +6…4°С, затем поступает в молокосборник установки для розлива и упаковки молока в коробку типа «PURE PAK» объемом 1,0 л с нанесением основной информации о продукте. Далее оно отправляется на полку в холодильную камеру.

Линия 2. Оставшееся молоко, объема которого не хватает для фасовки одной упаковки, после механической фильтрации попадает в танк-охладитель.

Линия 3. Непригодное для использования молоко, не проходя фильтрацию, поступает в ведра для отдельного использования.

4. Результаты анализа продолжительности технологических операций на доильном роботе в условиях реальной фермы необходимы для подбора параметров фильтров, теплообмениика и автомата розлива и упаковки молока (таблица 2, рисунок 3).

Таблица 2

Технологические операции доильного робота Lely Astronaut A4

Вид операции	Время
Подготовка к доению	
Вход коровы	5-10 с
Идентификация коровы	1 с
Движение манипулятора под корову	5-8 с
Чистка вымени щетками	30-50 с
Сканирование расположения сосков и надевание доильных стаканов	15 с
Доение	
Время от надевания доильного стакана до поступления молока к датчику	~ 16 с
Продолжительность молокоотдачи	~ 7-8 мин

Продолжительность одного цикла t_p работы автомата розлива и упаковки молока после выдаивания одной коровы должна составлять:

$$t_{\text{р}} = t_{\text{д } min} + t_{\text{з } min}$$

где $t_{д\ min}$ – минимальная продолжительность времени доения одной коровы, $t_{з\ min}$ – минимальное время от момента отключения доильных стаканов одной коровы до идентификации последующей коровы, зашедшей в робот.

По результатам технологических измерений минимальная продолжительность одного цикла работы автомата розлива и упаковки молока

$t_p \leq 6$ мин. Таким образом, минимальная производительность фильтров, теплообменника и автомата розлива и упаковки при максимальной одноразовой молокоотдачи – 40 л составляет – 7 л/мин. [4].

Так же на ферме были получены данные по интервалам времени между заходами животных в бокс доильного робота, которые отображены на рис. 3.

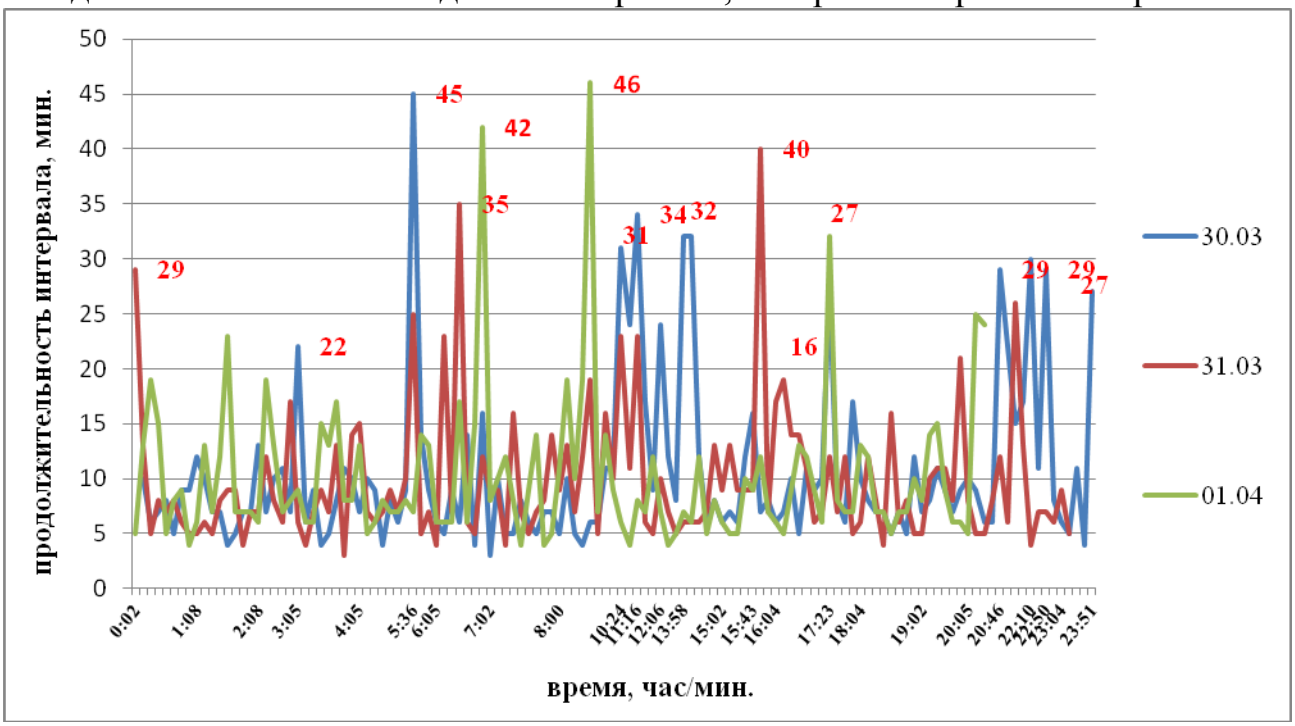


Рис. 3. **График зависимости продолжительности интервала времени между заходами животных от времени суток в бокс доильного робота Lely Astronaut A4**

Установлены наиболее длительные интервалы времени простаивания робота, что позволяет определить в какое время суток целесообразно проводить его техническое обслуживание, а так же оборудования технологической линии, в том числе полную мойку всего оборудования.

5. Обоснование параметров технологического оборудования осуществляется на основе полученных результатов исследований с учетом технических характеристик выпускаемого серийного оборудования [5].

Предлагается следующее основное оборудование:

1) Пластинчатый теплообменник DeLaval типа E-combi.

Таблица 2

Технические характеристики пластинчатого теплообменника DeLaval E-combi

Количество пластин	Пропускная способность по молоку, литр в минуту	Вода, необходимая для оптимизации охлаждения (вода: молоко)	Размер входа Вода/молок
34	15	1:1&2,5:1	1" BSP / 38 мм

2) Автомат розлива и упаковки жидких продуктов в картонную упаковку типа PURE PAK «Альтер-04А» – карусельный тип с объемом дозирования до 1000 мл и производительностью 1500 упак./час, расход

холодной воды – 0,2 м^3/ч, имеет возможность подключения к централизованной сип-мойке.

3) Шкаф холодильный ПРЕМЬЕР ШВУП1 ТУ-0,75, рабочая температура 1…+10°С, объем 800 л.

Вывод. Проведенные исследования позволили установить, что научная идея получения оригинального молока от коров на современных животноводческих комплексах реализуема.

Библиографический список

1. Атаманкина Л.Н., Габдуллин Г.Г., Иванова Ю.Г., Роботизированная технология для производства молока от индивидуально взятой коровы. // Актуальные направления развития техники и технологий в России и за рубежом – реалии, возможности, перспективы. Том I. Изд-во. Княгинино НГИЭУ. 2018 – С. 120.

2. Иванов Ю.Г., Лапкин АГ. Сравнительная оценка энерго, трудо и эксплуатационных затрат при переводе коров с доения в молокопровод на робот «Lely Astronaut» // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 3 (11). С. 188-190.

3. Иванов Ю.Г. Радиотехническая система управления адресным обслуживанием животных на молочной ферме // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2005. № 1. С. 151-155.

4. Иванов Ю.Г., Викторов А.И. Радиотехнический метод определения местонахождения животных и половой охоты коров и телок / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 4. С 9-11.

5. Hocherrhitzte Milch: Ein Hoch auf die neue Milch [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.test.de/Hocherhitzte-Milch-Ein-Hoch-auf-die-neue-Milch-1145760-1145761/.

УДК 621.313.333

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТИПОРАЗМЕРА МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ, ДЛИНЫ ПИТАЮЩЕГО КАБЕЛЯ И ВЕЛИЧИНЫ ЗАЩИТНОЙ ЕМКОСТИ НА ВЕЛИЧИНУ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ (АД)

***Кабдин Николай Егорович**, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, energo-nek@rgau-msha.ru,*

***Локтин Юрий Геннадьевич**, ассистент кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, energo-nek@rgau-msha.ru*

***Аннотация.** Представлены результаты полнофакторного эксперимента типа 2^3. По полученным уравнениям для практического применения построены*

номограммы для определения кратности КП от длины питающего кабеля, величины защитной емкости, габарита магнитного пускателя при отключении асинхронного двигателя.

Ключевые слова: *коммутационные перенапряжения, асинхронный электродвигатель, емкость, магнитный пускатель, длина кабеля, полнофакторный эксперимент*

Abstract. *The polnofaktornogo type of experiment 2^3. By deriving equations for the practical application of nomograms are constructed to define the CP length of the multiplicity of feeder cable magnitude protective container dimensions magnetic actuator when disconnecting the asynchronous motor.*

Keywords: *Switching overvoltage, induction motor, capacitance, magnetic switch, cable length, polnofaktorny experiment*

Основными факторами, подлежащими рассмотрению при исследовании коммутационных перенапряжений в АД в условиях сельскохозяйственного производства, являются: вид коммутационной операции (включение, отключение, регулирование скорости и т.д.), типоразмер коммутирующего аппарата, длина питающего кабеля и др. [1]. Влияние указанных факторов сказывается на форме и величине коммутационных перенапряжений, которые оказывают существенное влияние на эксплуатационую надежность асинхронных электродвигателей.

Средства и устройства защиты должны исключать появление на обмотках асинхронного электродвигателя импульсов коммутационного перенапряжения, опасных для его изоляции, и не влиять на его нормальную работу при номинальных значениях напряжения. Кроме того, снижение величины КП существенно замедляет процессы старения изоляции. Средства и устройства защиты, которые возможно использовать для защиты обмоток АД от КП по функциональному назначению можно разделить на следующие основные группы: ограничители уровня напряжения, ограничители скорости нарастания напряжения и накопители (поглотители) энергии КП.

Одним из наиболее известных способов защиты АД от коммутационных перенапряжений является применение защитных устройств на основе конденсаторов [2].

Для установления зависимости кратности КП при включении и выключении АД на холостом ходу от габарита магнитного пускателя, длины питающего кабеля и величины защитной емкости на зажимах АД был спланирован и проведен полнофакторный эксперимент типа 2^3 [3]. На первой стадии изучения предполагалось, что зависимость кратности КП в заданном диапазоне варьирования переменных может быть описана линейной моделью вида [3]:

$$Y=b_0X_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_{12}X_1X_2+b_{13}X_1X_3+b_{23}X_2X_3,$$

где b_i – коэффициент регрессии; X_i - воздействующие факторы.

Воздействующие факторы выбирались исходя из требований, предъявляемых к ним при планировании экспериментов, и из соображений

возможности влияния на них в процессе эксплуатации. Функцией отклика в данном эксперименте являются максимальные значения кратности коммутационных перенапряжений. Факторы, их уровни и интервалы варьирования представлены в таблице 1.

При исследованиях использовались асинхронные электродвигатели серии 4А и АИР мощностью 0,37…3 кВт, магнитные пускатели типа ПМЕ (0-го, 1-го, 2-го габаритов). Габарит магнитного пускателя характеризуется величиной тока нагрузки ($I_н$), который способен коммутировать данный аппарат. Уровни и пределы варьирования величины защитной емкости определены на основе анализа литературных данных. Пределы варьирования длины кабеля определены с учетом реальной протяженности внутренних распределительных линий на с.-х. предприятиях, которая составляет в среднем 40 м. При исследованиях применялся кабель типа ВРГ, АВРГ и ВВГ, АВВГ сечением 2,5 мм^2. Схема соединения обмоток двигателя и защитных емкостей – «звезда». План эксперимента типа 2^3 и результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 1

Факторы, их уровни и интервалы варьирования

Наименование фактора	Условное обозначение	Уровень фактора и его значение		
		нижний - 1	верхний + 1	интервал варьирования
Габарит пускателя, $I_н$, А	X_1	3	10	3,5
Емкость на зажимах АД, С, мкФ	X_2	0	0,05	0,025
Длина питающего кабеля, *l*, м	X_3	4	80	38

Результаты расчета коэффициентов уравнения множественной регрессии с оценкой их значимости по t-критерию Стьюдента приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3 коэффициенты при линейных членах уравнений множественной регрессии являются значимыми как при включении, так и при выключении АД. Для процесса выключения АД незначимыми являются парные взаимодействия габарит-емкость и габарит-длина кабеля, но при этом существенное влияние оказывает парное взаимодействие емкость-длина кабеля. Для процесса выключения все парные взаимодействия являются значимыми.

Таким образом, уравнения множественных регрессий в кодированных переменных имеют вид:

– для процесса включения

$$Y_1=1{,}78+0{,}014X_1-0{,}55X_2+0{,}516X_3-0{,}45X_2X_3;$$

– для процесса выключения

$$Y_2=2{,}83+0{,}078X_1-1{,}32X_2+1{,}1X_3-0{,}035X_1X_2 - 0{,}0175X_1X_3 - 1{,}095X_2X_3$$

Таблица 2

План эксперимента типа 2^3 и результаты исследований

Номер опыта	Факторы и их взаимодействия						Кратность КП	
	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	включение Y_1	выключение Y_2
1	+	+	+	+	+	+	1,3	1,54
2	+	+	-	+	-	-	1,18	1,56
3	+	-	+	-	+	+	3,31	6,43
4	+	-	-	-	-	+	1,38	2,09
5	-	+	+	-	-	+	1,27	1,48
6	-	+	-	-	+	-	1,15	1,45
7	-	-	+	+	-	-	3,28	6,25
8	-	-	-	+	+	+	1,36	1,82

Таблица 3

Результаты расчета коэффициентов уравнения множественной регрессии с оценкой их значимости по t-критерию Стьюдента

Наименование фактора	Условное обозначение фактора	Значение коэффициента b_i	Значение t-критерия
Константа	X_0	1,78 2,83	1423 565
Габарит пускателя	X_1	0,014 0,078	11 15,5
Емкость на зажимах АД	X_2	-0,554 -1,32	443 264
Длина кабеля	X_3	0,511 1,1	409 220
Парные взаимодействия			
Габарит-емкость	X_1X_2	0,00125 -0,035	1 7
Габарит-длина	X_1X_3	0,00125 -0,0175	1 3,5
Емкость-длина	X_2X_3	-0,45 -1,095	361 219

Примечание: в числителе даны значения при включении АД, в знаменателе - при отключении АД.

Проверка адекватности математической модели производилась по F-критерию Фишера при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Переходя к представлению переменных в натуральном масштабе измерения, получим уравнения:

– для процесса включения

$$k_u = 1,78 + 0,014\frac{I_н - 6,5}{3,5} - 0,554\frac{C - 0,025}{0,025} + 0,516\frac{l - 42}{38} - 0,45\frac{C - 0,025}{0,025} \times \frac{l - 42}{38};$$

– для процесса отключения

$$k_u = 2{,}83 + 0{,}078\frac{I_н - 6{,}5}{3{,}5} - 1{,}32\frac{C - 0{,}025}{0{,}025} + 1{,}1\frac{l - 42}{38} -$$

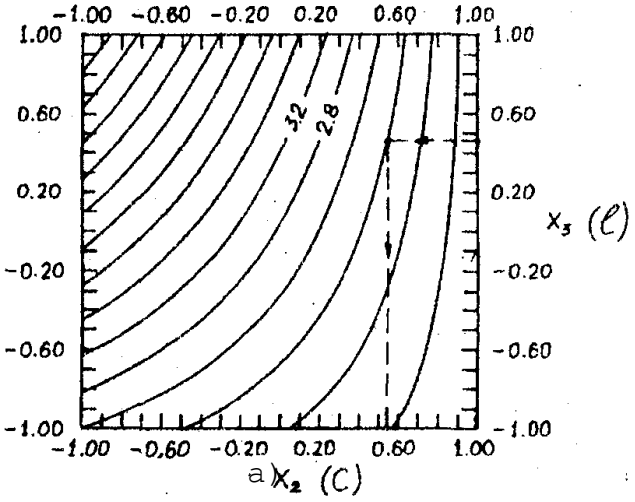
$$- 0{,}035\frac{I_н - 6{,}5}{3{,}5} \times \frac{C - 0{,}025}{0{,}025} - 0{,}0175\frac{I_н - 6{,}5}{3{,}5} \times \frac{l - 42}{38} - 1{,}095\frac{C - 0{,}025}{0{,}025} \times \frac{l - 42}{38}$$

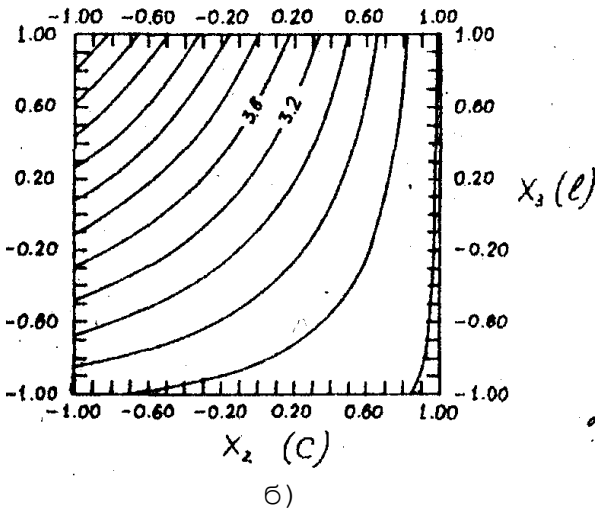
Анализ уравнений показывает, что кратность коммутационных перенапряжений увеличивается с увеличением габарита магнитного пускателя и длины питающего кабеля, а уменьшается с увеличением защитной емкости на зажимах электродвигателя. Это можно объяснить тем, что с увеличением габарита увеличивается скорость замыкания и размыкания контактов пускателя. При этом более интенсивно гасится дуга и увеличивается скорость восстановления электрической прочности межконтактного промежутка, что приводит к увеличению тока обрыва дуги и, следовательно, к увеличению кратности КП. Увеличение длины кабеля приводит к увеличению емкости участка питающей сети и вызывает более высокую неустойчивость электрической дуги между контактами при включении и отключении, которая в свою очередь порождает более высокие значения тока среза и ведет к увеличению кратности КП.

Для практического применения наиболее удобны номограммы, полученные в результате расчета по приведенным ранее уравнениям. На рисунке в качестве примеров приведены зависимости кратности КП от длины питающего кабеля l (X_3), величины защитной емкости С (X_2) при отключении АД мощностью до 1,1 кВт магнитными пускателями ПМЕ-071 и ПМЕ-111 соответственно.

С помощью данных зависимостей при известном типоразмере магнитного пускателя, известной длине кабеля и заданном уровне ограничения кратности коммутационных перенапряжений легко определяется величина защитной емкости, которую следует подключить к зажимам электродвигателя. В связи со сложностью масштабирования в натуральных единицах измерения зависимости приведены для кодированных значений длины кабеля и емкости. Переход от кодированного значения к натуральному и наоборот легко сделать по следующим выражениям:

$$X_2 = \frac{C - 0{,}025}{0{,}025}; \quad X_3 = \frac{l - 42}{38}$$





Пример. Для электродвигателя мощностью 0,55 кВт, управляемого с помощью магнитного пускателя ПМЕ-071, необходимо определить величину защитной емкости, если длина питающего кабеля составляет 60 м, а уровень ограничения кратности КП при отключении - 2.

Определяем длину кабеля в кодированных значениях:

$X_3 = (60 – 42) / 38 = 0,47$. По кривой, соответствующей кратности КП равной 2, определяем величину емкости в кодированных значениях, которая равна $X_2 = 0,65$. Тогда величина защитной емкости в натуральном значении составляет

$$C = 0,025X_2 + 0,025 = 0,025 \times 0,65 + 0,025 = 0,042 \text{ мкФ}$$

В данном случае можно выбрать конденсатор типа К73-16 номинальной емкостью 0,047 мкФ.

Библиографический список

1. Кабдин Н.Е. Основные факторы, влияющие на форму и величину коммутационных перенапряжений в обмотках асинхронных электродвигателей // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2004 Вып. 3(8). С. 30-31.

2. Кабдин Н.Е. Определение параметров устройств защиты асинхронных двигателей от коммутационных перенапряжений // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2010. №2(41). С. 39-41.

3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука. 1976. 279 с.

УДК 631.1.004.18:636.22/28

ПРОДУКТЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕОСУШЕННОГО БИОГАЗА В КОНДЕНСАЦИОННЫХ КОТЛАХ

***Ковалев Андрей Александрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, kovalev_ana@mail.ru*

***Аннотация**. В работе приведены тезисы федеральной целевой программы, одной из задач которой является повышение удельного веса отходов сельскохозяйственного производства, переработанных методами биотехнологии. Приведена технологическая схема анаэробной переработки органических отходов с утилизацией тепловой энергии и удобрений в растениеводческом культивационном сооружении. Приведены формулы для расчета горения биогаза. Показана зависимость высшей и низшей теплоты сгорания. Приведены результаты расчета процесса горения биогаза для различных объемных концентраций метана и углекислого газа при постоянной объемной концентрации сероводорода в биогазе.*

***Ключевые слова:** биогазовые установки, анаэробный биореактор, утилизация биогаза, конденсационный котел*

***Abstract.** The paper presents the theses of the Federal target program, one of the objectives of which is to increase the proportion of agricultural waste processed by biotechnology methods. The technological scheme of anaerobic processing of organic waste using thermal energy and fertilizers in crop cultivation construction is presented. Formulas for calculation of biogas combustion are given. The dependence of the higher and lower heat of combustion is shown. The results of calculating the biogas combustion process for various volumetric concentrations of methane and carbon dioxide at constant volume concentration of hydrogen sulphide in biogas are presented.*

***Keywords:** biogas plants, anaerobic bioreactor, biogas utilization, condensation boiler*

15 июля 2013 года Правительством Российской Федерации утверждена федеральная целевая программа «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014 – 2017 годы и на период до 2020 года».

Согласно Паспорту Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы, а именно Паспорту подпрограммы 5 "Техническая и технологическая модернизация, инновационное развитие", целью подпрограммы является повышение эффективности и конкурентоспособности продукции сельскохозяйственных товаропроизводителей за счет технической и технологической модернизации производства; создание благоприятной экономической среды, способствующей инновационному развитию и привлечению инвестиций в отрасль; выход

агропромышленного комплекса России на лидирующие позиции в области сельскохозяйственной биотехнологии.

Одной из задач, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, является доведение удельного веса отходов сельскохозяйственного производства, переработанных методами биотехнологии, до 11,5 процента [1].

При устойчивом развитии сельских территорий, включающее в себя создание комфортных условий жизнедеятельности, а также развитие животноводства, неизбежно увеличение количества органических отходов.

В настоящее время все большее внимание уделяется экологизации производств различных отраслей народного хозяйства. В агропромышленном комплексе наиболее вредное влияние на окружающую среду оказывают отходы животноводства – навоз и навозные стоки, из-за их концентрирования на относительно малых площадях, в связи с переходом на промышленное животноводство. Утилизация неподготовленного навоза путем запахивания в почву приводит к ее закислению, образующимися в процессе разложения органического вещества органическими кислотами и требует больших отчужденных территорий. В то же время отходы животноводства (навоз) являются ценным органическим удобрением, позволяющим значительно повысить плодородие почв, неизменно уменьшающееся в последнее время, в связи с ведением интенсивного растениеводства. Поэтому разработка новых и модернизация существующих технологий и методов подготовки навоза к использованию является актуальной проблемой.

Анаэробная обработка отходов животноводства (навоза) во всем мире признана как наиболее энергетически эффективная, и позволяющая обеспечить высокое качество получаемых удобрений, при одновременном получении газообразного энергоносителя – биогаза, который можно использовать для получения тепловой или электрической энергии.

Одним из перспективных направлений совершенствования технологии анаэробной переработки отходов животноводства является совместное сбраживание отходов животноводства и растениеводства с утилизацией продуктов анаэробной переработки в растениеводческом культивационном сооружении.

В данной работе приведен расчет утилизации одного из продуктов анаэробной переработки органических отходов – биогаза, представляющего собой смесь метана, углекислого газа и сероводорода при стопроцентной относительной влажности. Ввиду высокой стоимости оборудования для очистки от сероводорода и осушения биогаза для последующего использования в газопоршневых установках, предлагается утилизировать неосушенный биогаз в конденсационных котлах без очистки от сероводорода для получения тепловой энергии и углекислого газа. При этом тепловая энергия используется для отопления и горячего водоснабжения фермы и культивационного сооружения. Углекислый газ направляется в культивационное сооружение для более активного процесса фотосинтеза и увеличения вегетативного развития.

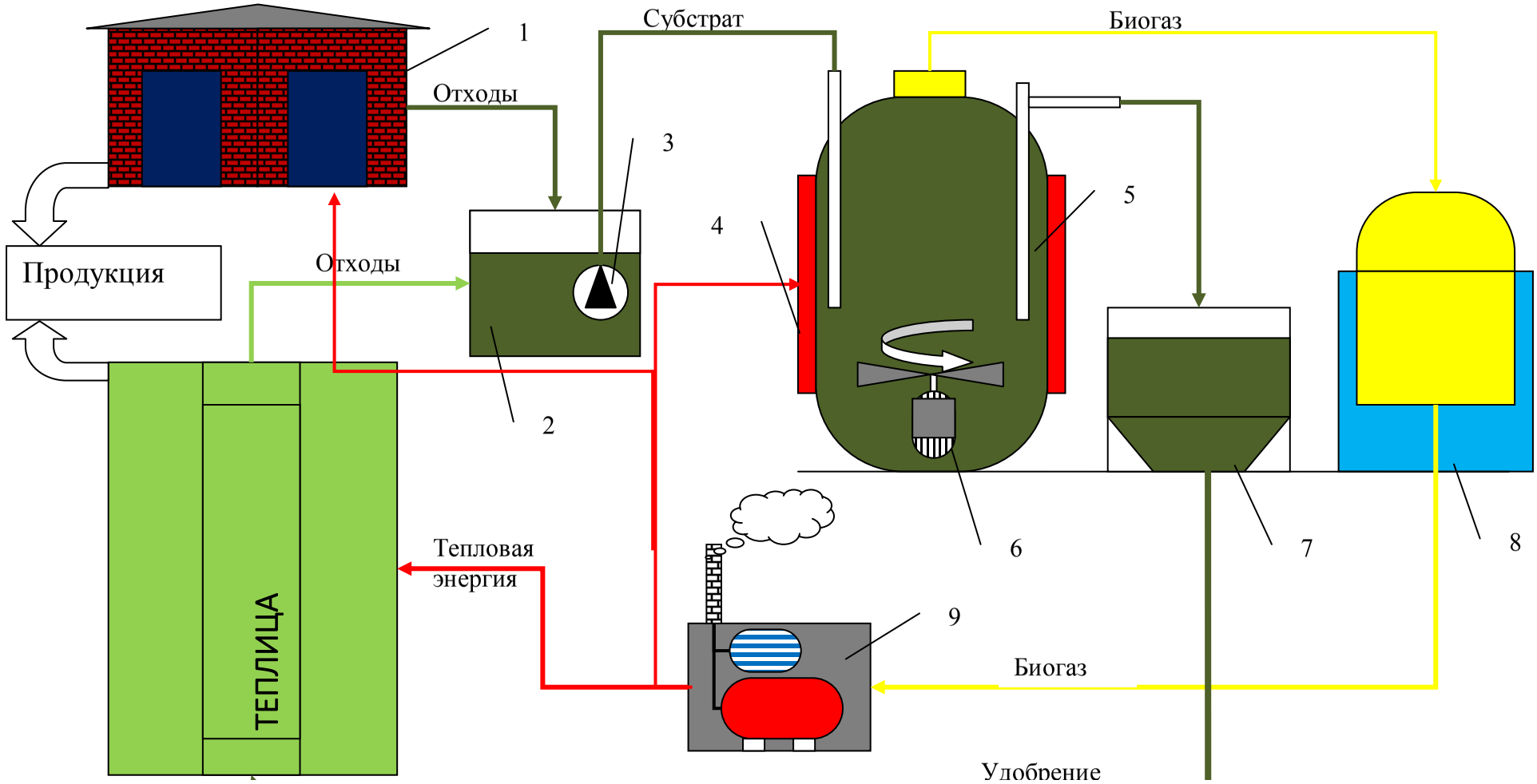


Рис. 1. **Технологическая схема анаэробной переработки органических отходов с утилизацией тепловой энергии и удобрений в культивационном сооружении (теплица)**

1 – ферма КРС; 2 – резервуар предварительной подготовки отходов; 3 – насос загрузки; 4 – теплообменник анаэробного биореактора; 5 – анаэробный биореактор; 6 – перемешивающее устройство; 7 – отстойник эффлюента; 8 – газгольдер; 9 – котельная с конденсационными

Биогаз имеет следующие составляющие в объемных процентах:

$$H_2S + CH_4 + CO_2 = 100$$

Расчет проводился для различных объемных концентраций метана и углекислого газа при постоянной объемной концентрации сероводорода в биогазе.

Плотность i-ой составляющей газа

$$\rho_i^O = \frac{\mu}{22{,}414} \quad (1)$$

Плотность газообразного топлива

$$\rho_T^O = \sum r_i \rho_i^O \quad (2)$$

r_i – объемные процентные содержания конкретных газов в газообразном топливе

В газе присутствуют элементы C + H + O + S. Массовое процентное содержание конкретного элемента в природном газе для j-ого элемента

$$j = \frac{\sum r_i \rho_i^O K_i^j}{\rho_T^O} \quad (3)$$

k_i^j – массовая доля конкретного элемента в конкретной i-ой составляющей газообразного топлива.

$$k_i^j = \frac{\mu_j}{\mu_i} \quad (4)$$

Теоретический объём воздуха

$$V_O = \frac{0{,}01}{\gamma}\left(0{,}5H_2 + 0{,}5CO + 1{,}5H_2S + \sum_1^5\left(m + \frac{n}{4}\right)C_mH_n - O_2\right)k_p \quad (5)$$

Действительное количество воздуха

$$V_Д = \alpha V_O \quad (6)$$

Объём трёхатомных газов, нм^3/ кг ХПК$_р$

$$V_{RO_2} = 0{,}01\left(CO + H_2S + \sum_1^5 mC_mH_n + CO_2\right)k_p \quad (7)$$

Теоретический объём азота при сжигании

$$V_{N_2} = 0{,}79\alpha V_O + 0{,}01N_2 \quad (8)$$

Объем кислорода и сухих газов

$$V_{O_2} = (\alpha - 1)V_O\gamma = 0{,}21(\alpha - 1)V_O \quad (9)$$

$$V_{СГ} = V_{RO_2} + V_{O_2} + V_{N_2} \quad (10)$$

$$RO_2 = \frac{V_{RO_2}}{V_{СГ}}100\% \quad (11)$$

$$O_2 = \frac{V_{O_2}}{V_{СГ}}100\% \quad (12)$$

Полный объем продуктов сгорания

$$V_Г = V_{СГ} + V_{H_2O}^0 \quad (13)$$

$$V_{н_2O}^0 = (0{,}01(H_2 + H_2S + \sum n/2 C_mH_n) + 0{,}0161V_0\alpha + 0{,}00124d_T\rho_T^0)k_p \quad (14)$$

где $d_т$ – влагосодержание биогаза, равное 100 г/м^3 [2].

Низшая и высшая теплота сгорания связаны соотношением:

$$Q_{\text{В}} = Q_{\text{Н}} + k * (W + 9 * H) \quad (15)$$

где k – коэффициент, равный 25 кДж/кг (6 ккал/кг); W – количество воды в горючем веществе, % (по массе); H – количество водорода в горючем веществе, % (по массе).

Высшая теплота сгорания – это количество теплоты, выделившейся при полном сгорании единицы массы или объема (для газа) горючего вещества и охлаждении продуктов сгорания до температуры точки росы. Скрытая теплота сгорания газа – это теплота, которая выделяется при конденсации водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания. Теоретически она может достигать 11 %.

В таблице 1 приведены результаты расчета горения биогаза для различных объемных концентраций метана и углекислого газа при постоянной объемной концентрации сероводорода в биогазе.

Таблица 1

Результаты расчета горения биогаза

Параметр	CH4	CO2	V0	Vд	VN_2	VRO_2	VCO_2	VH_2O	Vг
Размерность	%	%	$м^3/м^3$	$м^3/м^3$	$м^3/м^3$	$м^3/м^3$	$м^3/м^3$	$м^3/м^3$	$м^3/м^3$
Значение	60	39,5	5,748	6,035	4,768	1	0,995	0,581	6,349
	65	34,5	6,224	6,535	5,163	1	0,995	0,621	6,784
	70	29,5	6,7	7,035	5,558	1	0,995	0,661	7,219
	75	24,5	7,176	7,535	5,953	1	0,995	0,701	7,654
	80	19,5	7,652	8,035	6,348	1	0,995	0,742	8,09
	85	14,5	8,128	8,534	6,742	1	0,995	0,782	8,524
	90	9,5	8,604	9,034	7,137	1	0,995	0,822	8,959

Таким образом, применение конденсационных котлов для утилизации биогаза позволяет снизить капитальные затраты на очистку и осушение биогаза при одновременном получении тепловой энергии за счет конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах.

Продуктами утилизации биогаза со средним содержанием метана 65% в конденсационных котлах являются:

– тепловая энергия в количестве 23655 $кДж/м^3$;

– углекислый газ в количестве 0,995 $м^3/ м^3$;

– конденсат в количестве 4,8 $кг/ м^3$.

Библиографический список

1. О федеральной целевой программе «Устойчивое развитие сельских территорий на 2014 – 2017 годы и на период до 2020 года» (с изменениями на 25 мая 2016 года), http://docs.cntd.ru/document/499034090.

2. Гусев Г.Б. Тепловая схема водогрейной котельной. Расчёт котла. Методические указания к дипломному и курсовому проектированию по дисциплине «Оборудование и эксплуатация тепловых станций с водогрейными котлами» для студентов специальности «Промышленная теплоэнергетика». 2009. – 203с.

УДК 631.1.004.18:636.22/28

ТЕПЛО-ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ ФЕРМЫ КРС ОТ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА АБСОРБЦИОННОГО ТИПА, РАБОТАЮЩЕГО НА БИОГАЗЕ

***Ковалев Андрей Александрович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, kovalev_ana@mail.ru*

***Аннотация**. В работе рассматривается возможность использования биогазовой установки совместно с абсорбционным термотрансформатором для тепло-холодоснабжения фермы КРС, которая является источником органических отходов, перерабатываемых в биогазовой установке. Приведены нормы расхода тепловой энергии по группам процессов для молочных ферм Центральной зоны с поголовьем дойных коров 400 голов. Представлены результаты расчета основных энергетических показателей системы компенсации энергетических потребностей фермы КРС на 400 голов. Приведена принципиальная технологическая схема системы тепло-холодоснабжения фермы КРС с использованием термотрансформатора абсорбционного типа, работающего на биогазе, а также описание ее работы.*

***Ключевые слова:** абсорбционный термотрансформатор, биогазовая установка, тепло-холодноснабжение, анаэробная переработка*

***Abstract.** The paper considers the possibility of using a biogas plant in conjunction with an absorption thermo-transformer for heat and cold supply of a cattle farm, which is a source of organic waste processed in a biogas plant. The norms of heat energy consumption by groups of processes for dairy farms in the Central zone with the number of milking cows of 400 heads are given. The results of calculation of the main energy indicators of the system for compensating the energy needs of a cattle farm for 400 animals are presented. The principle technological scheme of the heat and cool supply system of the cattle farm with the use of an absorption-type thermotransformer operating on biogas is given as well as a description of its operation.*

***Keywords:** absorption thermo-transformer, biogas plant, heat-cold supply, anaerobic processing*

В последние годы внимание общества всё более привлекается к решению двух неразрывно связанных проблем – предотвращению истощения природных ресурсов и охране окружающей среды от загрязнения.

Быстрое расходование запасов природного топлива, ограничение строительства гидро- и атомных электростанций вызвали интерес к применению возобновляемых источников энергии, в том числе огромных масс органических отходов, образующихся в сельском хозяйстве, промышленности, городском коммунальном хозяйстве. В связи с этим использование методов биологической конверсии органических отходов с получением биогаза и высококачественных органических удобрений при одновременном решении ряда вопросов охраны окружающей среды от загрязнения является весьма

перспективным [1].

В современных развитых странах мира на выработку электрической энергии и тепла низкого и среднего потенциала затрачивается основная часть добываемых топливно-энергетических ресурсов.

Анализ перспектив развития систем теплоснабжения показывает, что покрытие тепловых нагрузок будет обеспечиваться за счет сжигания органического топлива [2].

Современная животноводческая ферма – это специализированное сельскохозяйственное предприятие по производству высокачественной продукции с минимальными затратами труда и средств. Условия содержания животных на молочно-товарных фермах зависят от хозяйственных и других конкретных условий. Доярки и скотники на ферме работают в две смены. Кормление животных двухразовое, доение основного стада – двухразовое. В ночное время на ферме дежурит охрана.

В таблице 1 приведены нормы расхода тепловой энергии по группам процессов для молочных ферм центральной зоны (К=1) с поголовьем дойных коров 400 голов, кВт/гол в год [3].

Таблица 1

Нормы расхода тепловой энергии по группам процессов для молочных ферм Центральной зоны с поголовьем дойных коров 400 голов

№	Выражение для расчета	Среднее поголовье дойных коров на ферме (голов)
		400
1	q_1=115,2-0,023m	106,2
2	q_2=73,4	74,3
	Технологическая норма	180,5
3	q_3=23,8	23,8
4	q_4=65,6+(14743/m)	102,4
	Общепроизводственная норма Ноб	306,7

Общепроизводственная норма (Н об) определяется:

$$Н_{об} = q_I + q_{II} + q_{III} + q_{IV}$$

где $q_I = q_1$ – расход тепловой энергии (ТЭ) на поддержание микроклимата (первый уровень теплопотребления);

$q_{II} = q_1 + q_2$ – второй уровень теплопотребления, включающий помимо ТЭ на поддержание микроклимата еще и ТЭ на горячее водоснабжение;

$q_{III} = q_{II} + q_3$ – третий уровень теплопотребления, включающий помимо q_{II} еще и расход ТЭ на пастеризацию молока;

$q_{IV} = q_{III} + q_4$ – четвертый уровень теплопотребления (общепроизводственная норма), включающий еще и расход ТЭ на отопление и вентиляцию вспомогательных помещений.

Для центральной зоны $К_1 = К_3 = К_4 = 1{,}0$ и $К_2 = 0{,}75$, то

$$Н_{об} = \frac{0{,}48 * m + 577{,}4}{0{,}0006 * m + 0{,}51} + 234{,}4 + 0{,}038 * m$$

Решение этого выражения получается после подстановки значения поголовья фермы m [3].

Из [3] видно, что максимальная потребность в тепловой энергии животноводческого помещения фермы на 400 голов КРС составляет 2066,532 кВт*ч/сут.

Для увеличения энергетической эффективности системы компенсации энергетических потребностей фермы предлагается применить термотрансформатор абсорбционного типа, работающий на биогазе.

Выбор абсорбционного термотрансформатора обусловлен следующим: абсорбционные тепловые насосы имеют ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с компрессионными, к их числу прежде всего относятся:

– отсутствие подвижных частей и, следовательно, более высокая надежность и долговечность;

– отсутствие в холодильном аппарате разнородных и дорогих материалов, а, следовательно, более высокая технологичность и меньшая стоимость;

– бесшумность в работе и возможность использования дешевых источников тепловой энергии вместо электрической [4].

Технологическая схема предлагаемого технического решения приведена на Рисунке 1, а его основные энергетические показатели применительно к ферме КРС на 400 голов, рассчитанные по приведенным в [4] формулам для абсорбционного термотрансформатора – в Таблице 2.

Таблица 2

Основные энергетические показатели системы компенсации энергетических потребностей фермы КРС на 400 голов

Параметр	Ед. изм.	Блочно-модульная БГУ
Vг - объём выработанного биогаза в сутки	$м^3$/сут.	350
Qн - количество тепловой энергии на предварительный нагрев субстрата до температуры брожения	кВт*$ч^{т.эн.}$/сут*	862,75
Qк - количество тепловой энергии на компенсацию теплопотерь от ограждающих конструкций и трубопроводов биогазовой установки	кВт*$ч^{т.эн.}$/сут	72,908
Qсн – количество тепловой энергии на собственные нужды биогазовой установки	кВт*$ч^{т.эн.}$/сут	935,658
Qот – среднее количество тепловой энергии на компенсацию теплопотребления фермы КРС	кВт*$ч^{т.эн.}$/сут	2066,532
Qо – среднее количество тепловой энергии, необходимой для компенсации холодопотребления фермы КРС	кВт*$ч^{т.эн.}$/сут	277,333
ξ – коэффициент преобразования абсорбционного термотрансворатора	-	1,69
Qт - количество тепловой энергии, получаемой при утилизации всего выработанного биогаза в абсорбционном термотрансформаторе	кВт*$ч^{т.эн.}$/сут	3778,84
Выход товарной тепловой энергии	кВт*$ч^{т.эн.}$	776,65

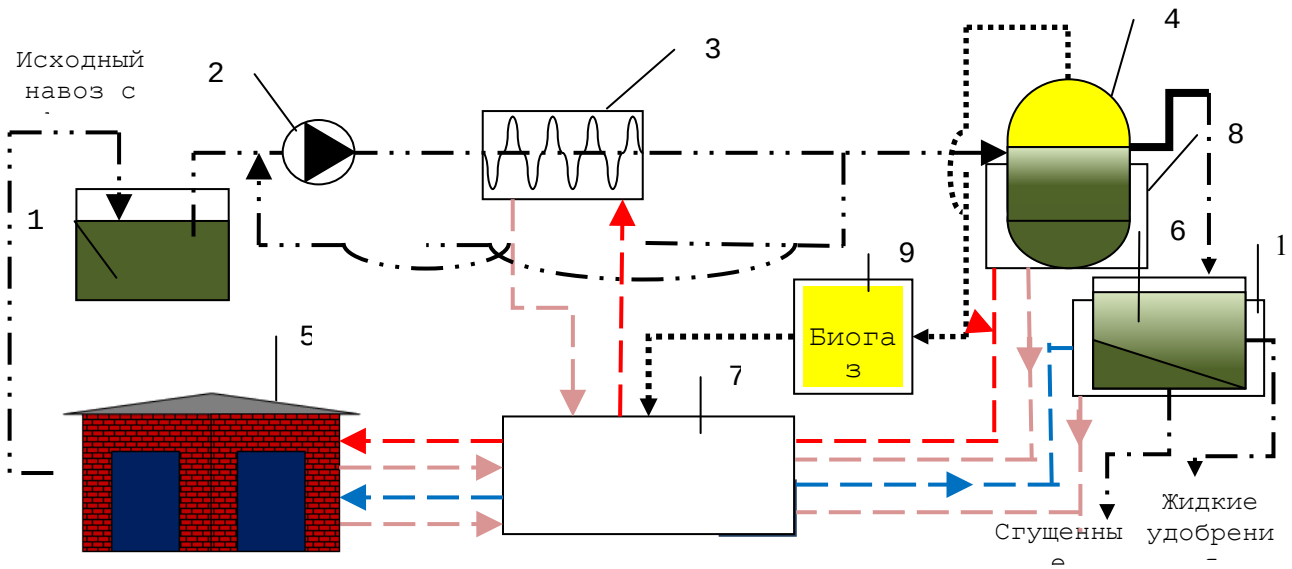


Рис.1. **Принципиальная технологическая схема системы тепло-холодоснабжения фермы КРС с использованием термотрансформатора абсорбционного типа, работающего на биогазе**

1 – приемная емкость; 2 – насос загрузки субстрата; 3 – спиральный теплообменник типа инфлюент/вода; 4 - биореактор 5 – ферма КРС; 6 – отстойник эффлюента; 7 – абсорбционный термотрансформатор; 8 - тепловая рубашка рубашка биореактора; 9 -

Система тепло-холодоснабжения фермы КРС, основанная на применении абсорбционного термотрансформатора, работающего на биогазе, выработанном на биогазовой установке на базе четырех блоков-модулей объемом 60 м^3 каждый, работает следующим образом.

Исходный субстрат с фермы подается в приемную емкость 1, откуда насосом загрузки субстрата 2 подается в теплообменник 3. Субстрат, проходя через теплообменник 3, нагревается от теплоносителя контуров охлаждения абсорбционного термотрансформатора 7 до рабочей температуры термофильного режима t=55^{0}C, после чего подается в анаэробный биореактор 4.

Потери теплоты через ограждающие конструкции анаэробного биореактора 4 компенсируются с помощью тепловой рубашки биоректора 8. Поддержание термофильного режима в биоректоре осуществляется теплоносителем контуров охлаждения абсорбционного термотрансформатора 7.

Обработанный субстрат из биореактора 4 поступает в отстойник эффлюента 6, где разделяется на жидкую и сгущенную фракции, а также охлаждается с помощью охладителя эффлюента 10 теплоносителем рабочего контура абсорбционного термотрансформатора 7.

Биогаз, полученный в процессе анаэробной переработки навоза КРС собирается в газгольдере 9, после чего подается в абсорбционный термотрансформатор 7.

В абсорбционном термотрансформаторе 7 происходит прямое сжигание биогаза для испарения хладагента.

Полученная в результате процесса сжигания биогаза и охлаждения паров хладагента теплота используется для нагрева исходного субстрата в теплообменнике 3, компенсации тепловых потерь анаэробного биореактора 4 и

компенсации тепловых нужд фермы КРС 5.

Охлажденный в абсорбционном термотрансформаторе 7 теплоноситель направляется на ферму КРС для холодоснабжения и для охлаждения эффлюента в отстойнике эффлюента 6 с помощью охладителя эффлюента 10.

В процессе расслоения обработанного субстрата в отстойнике эффлюента сгущенная фракция эффлюента скапливается в нижней (осадочной) части аппарата. Из-за значительной концентрации анаэробных метаногенных микроорганизмов и наличия остаточного органического вещества субстрата в осадочной части развивается анаэробный процесс с выделением биогаза. Всплывающие пузырьки биогаза являются причиной резкого падения интенсивности процесса расслоения обработанного субстрата, так как развивается процесс встречного переноса твердой фазы за счет биофлотации.

Размещение в нижней части отстойника эффлюента охладителя эффлюента приводит к резкому снижению температуры осажденной биомассы, и, как следствие, к соответствующему снижению остаточного газовыделения. В конечном счете сокращается продолжительность процесса разделения эффлюента на фракции [4].

Применение абсорбционного термотрансформатора, работающего на биогазе, получаемом в процессе анаэробной переработки органических отходов фермы, позволяет полностью компенсировать потребности фермы в тепловой энергии и холодоснабжении с одновременным получением товарной низкопотенциальной тепловой энергии и основного продукта анаэробной переработки навоза – экологически чистых высококачественных органических удобрений.

Библиографический список

1. Гюнтер Л.И., Гольдфарб Л.Л., Метантенки, М.: Стройиздат. 1991. 110 с.

2. Ковалев А.А. Повышение энергетической эффективности биогазовых установок, дис.. канд.тех.наук : 05.20.01. // М., 2014. 119 с.

3. Рекомендации по расчету, проектированию и применению систем электротеплоснабжения животноводческих ферм и комплексов.

4. Ковалев А.А., Харченко В.В., Показатели работы тепловых насосов компрессионного и абсорбционного типа в системе теплоснабжения биогазовой установки. Вестник ВИЭСХ. 2012. Т. 3. С. 30-33.

УДК: 620.92

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

***Лещинская Тамара Борисовна**, доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ltb@teobit.ru*

***Суворов Максим Николаевич**, аспирант кафедры электроснабжения и электротехники имени И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, suvorovmn@mail.ru*

***Аннотация.** В статье представлены разработанные стратегии по использованию автономных источников электроснабжения (газопоршневые установки, микротурбины) для электроснабжения потребителя в удаленном газифицированном населенном пункте. Проведен сбор экспертных мнений о состоянии неопределенной среды, рассчитаны коэффициенты компетентности экспертов, составлена функция принадлежности среднегодовой нагрузки.*

***Ключевые слова**: автономный источник электроснабжения, стратегия, эксперты, теория нечетких множеств, функция принадлежности.*

***Abstract.** The article presents developed strategies for the use of Autonomous power supply sources (gas-piston units, microturbines) for consumer power supply in a remote gasified locality. Expert opinions on the state of the uncertain environment are collected, the coefficients of competence of experts are calculated, the function of belonging to the average annual load.*

***Keywords:** Autonomous power supply source, strategy, experts, fuzzy set theory, membership function.*

Исходя из анализа существующих схем электроснабжения сельских потребителей, имеющейся информации о использовании автономных источников электроснабжения можно сделать следующие выводы [1].

– использование мощных ГТУ в сельской местности не имеет практического смысла, из-за малых нагрузок в сельских сетях.

– при удаленности потребителя от ближайшего питающего центра (электросетевой организации – РТП 110/35/10 кВ) более чем на 100 км и при наличии природного газа, по капиталовложениям и затратам однозначно использование автономного источника электроснабжения, а при отсутствии магистрального природного газа – в случае с малым потребителем использование ВИЭ, с крупным – организация хранилища СПГ.

– при удаленности потребителя от питающего центра (электросетевой организации – РТП 110/35/10 кВ) менее чем на 10 км и даже при наличии природного газа по капиталовложениям и затратам питание от электросетей будет наиболее выгодным.

Остается диапазон по расстоянию газифицированного потребителя от питающего центра (электросетевой организации) от 15 км до 100 км для которого эффективность использования автономного источника электроснабжения, на базе газопоршневого двигателя или микротурбины, неоднозначна и требует предметного исследования [2, 3, 4 .

Для такого потребителя были разработаны и предложены 3 стратегии [5]. В дальнейшем исследовании количество стратегий было расширено до восьми.

Следующий вопрос, который предстоит решить – это неопределенность исходной информации о нагрузке потребителя, которая может как увеличиваться, так и уменьшаться. Наиболее вероятный метод раскрытия неопределенности, является метод, основанный на теории нечетких множеств, использующий экспертные оценки состояний среды. Сбор и анализ экспертных мнений (оценок) является исследовательской задачей лица, принимающего решение [6].

Использование теории нечетких множеств (ТНМ) обусловливает возможность нового подхода к обработке данных экспертного опроса. При традиционной методике предпочтения экспертов интерпретируются как четкие бинарные отношения. При выборе решений с помощью ТНМ они могут быть представлены в виде нечетких бинарных отношений, что должно учитываться в индивидуальных предпочтениях экспертов.

Для определения функции принадлежности (ФП) μ нечеткого множества (НМ) нагрузки целесообразно использовать косвенные методы опроса для группы экспертов, что позволяет повысить достоверность исходных оценок. К достоинствам косвенных методов можно также отнести независимость работы экспертов, анонимность их ответов и наличие обратной связи в процессе проведения нескольких туров опроса. Независимая работа экспертов устраняет влияние авторитетных мнений. Анонимность позволяет проявить свободу в суждениях. Проведение экспертного опроса в несколько туров позволяет уточнить оценки экспертов путем повышения степени их согласованности [6].

Ниже приведены результаты обработки коллективного экспертного опроса, проведенного среди работников одной из московских электросетевых компаний, и методика дальнейшего их использования при выборе схемы электроснабжения с использованием автономного источника электроснабжения в удаленном газифицированном населенном пункте. Экспертная оценка проводилась с целью уточнения величины максимальной нагрузки экспертами были 15 высококвалифицированных специалистов разных служб, имеющих стаж работы в отрасли от 10 до 30 лет.

Эффективность экспертизы в значительной степени зависит от четкости вопросов анкеты, которые должны не только уточнять прогнозируемые показатели, но и способствовать выявлению компетентности и объективности эксперта. Компетентность эксперта обычно характеризуется коэффициентом компетентности λ, который отражает квалификацию, стаж работы, аргументированность ответов эксперта, его самооценку и т.д.

Коэффициент квалификации эксперта может быть оценен по балльной системе. Коэффициент стажа λ_c зависит от стажа работы в занимаемой

должности [6].

Эвристический коэффициент $\lambda_э$ зависит от коэффициентов самооценки $\lambda_{со}$ и аргументированности $\lambda_а$ ответов экспертов:

$$\lambda_э = \frac{\lambda_{со}+\lambda_а}{2} \qquad (1)$$

Комплексный коэффициент компетентности вычисляется по формуле:

$$\lambda = \frac{\lambda_\Sigma - \bar{\lambda}}{\underline{\lambda} - \bar{\lambda}} \qquad (2)$$

где λ_Σ – сумма коэффициентов по всем показателям; $\underline{\lambda}, \bar{\lambda}$ – максимальная и минимальная суммы этих коэффицентов.

Необходимо, чтобы сумма коэффициентов компетентности всех экспертов (компетентность экспертного совета) не превышала единицы. Для этого проводиться нормирование коэффициентов каждого эксперта по выражению

$$\lambda_{0j} = \frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^{n} \lambda_j}, \qquad (3)$$

где *n* – число участников экспертизы.

В таблице 1 согласно формулам 1, 2, 3 пересчитаны коэффициенты компетентности экспертов.

Таблица 1

Коэффициенты компетентности экспертов

№ эксперта	$\lambda_с$	$\lambda_{кв}$	$\lambda_э$	λ_Σ	λ	$\lambda_о$
1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	0,95	2,95	1	0,134
2	1	1	0,8	2,8	0,889	0,119
3	1	1	0,8	2,8	0,889	0,119
4	0,5	0,8	0,8	2,1	0,37	0,05
5	0,4	0,8	0,7	1,9	0,222	0,03
6	0,4	1	0,85	2,25	0,481	0,065
7	0,9	1	0,75	2,65	0,778	0,104
8	0,9	1	0,85	2,75	0,852	0,114
9	0,9	0,8	0,7	2,4	0,593	0,08
10	0,9	0,8	0,75	2,45	0,63	0,085
11	0,5	0,8	0,7	2	0,296	0,04
12	0,4	0,8	0,7	1,9	0,222	0,03
13	0,4	0,6	0,65	1,65	0,037	0,005
14	0,5	0,6	0,5	1,6	0	0
15	1	0,3	0,55	1,85	0,185	0,025
Сумма коэффициентов компетентности всех экспертов (компетентность экспертного совета)						1

На рисунке 1 представлено графическое распределение интервалов возможной величины нагрузки по мнению каждого из 15 экспертов. Согласно средним значениям интервалов оценок экспертов задаются новые интервалы, и вероятность нового интервала (значение ФП) складывается из значения

компетентности экспертов предыдущих интервалов, которые пересекаются с новыми. Новые интервалы (К нагрузки) представлены в таблице 2.

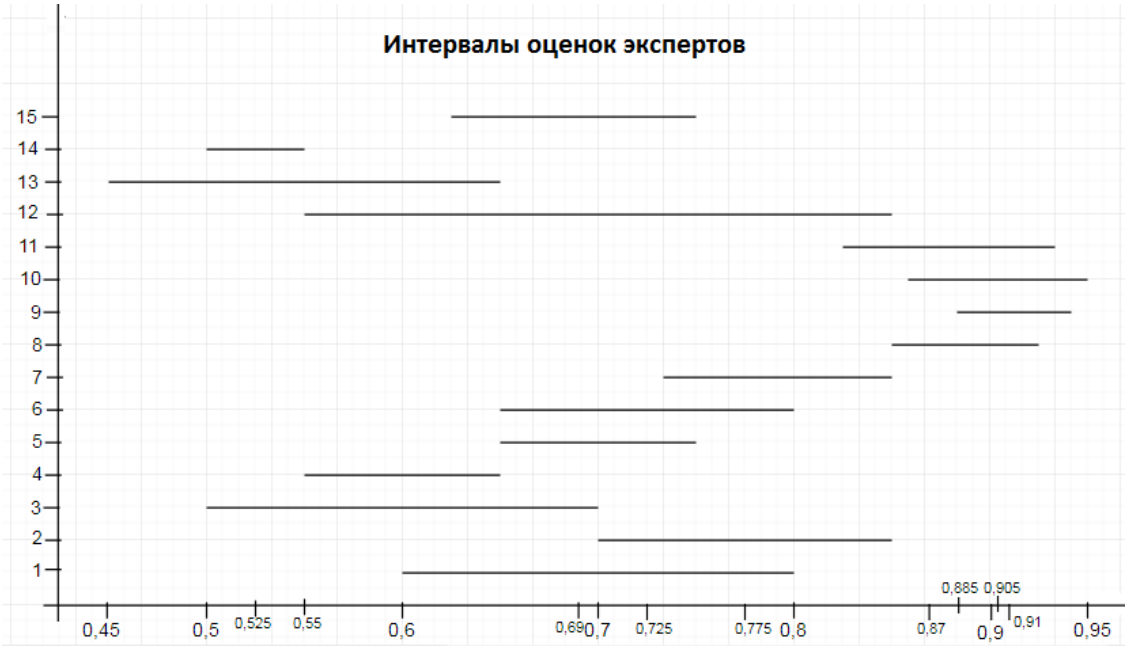


Рис. 1. **Графическое представление распределения границ интервалов экспертной оценки нагрузки**

Полученные значения ФП представлены в таблице 2, а графическое представление ФП представлено на рисунке 2. Полученные значения используются при выборе решения на основе теории нечетких множеств [7].

Таблица 2

Значение функции принадлежности

К измения	0,525-0,55	0,55-0,6	0,6-0,69	0,69-0,7	0,7-0,725	0,725-0,775	0,775-0,8	0,8-0,87	0,87-0,885	0,885-0,905	0,905-0,91
ФП	0,204	0,204	0,458	0,522	0,522	0,507	0,452	0,691	0,319	0,319	0,319

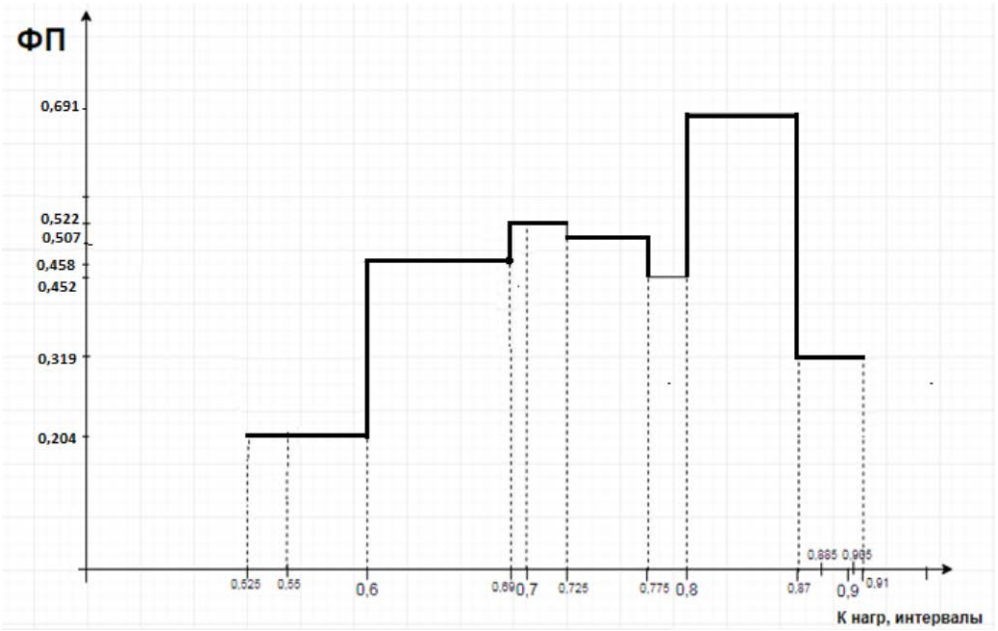


Рис. **2. Функция принадлежности изменения нагрузки**

Библиографический список

1. Электроэнергетика России 2030: Целевое видение // под ред. Б.Ф. Вайнзихера. М.: Альпина Бизнес Букс. 2008. 360 с.

2. Власенко Е.А., Сулейманов Р.А., Хамула, А.А. Автономная электроэнергетика сельского хозяйства: состояние и перспективы // Ползуновский вестник. 2011. № 2/1. С. 9-13.

3. Городов Р.В., Губин В.Е., Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2009. 294 с.

4. Платонов А.С, Пихлецкий В. В. Оценка эффективности работы мини-ТЭЦ на базе газопоршневых установок // Серия «Естественные и Технические науки». 2013. № 11-12. Режим доступа к журн. URL: http://www.nauteh-journal.ru (дата обращения 03.02.2018).

5. Суворов М.Н. Газопоршневые установки для электроснабжения и варианты их использования сельскохозяйственными потребителями // Инновации и инвестиции. 2015. №9. С. 215-218.

6. Оптимизация структур и параметров систем электроснабжения: метод. пособие // сост. Т. Б. Лещинская. Москва. 2013. 25с.

7. Конышева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств. СПб.: Питер. 2011. 192 с.

УДК 628.4; 621.311

ТЕПЛОВАЯ ТРУБА В СИСТЕМЕ УТИЛИЗАЦИИ БИОТЕРМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ КОМПОСТА

***Осмонов Орозмамат Мамасалиевич**, доктор технических наук, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, osm.rom2011@ yandex.ru.*

***Аннотация.** В данной работе рассмотрена технология утилизации тепловой энергии, выделяемой в процессе компостирования органических отходов сельского хозяйства. Представлены аналитические зависимости по определению параметров системы компостного отопления с использованием тепловой трубы.*

***Ключевые слова:** компостирование органических отходов, тепловая труба.*

***Abstract.** In this work discusses the technology of heat energy utilization, released in the process of composting organic waste of agriculture is considered. Presented analytical dependences on definition of parameters of system of compost heating with use of the heat pipe.*

***Keywords:** composting of organic waste, heat pipe.*

Для рециклинга отходов АПК используются ускоренные способы компостирования органических отходов сельского хозяйства (называемые также экспресс-компостированием) в биоферментаторах периодического действия с использованием принципа интенсивной аэрации [1]. Получаемый при этом компост представляет собой однородную сыпучую массу (влажность 55-70%) темно-коричневого цвета без неприятного запаха, семян сорных растений, патогенной микрофлоры и является ценным органическим удобрением.

Процесс компостирования сопровождается выделением теплоты в количестве около 15000 кДж в расчете на 1 кг кислорода при разложении органической субстанции аэробными мезофильными и термофильными микроорганизмами [2]. Технология использования тепловой энергии, выделяемой в процессе компостирования органических отходов (известная как «компостное отопление»), была разработана еще в 70-е годы прошлого века и к настоящему времени не потеряла свою актуальность.

Биоферментатор (рисунок 1) представляет собой сооружение цилиндрической формы диаметром 5…7 м и высотой до 4…5 м, в пол (слой сухой крупной древесной щепы толщиной примерно 60 см) которого вмонтированы восемь перфорированных труб, тупиковых с одного конца и объединенных с другого конца общим воздуховодом. Воздухопроницаемый теплоизоляционный слой (толщиной 30-60см) ферментера из тюков соломы играет роль стенки ферментера и обеспечивает доступ воздуха к бактериям внутри органической смеси. С наружной стороны стенки установлен вентилятор, который через соединительный рукав подает воздух в воздуховод и через трубки – в органическую смесь.

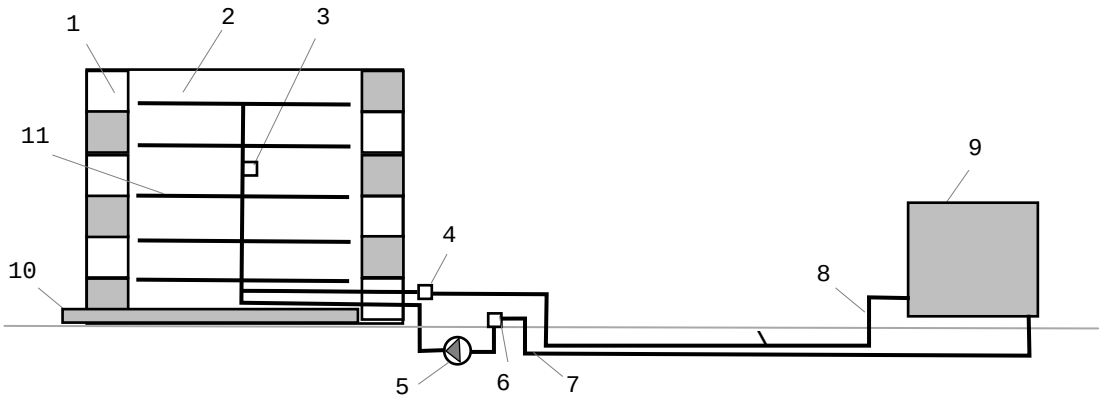


Рис. 1. **Существующая система компостного отопления:**
1 – тюки соломы; 2 – аэрируемая биомасса; 3 – датчик температуры насыпи; 4 – датчик температуры воды на выходе; 5 – циркуляционный насос; 6 – датчик температуры воды на входе; 7 – трубопровод подачи холодной воды; 8 – трубопровод нагретой воды; 9 – потребитель тепловой энергии; 10 – перфорированные трубы для аэрирования биомассы; 11 – змеевик-рекуперативный теплообменник.

После загрузки компостной смеси (опилки, солома, навоз, торф и т.п.) в установку газоанализатором замеряется начальное количество кислорода в массе, с учетом которого устанавливается продолжительность работы вентилятора для поддержания в ней массового содержания кислорода в пределах 5-12%. При обеспечении оптимальных условий протекании процесса биоферментации (геометрических размеров смеси, влажности, насыпной плотности смеси, соотношения азота и углерода в смеси и т.д.) температура компостной смеси через 10-12 ч после начала рабочего процесса должна подняться до 40-50°С, а затем до 60-75°С. Падение температуры в смеси до 30°С свидетельствует об окончании процесса ферментации.

При достижении температуры компостной смеси 50-70°С можно заполнять систему водой, наблюдая, чтобы в системе не было воздушных пробок. Компостная насыпь объемом около 20 м^3 с змеевиковым теплообменником, длиной 200 м, обеспечивает температуру воды 50-60°С на выходе, при ее расходе 2-4 л/ мин при температуре входящей воды 10^{o}С. Тепловая производительность системы компостного отопления определяется после измерения температуры воды на входе в ферментер, температуры и расхода воды на выходе из ферментера, по формуле:

$$Q_{от} = V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \qquad (1)$$

где $Q_{от}$ – тепловая мощность, Вт; V – объемный расход воды, м^3/с; ρ – плотность воды, кг/м^3; c – удельная массовая теплоемкость воды, Дж/(кг·К); t_1, t_2 – температура воды на входе в ферментер и на выходе из него, °С.

Если расход нагретой воды принять 3 л/мин при температуре входящей воды 10 градусов и температуре на выходе 55°С, тепловая мощность системы компостного отопления по формуле (1) получается около 9,5 кВт.

Для наиболее эффективной передачи тепловой энергии компоста от источника к потребителю нами предлагается использование тепловой трубы (рисунок 2), который представляет собой герметичный сосуд, заполненный

жидкостью-теплоносителем (вода, аммиак, азот, ртуть и т.п.) и обладает высокой теплопередающей способностью за счет конвективного переноса теплоты, сопровождаемого фазовыми переходами (испарением и конденсацией) теплоносителя. Количество теплоты, которое может быть перенесено в виде скрытой теплоты преобразования, обычно на несколько порядков выше количества, которое может быть перенесено в виде энтальпии рабочей жидкости в обычной конвективной системе и поэтому тепловая труба может передавать большое количество теплоты [3, 4].

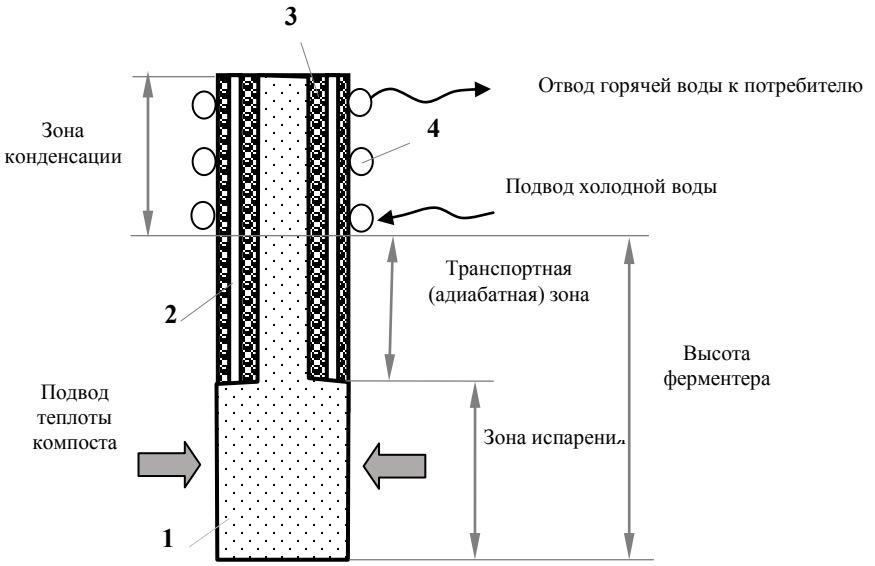


Рис. 2. **Тепловая труба в системе утилизации биотермической энергии:**
1 – испаритель; 2 – пароотводной канал; 3 – капиллярная структура (фитиль); 4 – змеевик-рекуперативный теплообменник.

Согласно методике, представленной в работе [5], для того чтобы тепловая труба работала, необходимо, чтобы удовлетворялось соотношение:

$$\left(\Delta p_{\text{к}}\right)_{\max} \geq \Delta p_g + \Delta p_{\text{п}} + \Delta p_{\text{ж}}, \qquad (2)$$

где $\left(\Delta p_{\text{к}}\right)_{\max}$ – максимальный капиллярный напор; Δp_g – гравитационная составляющая полного падения давления; $\Delta p_{\text{п}}$ – перепад давления в потоке пара; $\Delta p_{\text{ж}}$ – перепад давления в потоке жидкости.

Для определения минимального проходного сечения по жидкости, обеспечивающего передачу заданной мощности, перепадом давления в паровом потоке можно пренебречь. Тогда

$$\left(\Delta p_{\text{к}}\right)_{\max} \geq \Delta p_g + \Delta p_{\text{ж}}, \qquad (3)$$

$$\Delta p_{\text{к}} = \frac{2\sigma_{\text{ж}}}{r_{\text{и}}}\cos\theta, \qquad (4)$$

где $\sigma_{\text{ж}}$ – поверхностное натяжение; $r_{\text{и}}$ – радиус поры фитиля; θ – краевой угол смачивания.

Гравитационная составляющая полного падения давления

$$\Delta p_g = \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot l \cdot \sin\varphi, \qquad (5)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения; l – длина трубы; φ – угол наклона трубы.

$$\Delta p_{\text{ж}} = \frac{\mu_{ж} \cdot Q_{\max}}{K \cdot A \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot L}, \qquad (6)$$

где $\mu_{\text{ж}}$ – вязкость жидкости; $Q_{\max}$ – максимальный тепловой поток в фитиле; K – проницаемость фитиля; A – площадь поперечного сечения трубы; L – скрытая теплота парообразования.

Расход жидкости в фитиле $m_{\max}$ можно определить из выражения

$$Q = m_{\max} \cdot L. \qquad (7)$$

Выражение для максимального потока массы $m_{\max}$ можно получить, если принять следующие допущения: свойства жидкости не меняются вдоль трубы; фитиль является однородным; перепадом давления в паровом потоке можно пренебречь.

Тогда:

$$m_{\max} = \frac{\rho_{ж}}{\mu_{ж}} \frac{KA}{l} \left(\frac{\sigma}{r_{и}} \cos\theta - \rho_{ж} g l \sin\varphi \right) \qquad (8)$$

где $r_{\text{и}} = 6$ мкм – радиус поры в испарителе; $K = 8{,}4 \cdot 10^{-10}$ м^2 [5].

Диаметр проволоки фитиля равен 36 мкм, толщина двух слоев сетки составит 144 мкм. Внутренний диаметр корпуса трубы 6 мм. Тогда поперечное сечение фитиля A будет равно:

$$A = 144 \cdot 10^{-6} \cdot \pi \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 2{,}7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \qquad (9)$$

Допустим наличие идеального смачивания (θ = 0°) и определим максимальные расход жидкости и тепловой поток в фитиле с учетом свойств воды ($\rho_{\text{ж}} = 972$ кг/м^3; $L_{\text{ж}} = 2{,}3$ МДж/кг; $\mu_{\text{ж}} = 0{,}36$ мН/м; σ = 0,0628 Н/м).

Согласно формуле (8) $m_{\max} = 22 \cdot 10^{-6}$ кг/с. Если подставить значение $m_{\max}$ в уравнение (7), величина максимального теплового потока в фитиле составляет $Q_{\max} = 51$ Вт.

Термическое сопротивление стенки тепловой трубы в испарителе:

$$R_{\text{р,и}} = \frac{\tau_{\text{вн}} \cdot t}{2 l_{\text{и}} \cdot \lambda_{\text{м}}},$$

где $\lambda_{\text{м}} = 390$ Вт/(м^2·К) – теплопроводность меди; $l_{\text{и}}$ – длина испарителя; $t = 10^{-3}$ м – толщина стенки трубы; $r_{\text{вн}} = 0{,}004$ м – внутренний радиус испарителя.

Термическое сопротивление насыщенного жидкостью пара в испарителе:

$$R_{\text{ф,и}} = \frac{r_{\text{вн}} \cdot t_{\text{ф}}}{2 l_{\text{и}} \cdot r_{\text{внутр}} \cdot \lambda_{\text{ф,э}}},$$

где $r_{\text{внутр}} = 0{,}003$ м –радиус парового канала; $t_{\text{ф}} = 144$ мкм – толщина фитиля.

Эффективная теплопроводность насыщенного фитиля:

$$\lambda_{\text{ф,э}} = \frac{\lambda_{\text{в}}(\lambda_{\text{в}} + \lambda_{\text{м}} - (1-\varepsilon)(\lambda_{\text{в}} - \lambda_{\text{м}})}{(\lambda_{\text{в}} + \lambda_{\text{м}}) + (1-\varepsilon)(\lambda_{\text{в}} - \lambda_{\text{м}})},$$

где $\lambda_{\text{в}} = 0{,}68$ Вт/(м^2·К) – теплопроводность воды; $\varepsilon = 0{,}549$ – проницаемость фитиля.

Термическое сопротивление парового потока:

$$R_{\text{п}} = \frac{\pi r_{\text{вн}} \cdot T_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} \left(\frac{l}{6}(l_{\text{и}} + l_{\text{к}}) \right)}{\rho_{\text{п}} \cdot L} \quad ,$$

где $T_{\text{п}}$ – температура пара; $F_{\text{п}}$ – сопротивление пара; $l_{\text{к}}$ – длина конденсатора; $\rho_{\text{п}}$ – плотность пара.

Термическое сопротивление насыщенного жидкостью пара в конденсаторе:

$$R_{\text{ф,к}} = \frac{r_{\text{вн}}^2 \cdot t_{\text{ф}}}{2 l_{\text{к}} \cdot r_{\text{к}} \cdot \lambda_{\text{ф}}} \quad ,$$

где $r_{\text{к}} = 0{,}007$ м – радиус конденсатора.

Термическое сопротивление стенки тепловой трубы в конденсаторе:

$$R_{\text{р,к}} = \frac{\tau_{\text{вн}} \cdot t}{2 l_{\text{к}} \cdot \lambda_{\text{м}}} \quad .$$

Коэффициент теплопередачи тепловой трубы $\lambda_{\text{ТТ}} = \frac{l}{R_{\text{р,и}} + R_{\text{ф,и}} + R_{\text{п}} + R_{\text{ф,к}} + R_{\text{р,к}}}$.

Перепад температуры между испарителем и конденсатором отнесенный к поперечному сечению трубы $\Delta T = \frac{Q_{\max}}{\lambda_{\text{ТТ}} \cdot A_{\text{ТТср}}}$, где $A_{\text{ТТср}}$ – среднее поперечное сечение по длине трубы.

Количество тепловых труб для обеспечения требуемой мощности системы компостного отопления можно определить из выражения: $n_{\text{Т}} = Q_{\text{от}} / Q_{\max}$.

Согласно представленной методике расчета для обеспечения требуемой мощности системы компостного отопления 9,5 кВт необходимы 186 тепловых труб с указанными параметрами, и они должны быть размещены по периметру цилиндрического ферментера в зонах с максимальной температурой компостной смеси.

Библиографический список

1. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Рециклинг отходов в АПК: справочник // М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2011. 296 с.

2. Осмонов О.М. Основы инженерного расчета гелиобиоэнергетических установок. Научное издание // М., Издательско-аналитический центр «Энергия». 2011. 175 с.

3. Кабалин Е.И. Применение тепловых труб в системе охлаждения холодного тигля индукционной печи // Материалы XIV междунар. конф. «Электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты». – Алушта. 2012. С. 293-294.

4. Николаев Г.П., Изотеева О.Ю. Расчет рабочих характеристик контурных тепловых труб // Молодой ученый. 2012. № 3. С. 17-25.

5. Михаленко Т.Г., Губин С.В. Подход к проектированию тепловой трубы вакуумированного солнечного коллектора //Авиационно-космическая техника и технология. 2012. № 2 (89). С. 78-82.

УДК 631.22.013

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЩЕТОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ КОЖНОГО ПОКРОВА КОРОВ НА ФЕРМАХ

***Понизовкин Дмитрий Андреевич**, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ponizovkin.d@gmail.com*
***Иванов Юрий Григорьевич**, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизации и механизации животноводства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, iy.electro@mail.ru*

***Аннотация**. Приведена математическая модель очистки кожного покрова коров на фермах, которая позволяет обосновать параметры щеточного устройства, с целью обеспечения повышения эффективности очистки кожного покрова коров.*
***Ключевые слова**: тепловой стресс, кожный покров, щеточные устройства, эффективность.*
***Abstract.** A mathematical model for cleaning the skin of cows on farms is presented, which allows to justify the parameters of the brush device, in order to ensure an increase in the efficiency of cleaning the skin of cows.*
***Keywords:** heat stress, skin, brush devices, efficiency.*

Результаты исследований показывают, что очистка кожного покрова коров позволяет снизить влияние теплового стресса на продуктивность животных в теплое время года [1, 2]. Анализ отечественных и зарубежных молочных ферм показал, что в коровниках широко применяются автоматические щетки. Практика эксплуатации автоматических щеток показывает высокую частоту использования таких щеток коровами.

В результате исследований установлено, что применение влажной очистки кожного покрова повышает эффективность теплообмена животного с окружающей средой [3, 4]. Поэтому перспективным направлением является использование автоматических щеточных устройств с подачей моющих средств.

Учитывая большое количество применяемых щеточных устройств, необходимо обосновать параметры щеточного устройства, которые позволят определить технические требования и рациональные конструктивно-режимные параметры, обеспечивающие повышение эффективности очистки кожного покрова коров.

Рассмотрим математическую модель очистки кожного покрова коров устройством, представляющим собой увлажняемую щетку с приводом от электродвигателя с контролем частоты вращения.

Эффективность (*Кэ*) очистки кожного покрова от загрязнений можно представить функцией четырех групп переменных: параметров ($M_{кп}$) кожного

покрова, параметров ($М_{щу}$) щеточного устройства, режимов ($М_{ро}$) очистки, параметров ($М_з$) загрязнения, которую можно представить в виде

$$К_э = \{М_{кп}, М_{щу}, М_{ро}, М_з\} \quad (1)$$

При этом:

$$М_{кп} = \{L_{вп}, d_{вп}, S_{вп}, E_с, К_{сф}, К_{сн}\} \quad (2)$$

где: $L_{вп}$ – длина волоса, мм; $d_{вп}$ – диаметр волоса, мм; $S_{вп}$ – расстояние между волосами, мм; $E_с$ – модуль упругости кожного покрова, *кгс/мм*^{2}; $К_{сф}$ – коэффициент, учитывающий форму кожного покрова; $К_{сн}$ – коэффициент, учитывающий шероховатость и неровности (складки) на поверхности кожного покрова;

$$М_{щу} = \{Д_щ, l_в, d_в, n_п, B_в, N_{пр}, \omega, Q_ж, К_{щк}, К_{ву}\} \quad (3)$$

где $Д_щ$ – диаметр щетки, мм; $l_в$ – длина ворса, мм; $d_в$ – диаметр ворса щетки, мм; $n_п$ – количество ворсинок в пучке, шт; $B_в$ – модуль относительной жесткости пучка ворсинок, *кгс·см;* $N_{пр}$ – мощность привода щеточного устройства, Вт; ω – угловая скорость вращения щетки, рад/с. $Q_ж$ – расход моющей жидкости, подаваемой на щетку, л/мин; $К_{щк}$ – коэффициент капиллярности пучков ворса щеток; $К_{ву}$ – коэффициент влагоудержания щеток;

$$М_{ро} = \{t_с, P_{оу}, t_{со}, \upsilon_{щл}, К_{щи}, К_{пб}\} \quad (4)$$

где $t_с$ – продолжительность очистки поверхности кожного покрова, с; $P_{оу}$ – окружное усилие, Н; $t_{со}$ – продолжительность очистки основания кожного покрова, с; $\upsilon_{щл}$ – линейная скорость щетки, см/с; $К_{щи}$ – коэффициент интенсивности механических воздействий пучков ворса на единицу длины кожного покрова; $К_{пб}$ – коэффициент, учитывающий расположение пучков ворса на барабане щетки;

$$М_з = \{m_з, К_{зм}, К_{за}, К_{зп}\} \quad (5)$$

где $m_з$ – масса загрязнения, г; $К_{зм}$ – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала загрязнения; $К_{за}$ – коэффициент, учитывающий агрегативное состояние материала загрязнения; $К_{зп}$ – коэффициент, учитывающий площадь загрязнения кожного покрова.

В общем виде процесс очистки кожного покрова коров можно описать множеством параметров, влияющих на эффективность очистки кожного покрова от загрязнений:

$$К_э = \{L_{вп}, d_{вп}, S_{вп}, E_{вп}, К_{сф}, К_{сн}, Д_щ, l_в, d_в, n_п, B_в, N_{пр}, \omega, Q_ж, К_{ву}, К_{щк}, t_с, P_{оу}, t_{со}, \upsilon_{щл}, К_{щи}, К_{пб}, m_з, К_{зм}, К_{за}, К_{зп}\} \quad (6)$$

Схема воздействия щеточного устройства на кожный покров животного представлена на рисунке:

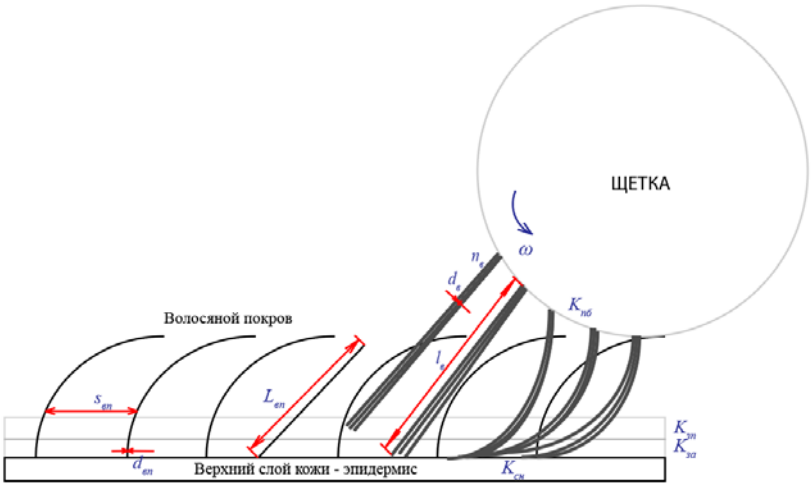


Рис. 1. **Воздействие щеточного устройства на кожный покров**

Полученные зависимости позволяют определить технические требования и рациональные конструктивно-режимные параметры, требующие дальнейшего изучения, с целью обеспечения повышения эффективности очистки кожного покрова коров.

Библиографический список

1. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А. Влияние параметров воздушной среды коровника на физиологические показатели животных // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. №4 С. 18-21.

2. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А. Система принудительной вентиляции коровника для теплого времени года // Сельский механизатор. 2015. №8 С. 26-27.

3. Иванов Ю.Г., Воробьев В.А., Понизовкин Д.А., Борулько В.Г. Оценка интенсивности теплообмена коров в теплое время года при различных способах очистки кожного покрова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2017. № 6 (82). С. 47-52.

4. Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А. Обоснование применения автоматических щеток в коровнике //Актуальные направления развития техники и технологий в России и за рубежом – реалии, возможности, перспективы: материалы и доклады III Всероссийской научно-практической конференции. (Княгинино), 22 марта 2018 г. Том I. Княгинино: НГИЭУ. 2018. С. 265-267.

УДК 631.22:628.8

ОБОГРЕВ И ОХЛАЖДЕНИЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

***Растимешин Сергей Андреевич**, доктор технических наук, профессор кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, resurs00@mail.ru*
***Тихомиров Дмитрий Анатольевич**, доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, resurs00@mail.ru*
***Трунов Станислав Семенович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, resurs00@mail.ru*

***Аннотация.** Разработанная система обогрева и охлаждения воздуха в животноводческом помещении включает в себя два теплообменника, один из которых установлен в животноводческом помещении и используется для нагрева или охлаждения воздуха в помещении, а другой зарыт в землю и используется только для охлаждения теплоносителя. Электроводонагреватель используется для нагрева теплоносителя, с последующим нагревом от него воздуха в помещении.*

***Ключевые слова:** животноводческие объекты, энергосбережение, геотермальная энергия, поверхностные теплообменники, теплообменник-зонд, тепловой баланс.*

***Abstract.** The developed system of heating and cooling of air in the livestock room includes two heat exchangers, one of which is installed in the livestock room and is used to heat or cool the air in the room, and the other is buried in the ground and is used only for cooling the coolant. Electric water heater is used to heat the coolant, followed by heating the air in the room.*

***Keywords:** livestock facilities, energy saving, geothermal energy, surface heat exchangers, heat exchanger-probe, thermal balance.*

Важным условием получения высокой продуктивности животных является борьба с перегревом помещений, в которых они находятся. Это связано с тем, что с помощью отопительно-вентиляционных систем, построенных на принципе обеспечения ассимиляции вредностей, в том числе и избытков теплоты, только за счёт вентиляции помещения обычно не представляется возможным соблюдать оптимальный температурный режим.

Применение промышленных кондиционеров, оснащенных компрессорами и теплообменниками, в принципе позволяет решать проблему охлаждения воздуха в животноводческих помещениях. Однако они достаточно сложны, требуют высоких капитальных и эксплуатационных затрат и, как показывают технико-экономические расчеты, их использование нет всегда экономически не целесообразно. Поэтому распространение в помещениях для содержания животных получили установки, основанные на способе испарительного охлаждения воздуха. Однако, опыт их эксплуатации показал, что они обеспечивают снижение температуры воздуха не более чем на 6…8 ^{0}C, что недостаточно для южных районов с жарким климатом, где требуется

охлаждение не менее чем на 10…15^{0}С.

Анализ работ отечественных и зарубежных авторов и собственные исследования свидетельствуют о перспективности применения геотермальных систем микроклимата, работающих на принципе использования относительного постоянства температуры толщи земли. Это позволяет охлаждать воздух летом и нагревать его зимой, что обеспечивает значительное снижение энергозатрат для обеспечения требуемого температурного режима в помещениях [1, 2].

Технико-экономические исследования показывают, что применение геотермальных систем экономически целесообразно в животноводческих помещениях в сравнении с системами испарительного охлаждения воздуха. Использование теплоты (холода) земли способствует снижению эксплуатационных издержек на создание теплового режима охлаждения воздуха летом в среднем на 20…40% [3, 4].

Анализ энергетических характеристик животноводческого объекта на примере коровника [5] показывает на необходимость охлаждения помещения не только в теплое время года, но и в переходные периоды (весна, осень).

Для охлаждения воздуха в животноводческих помещениях, наряду с традиционными системами кондиционирования воздуха, эффективны системы косвенного охлаждения с использованием поверхностных воздухоохладителей, питаемых грунтовой водой. При таком способе охлаждения явное тепло от воздуха, который необходимо охладить, передается воде через стенки трубок поверхностного теплообменника.

В отличие от обычных систем охлаждения, геотермальные системы не используют ископаемое топливо. Чтобы совершить работу эти системы используют энергию земли. Электроэнергия используется только для работы вентилятора и циркуляционного насоса.

За счёт относительно больших тепловыделений животных на протяжении длительного периода года температура воздуха в помещение коровника будет превышать требуемое значение (+20^{0}С), в связи с чем помещение коровника необходимо не только обогревать, но и охлаждать.

Широкое распространение получили установки, основанные на способе испарительного охлаждения воздуха. Однако опыт эксплуатации в производственных условиях показал, что они обеспечивают незначительное (на 3…4^{0}С) снижение температуры воздуха в помещении, повышают относительную влажность воздуха и могут быть применены в южных районах с жарким климатом. Исследования отечественных и зарубежных авторов свидетельствуют о перспективности применения геотермальных систем микроклимата. Подобные системы работают на принципе использования относительного постоянства температуры толщи земли. Это обеспечивает значительное снижение эксплуатационных затрат на энергию для обеспечения нормативного температурного режима в коровнике.

Нами предлагается система, обеспечивающая нормативные параметры воздушной среды в коровнике при одновременном снижении эксплуатационных затрат на энергоносители.

Результат достигается тем, что предлагаемая система обогрева и

охлаждения помещения коровника содержит установленный в помещении теплообменник в комплекте с вентилятором, работающий в режиме обогрева или охлаждения помещения.

В режиме обогрева помещения теплообменник с помощью трубопроводов соединен с центробежным насосом, трехходовым клапаном, установленным в положение отопления, входной трубой ёмкостного электроводонагревателя, а выходная труба электроводонагревателя соединена с обратным клапаном через тройник с регулятором температуры и затем с теплообменником.

В режиме охлаждения помещения трехходовой клапан находится в положении охлаждения и соединен с входной трубой зонда, помещённого в обсадную трубу, зарытую в землю, а выходная труба зонда через тройник и терморегулятор соединена с теплообменником. Управление системой осуществляется контроллером.

Работает система обогрева и охлаждения помещения следующим образом.

В режиме обогрева помещения, нагретый в электроводонагревателе теплоноситель с помощью центробежного насоса проходит через обратный клапан, тройник и терморегулятор, попадает в теплообменник, где отдаёт тепловую энергию воздуху помещения, нагнетаемого электровентилятором.

Обратный тракт теплоноситель проходит через центробежный насос, трехходовой клапан, установленный в положение «обогрев» и снова в электроводонагреватель. Потребление электроэнергии водонагревателем осуществляется в то время, когда действует льготный тариф, определяемый электроснабжающей компанией.

Количество нагретого теплоносителя регулируется автоматически с помощью терморегулятора от датчика температуры, установленного в помещении.

Режим работы, т. е. «обогрев» или «охлаждение», устанавливает контроллер, в зависимости от температуры в помещении. Так, если температура воздуха в помещении меньше $+10^0$С, контроллер с помощью трёхходового клапана устанавливается режим отопления помещения, а поддерживается температура на заданном уровне терморегулятором.

Если температура воздуха в помещении больше $+20^0$С, то трехходовой клапан переключается в режим охлаждения.

В этом режиме, нагретый в теплообменнике теплоноситель, движение которого осуществляет центробежный насос, с помощью трехходового клапана направляется к зонду, представляющего собой петлю из пластиковой трубы. В зонде теплоноситель за счёт геотермальной энергии остывает и на выходе достигает температуры грунта. Охлаждённый теплоноситель через тройник и терморегулятор попадает в теплообменник, где охлаждает проходящий через него воздух помещения.

Таким образом, разработана энергосберегающая установка для обогрева и охлаждения воздуха, использующая энергию толщи земли и внепиковую электроэнергию. Такое сочетание, при широком использовании таких

установок, позволит существенно сократить расход энергии и денежные средства на создание и поддержание микроклимата в животноводческих помещениях.

Библиографический список.

1. Растимешин С.А., Трунов С.С. Формирование тепловлажностного режима коровника. Вестник НГИЭИ. 2016. Вып. № 8 (63). С.124-129.

2. Растимешин С.А., Трунов С.С. Энергосберегающие системы и технические средства отопления и вентиляции животноводческих помещений. М.: ФГБНУ ВИЭСХ. 2016. 180 с., илл.

3. Лебедь А.А. Микроклимат животноводческих помещений. М.: ФГБНУ ВИЭСХ, 2016. 199 с.

4.Тихомиров Д.А. Энергосберегающие электрические средства и системы теплообеспечения основных технологических процессов в животноводстве. Вестник НГИЭИ. 2016. № 8 (63). С.129-138.

5. Трунов С.С., Растимешин С.А, Энергосберегающая геотермальная установка охлаждения воздуха в животноводческом помещении. Вестник ВИЭСХ. 2017. №1 (26). С. 32-36.

УДК 621.3.013

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНЫХ ИНДУКТОРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ В САДОВОДСТВЕ

Хорт Дмитрий Олегович, *кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vim_sad@mail.ru*

Кутырёв Алексей Игоревич*, младший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vim_sad@mail.ru*

Филиппов Ростислав Александрович*, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, vim_sad@mail.ru*

Аннотация. *В статье представлены результаты моделирования распределения импульсного магнитного поля в CAE-программном комплексе Elcut 6.3 Professional конечно элементного моделирования. Проведено моделирование и анализ распределения магнитного поля одновитковых катушек, плоских спиральных катушек, катушек Гельмгольца, Максвелла, Брукса, многовитковых катушек (соленоид). По результатам моделирования выявлено, что наиболее подходящим является использование плоской спиральной катушки. На лабораторном стенде с помощью миллитесламетра (ТПУ) проведено измерение распределения магнитного поля изготовленных вариантов плоских спиральных катушек. Анализ диаграмм со стендовых испытаний показал, что для получения максимального эффекта МИО растений с частотой следования импульсов 8-32 Гц и мощностью излучения 0.3-5 мТл необходимо обеспечить расстояние между рабочими органами автоматизированного агрегата магнитно-импульсной обработки и растениями 70-125 мм.*

Ключевые слова: *магнитно-импульсная обработка, плоская спиральная катушка, моделирование, облучение растений, автоматизированный агрегат.*

Abstract. *The article presents the results of modeling the distribution of pulsed magnetic field in the CAE - software complex Elcut 6.3 Professional finite element modeling. The modeling and analysis of magnetic field distribution of single-coil coils, flat spiral coils, Helmholtz coils, Maxwell, Brooks, multi-coil (solenoid). According to the results of modeling it is revealed that the most suitable is the use of a flat spiral coil. The distribution of magnetic manufactured variants of flat spiral coils was measured at the laboratory bench. The analysis of diagrams from bench tests showed that to obtain the maximum effect of m & a plants with a pulse repetition frequency of 8 - 32 Hz and a radiation power of 0.3 - 5 MT, it is necessary to ensure the distance between the working bodies of the automated magnetic pulse processing unit and plants of 70-125 mm.*

Keywords: *magnetic-pulse processing, a planar spiral coil, modeling, irradiation plants, automated assembly.*

Используя методы математического моделирования, теоретической механики и оптимального проектирования, в САПР «КОМПАС-3D v17» разработан комплект конструкторской документации автоматизированного агрегата [1] и визуализирована 3D модель (рисунок1).

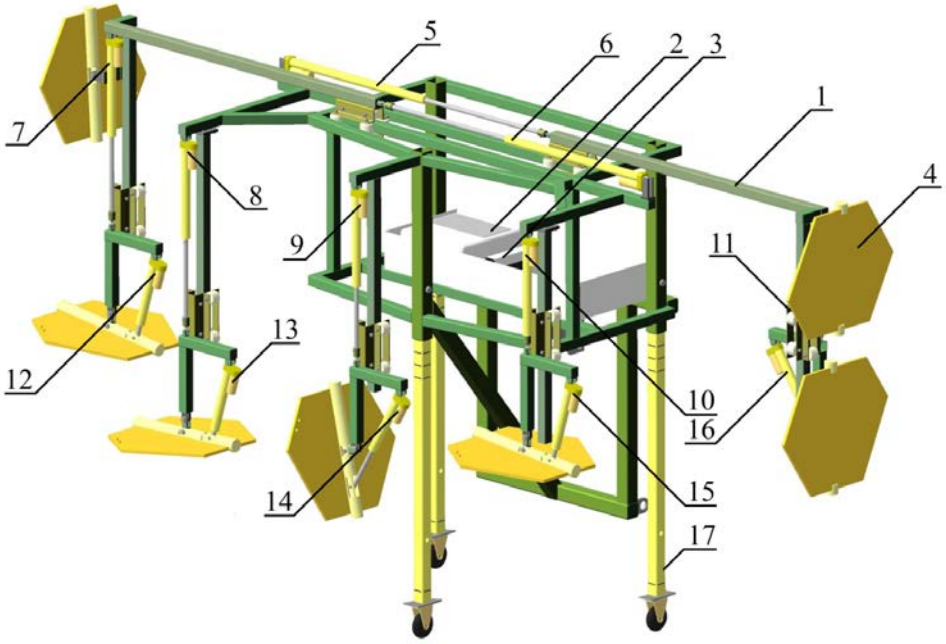


Рис. 1. **3D модель автоматизированного агрегата магнитно-импульсной обработки растений**

1 – рама автоматизированного агрегата, 2 – Блок управления аппарата МИО растений, 3 – инвертор, 4 – рабочие органы (индукторы), 5, 6 – электроцилиндры изменения ширины захвата агрегата, 7, 8, 9, 10 11 – эллектроцилиндры поддержания заданного расстояния между индукторами и растениями, 12, 13, 14, 15, 16 – эллектроцилиндры изменения угла наклона, 17 – съемные колеса

Эффективность воздействия на растения магнитно-импульсной обработкой зависит как от свойств облучаемого объекта, так и от параметров

воздействия [2-4]. Для разработки рабочих органов агрегата и создания в зоне облучения растений необходимого значения МП [5, 6] проведено компьютерное моделирование различных вариантов катушек индуктивности. В качестве основного инструмента для решения указанных задач использован CAE-программный комплекс Elcut 6.3 Professional (DEMO) конечно элементного моделирования.

В осесимметричной постановке (цилиндрическая симметрия) модуля магнитостатики Elcut изображены геометрические 2D модели верхней части сечения катушек и построена сетка конечных элементов. Заданы граничные условия области расчёта и их физические свойства. Воздух и медные витки с магнитной проницаемостью $\mu = 1$, источник поля $i = 1$ А и граница с магнитным потенциалом $A = A_0$ (рисунок 2).

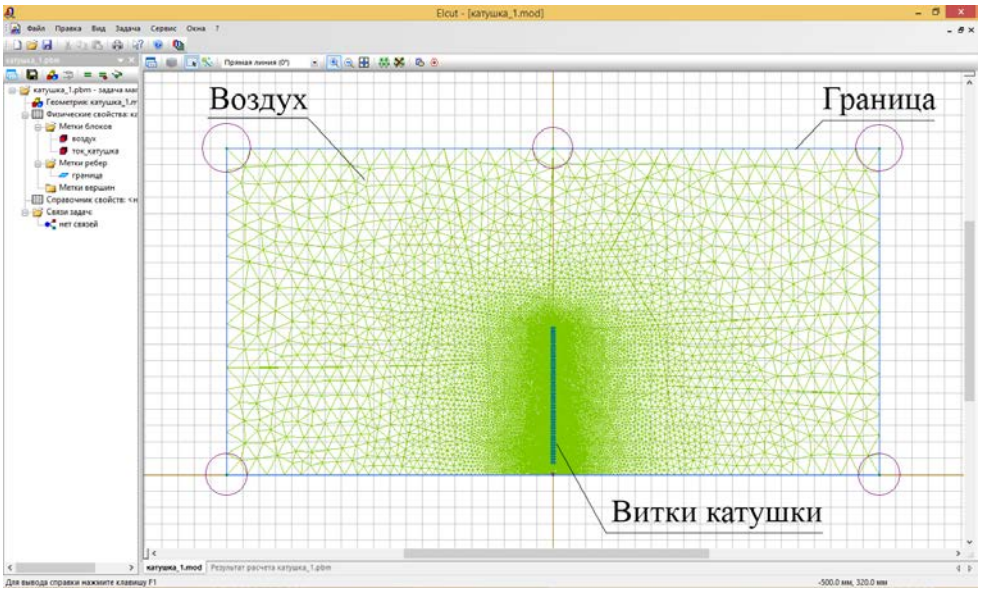
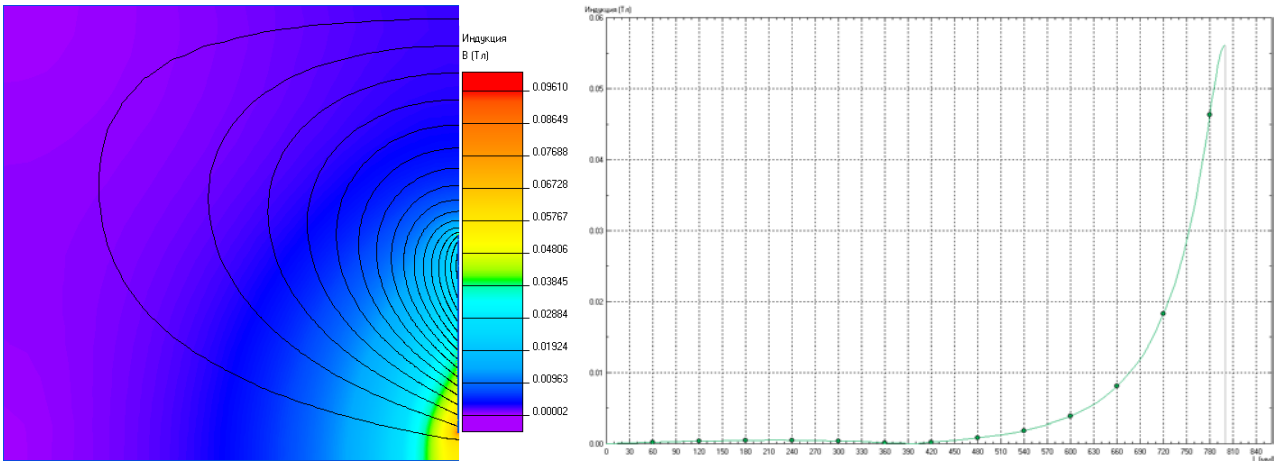


Рис. 2. **Сетка конечных элементов плоской спиральной катушки при моделировании МП в Elcut 6.3 Professional**

Проведено моделирование и анализ распределения магнитного поля одновитковых катушек, плоских спиральных катушек (рисунок 3), катушек Гельмгольца, Максвелла, Брукса, многовитковых катушек (соленоид). Задан контур вдоль оси, получены графики распределения магнитной индукции вдоль оси и спектр картины поля.



а б

Рис. 3. **Моделирование и анализ распределения магнитного поля плоской спиральной катушки**

а – спектр картины поля, б – распределение значений магнитной индукции плоской спиральной катушки

Анализ распределения МП различных катушек индуктивности показал, что наиболее подходящим является использование плоской спиральной катушки из 48 витков кабеля 1 х 2,5 мм с наружным диаметром 400 мм, внутренним диаметром 30 мм, индуктивностью 373 мкГн. Числовое значение величины индукции магнитного поля на расстоянии 100 мм от центра катушки составляет 0,0050572 Тл. Данная катушка удовлетворяет требованиям по уровню магнитной индукции, простая по устройству и позволяет получить достаточно однородное поле, используя меньше обмотки.

По результатам моделирования распределения МП разработан магнитный индуктор с плоской катушкой. Для подтверждения результатов конечно-элементного моделирования МП и создания в зоне обработке растений МП, соответствующего выбранным параметрам на изготовленном лабораторном стенде с помощью миллитесламетра ТПУ проведено измерение распределения магнитного поля, генерирующего блоком управления аппарата МИО на различных режимах [7].

Результаты замеров в виде диаграммы представлены на рисунке 4.

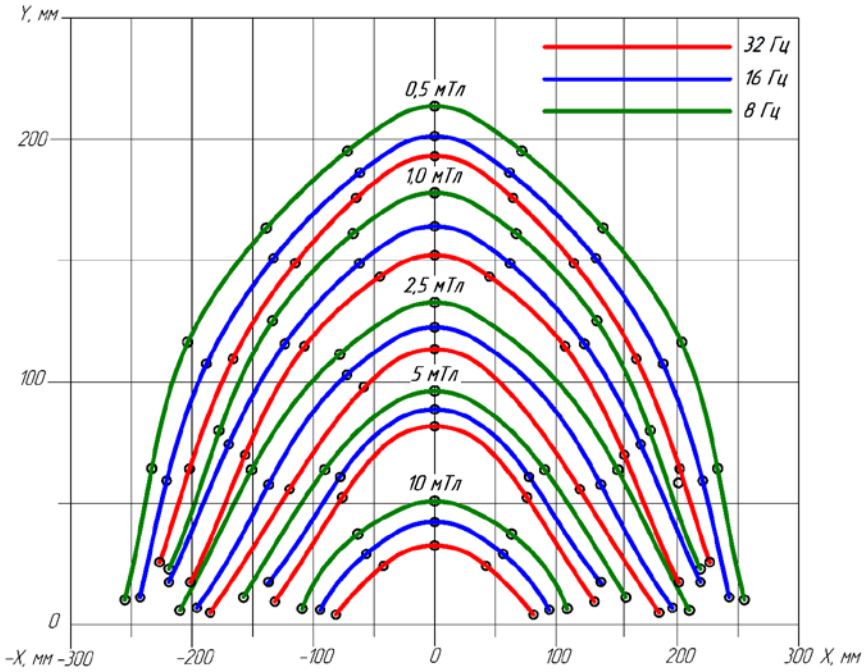


Рис. 4. **Результаты замеров на стенде распределения индукции импульсного магнитного поля, создаваемого индуктором при различных режимах блока управления, частота следования импульсов 8, 16, 32 Гц.**

В ходе проведенных экспериментов были получены параметры магнитного поля в ближней зоне плоской спиральной катушки. Установлено, что распределение силовых линий при моделировании и эксперименте идентичны. По мере удаления от центра витка наблюдается увеличение значения вектора магнитной индукции. При выходе за пределы витка радиусом 115 мм магнитное поле меняет направление и при удалении от проводника ослабевает. Ближе к краю спирали и вне её плоскости уровень напряженности уменьшается до малых значений.

Корректность результатов моделирования многократно подтверждена экспериментально. Анализ диаграмм со стендовых испытаний блока управления МИО с индукторами показал, что для получения максимального эффекта МИО растений с частотой следования импульсов 8 – 32 Гц и мощностью излучения 0.3 – 5 мТл необходимо обеспечить расстояние между рабочими органами автоматизированного агрегата МИО и растениями 70-125 мм.

Библиографический список

1. Кутырев А.И. Проектирование автоматизированного агрегата магнитно-импульсной обработки садовых растений // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. L. С. 189-195.

2. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Моделирование и анализ конструкции технологического адаптера для магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 3. С. 29-34.

3. Кутырев А.И. Расчет привода рабочего органа автоматизированного

агрегата магнитно-импульсной обработки садовых растений // Плодоводство и ягодоводство России. 2017. Т. L. С. 184-188.

4. Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Вершинин Р.В., Смирнов И.Г. Система автоматизированного управления параметрами агрегата магнитно-импульсной обработки растений в садоводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. N1. С. 16-21. DOI 10.22314/2073- 7599-2018-12-1-16-21.

5. Кутырёв А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Ценч Ю.С. Магнитно-импульсная обработка семян земляники садовой // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 5. С. 9-15.

6. Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Кутырёв А.И. Разработка аппарата для магнитно-импульсной обработки растений // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 1 (22). С. 50-55.

7. Пат. 173651 РФ, Аппарат импульсной обработки растений / Кутырев А.И., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Смирнов И.Г.

УДК 621.383:631.3

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА, СТУКТУРЫ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАСОСНЫХ СИСТЕМ

***Шеповалова Ольга Вячеславовна**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, shepovalovaolga@mail.ru*
***Беленов Александр Тихонович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, atbelenov@mail.ru*
***Дурнев Дмитрий Алексеевич**, научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, atbelenov@mail.ru*

***Аннотация.** В работе рассмотрен ряд особенностей автономных солнечных фотоэлектрических систем для подачи воды, влияющих на их технические характеристики и структуру, которые должны быть учтены при их проектировании и разработке, а также указаны в технической документации.*

***Ключевые слова:** фотоэлектрические насосные системы, электропривод постоянного тока, соизмеримость мощности солнечной батареи и электродвигателя, технические характеристики*

***Abstract.** In this work, a number of specific features of standalone solar photoelectric water supply systems making effect on their technical characteristics and structure has been considered that have to be taken account of in the course of their engineering and implementation and, therefore, shall be specified in technical documentation.*

***Keywords:** photoelectric pumping system, DC drive, comparability of solar PV array and electric motor power, technical characteristics*

В фотоэлектрических насосных системах генератором электрического

тока является фотоэлектрическая солнечная батарея (ФБ). ФБ вырабатывает электрическую энергию постоянного тока только в светлое время суток и обладает нелинейной внешней вольт-амперной характеристикой. Мощность и другие параметры ФБ зависят от интенсивности солнечной радиации (энергетической освещенности) *E*, температуры солнечных элементов (СЭ), угла падения лучей Солнца на рабочие поверхности фотоэлектрических модулей ФБ и ряда других условий. При этом соотношение между установленной мощностью ФБ и номинальной мощностью электродвигателя (ЭД) какого-либо водоподъёмного механизма должно быть, по возможности, минимальным как с технической, так и с коммерческой точек зрения: 1,2-1,25, что обосновано и графоаналитическими расчётами, и практическими проектами, например, при сооружении ряда конкретных водоподъёмных установок в Индии [1].

Такая соизмеримость мощностей ФБ и ЭД обусловливает появление ряда особенностей параметров и характеристик электроприводов постоянного тока, специальных требований к выбору типа водоподъёмного оборудования, структурных элементов фотоэлектрических насосных систем, граничных условий эксплуатации подобных автономных водоподъёмных установок.

Во-первых, соизмеримость мощностей ФБ и ЭД обусловливает существенное изменение классических параметров и форм естественных механических характеристик коллекторных ЭД постоянного тока всех видов электромагнитного возбуждения, что детально рассмотрено в публикации [2]. Следствием такого изменения механических характеристик является ограничение области применения наиболее удобных в монтаже и эксплуатации ЭД параллельного возбуждения. В данных условиях этим типом ЭД можно комплектовать только механизмы, имеющие «вентиляторную» нагрузочную характеристику (например, центробежные и центробежно-вихревые насосы). Сочленение ЭД параллельного возбуждения с объёмными и винтовыми насосами, характеризующимися повышенным моментом трогания, потребует значительного увеличения установленной мощности ФБ, что сделает всю систему коммерчески неприемлемой (!). Применение в этом случае ЭД параллельного возбуждения бóльшей номинальной мощности приведёт к ещё бóльшему снижению величины пускового момента вследствие резкого снижения напряжения на обмотке возбуждения при высоком значении пускового тока и влияния нелинейности кривой намагничивания обмоток возбуждения ЭД при таком снижении напряжения.

В то же время питание ЭД последовательного возбуждения от ФБ соизмеримой мощности, с одной стороны, снимает ограничение по максимальной скорости холостого хода (то есть при полном снятии нагрузки ЭД не идёт «в разнос»), а с другой стороны, его пусковой момент примерно в 1,1-1,5 раза (в зависимости от интенсивности солнечной радиации *E*) будет выше величины рабочего момента ЭД, то есть он обеспечит надёжный запуск винтового или объёмного насосов. Последнее положение справедливо и для ЭД с независимым возбуждением. Поэтому рациональный подход к выбору типа ЭД и принципа его электромагнитного возбуждения является одной из важных

особенностей при проектировании автономных фотоэлектрических насосных систем.

Другой особенностью таких установок является нестабильность внешних вольт-амперных характеристик основного (и единственного) источника электроснабжения – ФБ, обусловленная суточным ходом поступления солнечной радиации на модули ФБ и изменениями условий их охлаждения. В результате этой нестабильности рабочая «точка» в течение всего светового дня будет постоянно перемещаться по нагрузочной характеристике насосного агрегата, тем самым непрерывно изменяя величину потребляемой насосным агрегатом от ФБ электрической мощности. В некоторых случаях (при существенном снижении интенсивности солнечной радиации E) это может привести к прекращению работы электронасосного агрегата и подачи воды. В другом случае, при росте интенсивности солнечной радиации E, это может привести к выходу рабочей «точки» из зона оптимального КПД ФБ для данного уровня радиации, что означает недоиспользование установленной мощности ФБ, самого дорогостоящего элемента в данной водоподъёмной системе (что, конечно, нежелательно). Один из способов устранения такого негативного явления частично рассмотрен в докладе [3].

Следующей особенностью автономных насосных систем является нестабильность гидравлического звена, которое проявляется в колебаниях уровня воды в колодце (скважине) вследствие её откачки или изменения дебита водоисточника, в суточных и сезонных вариациях расхода потребляемой воды и, следовательно, повышения (понижения) уровня в накопительном резервуаре, в изменениях эффективности работы насосного агрегата при изменениях скорости приводного двигателя или при вариациях соотношения напор – подача и др. Однако при всех этих вариантах минимально допустимый суточный объём подачи воды должен быть гарантирован данной насосной системой.

Результатом взаимодействия всех предыдущих характерных свойств автономно работающих систем ФБ–ЭД–насос является непостоянство максимально возможной для выработки (при данной радиации E и реальной температуре фотоэлектрических модулей) мощности P_{max} и фактически генерируемой (и потребляемой) в этих же условиях мощности P_1, зависящих и от интенсивности солнечного излучения E, которая существенно варьирует в течение светлого времени суток, и от нестабильности гидравлического звена системы. При этом зависимости $P_{max} = I_{опт} \times U_{опт} = f(E)$ и $P_1 = I_р \times U_р = \varphi(E)$ почти всегда неодинаковы, поскольку на величину P_1 существенно влияют вид и параметры механических характеристик ЭД, вид и параметры нагрузочных характеристик насоса, а также возможное изменение высоты подъёма воды в период работы системы. При широком диапазоне изменения энергетической освещенности E разность $\Delta P = P_{max} - P_1$, характеризующая степень использования установленной мощности ФБ, в саморегулирующейся системе может быть весьма значительной, хотя при расчётных уровнях E величины P_{max} и P_1 практически совпадали.

Это наглядно проиллюстрировано на рисунке, на котором показано

семейство вольт-амперных характеристик ФБ в пределах изменения интенсивности излучения от 200 Вт/м^2 до 1000 Вт/м^2. Там же пунктиром отмечено положение точек реализации максимальной мощности $I_{опт} = \gamma(U)$ и нанесены две нагрузочные характеристики $I_1' = \psi_1(U)$ и $I_1'' = \psi_2(U)$ с разными ЭД и насосами. При этом нагрузочная характеристика 1 $I_1' = \psi_1(U)$ соответствует условию $P_{max} = P_1$ при E = 200 Вт/м^2, а расчётной точкой для нагрузочной характеристики 2 $I_1'' = \psi_2(U)$ является равенство $P_{max} = P_1$ при стандартных условиях испытаний E = 1000 Вт/м^2.

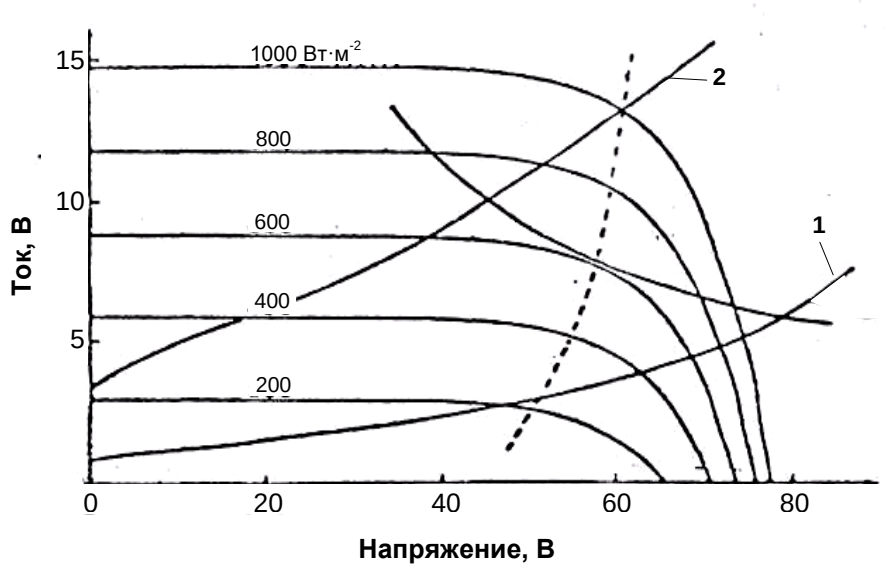


Рис. 1. **Взаимодействие и взаимосвязь характеристик ФБ и агрегата ЭД-насос при изменении радиации в диапазоне 200–1000 Вт/м^2 (- - - - положение точек максимальной мощности P_{max} ФБ)**

Анализ графиков рисунка показывает, что в саморегулирующейся системе ФБ–ЭД–насос возможность полного использования установленной мощности ($P_{уст}$) ФБ имеет место только в расчётных точках. При естественном варьировании радиации коэффициент использования $P_{уст}$ и, следовательно, КПД СЭ, из которых состоят фотоэлектрические модули ФБ, сначала незначительно, а затем существенно снижаются. Так, для нагрузочной характеристики 1 при работе системы в условиях E = 600 Вт/м^2 коэффициент использования установленной мощности ФБ составляет всего 0,59, а при E =1000 Вт/м^2 снижается до 0,48. Для нагрузочной характеристики 2 при снижении энергетической освещенности до 600 Вт/м^2 коэффициент использования мощности ФБ падает до 0,75, а при 400 Вт/м^2 – до 0,26. В такой же пропорции снижается и величина КПД СЭ.

Такое положение, когда дорогостоящие ФБ в автономных водоподъёмных системах не используются на полную мощность в течение практически всего светового дня и когда высокие величины КПД солнечных элементов фактически реализуются только в течение малой части периодов солнечного сияния, совершенно недопустимы. Поэтому в целях более эффективного использования установленной мощности ФБ, увеличения

суточной выработки электроэнергии и, следовательно, производительности установки по воде необходимо искусственно регулировать величину P_1 при переменной радиации и температуре модулей, по возможности приближая её к P_{max}. Эта функция может быть возложена на устройство согласования величин выработки максимальной мощности ФБ для текущего уровня солнечной радиации и мощности, фактически потребляемой при этом значении радиации электронасосным агрегатом, которое обеспечит реализацию условия $P_1 \rightarrow P_{max}$ в течение всего светлого времени суток.

Указанные особенности и проведенные исследования учтены при разработке национального стандарта ГОСТ Р 57903-2017 «Системы фотоэлектрические. Автономные насосные системы для подачи воды. Определение выходных характеристик. Выбор и оценка».

Выводы:

Для обеспечения эффективной работы фотоэлектрических насосных систем необходим учет особенностей совместной работы фотоэлектрической солнечной батареи и электродвигателя (агрегата электродвигатель-насос). Избежать излишних материальных затрат, ошибок при выборе вариантов, при создании и эксплуатации автономных фотоэлектрических водоподъёмных установок поможет разработанный национальный стандарт ГОСТ Р 57903-2017 «Системы фотоэлектрические. Автономные насосные системы для подачи воды. Определение выходных характеристик. Выбор и оценка».

Библиографический список

1. Беленов А.Т., Метлов Г.Н. Солнечные фотоэлектрические водоподъёмники. 2-е изд., перераб. и доп.; под ред. академика РАН Д.С. Стребкова. М.: ВИЭСХ. 2014. 136 с.

2. Shepovalova O.V., Belenov A.T. Investigation of DC motors mechanical characteristics with powered by comparable capacity PV array // Energy Procedia. 2017. Vol. 119. P. 990-994.

3. Беленов А.Т., Метлов Г.Н. Передвижные солнечные фотоэлектрические насосные установки для пастбищ // Перспективные направления альтернативной энергетики и энергосберегающие технологии. Труды межд. науч.- практ. конф. Т. 1. Шымкент: Ю-КГУ им. М. Ауезова. 2010. С. 37-40.

УДК 378.14

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИМЕРНОЙ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «АГРОИНЖЕНЕРИЯ» (ПРОФИЛЬ – ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ)

***Чистова Яна Сергеевна**, кандидат педагогических наук, доцент кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, yana.chistova@yandex.ru*

***Аннотация.** Приведены основные принципы формирования примерной основной образовательной программы по направлению подготовки «Агроинженерия» в соответствии с актуализированными федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования.*

***Ключевые слова:** образовательная программа, электрооборудование и электротехнологии, агроинженерия,*

***Abstract.** The basic principles of formation of the approximate basic educational program in the direction of preparation "Agroengineering" according to the updated Federal educational standards of higher education are resulted.*

***Keywords:** educational program, electrical equipment and electrical engineering, agroengineering.*

С введением в действие профессиональных стандартов возникла необходимость актуализации федеральных государственных образовательных стандартов. ФГОС ВО по направлению подготовки «Агроинженерия» в настоящий момент утверждены (бакалавриат – приказ № 813 от 23.08.2017 г., магистратура – приказ № 709 от 26.07.2017 г.) [1] и могут реализовываться в образовательных учреждениях, однако обновленный образовательный стандарт по своей структуре достаточно свободно представлен, а конкретизация направления подготовки перенесена во второй обязательный документ – Примерную основную образовательную программу.

Примерная основная образовательная программа содержит 7 разделов: общие положения, характеристика профессиональной деятельности выпускников, общая характеристика образовательных программ, реализуемых в рамках направления подготовки, планируемые результаты освоения образовательных программ, примерная структура и содержание ОПОП, примерные условия осуществления образовательной деятельности по ОПОП, список разработчиков ПООП и два приложения.

Особое внимание следует уделить четвертому и пятому разделу. Четвертый раздел – планируемые результаты освоения образовательных программ представляет собой перечень компетенций, которые разделены на три группы. Универсальные компетенции утверждены Министерством образования и науки РФ для всех укрупненных групп, и одинаковые для каждого из уровней образования, их представлено для бакалавров – 8, а для магистров – 6, каждая универсальная компетенция имеет несколько индикаторов ее достижения,

Следующий блок компетенций – общепрофессиональные, они сформированы для укрупненной группы специальностей и направлений «Сельское, лесное и рыбное хозяйство», каждая из компетенций имеет по одному индикатору достижений. Совокупность профессиональных компетенций, которые прописываются уже под конкретное направление подготовки, прописывается уже в примерной основной образовательной программе. Направление подготовки «Агроинженерия» уровня бакалавриат представлена двумя ПООП – «Эксплуатация и ремонт машин и оборудования» и «Электрооборудование и электротехнологии», следовательно, профиль по энергетике сельского хозяйства выделен в отдельную образовательную программу и имеет профессиональные компетенции отличные от профилей, связанных с механизацией сельского хозяйства. В итоге разработаны три обязательных профессиональных компетенции, которые образовательная организация обязана реализовывать в процессе обучения и 11 рекомендуемых, среди которых вуз вправе определить самостоятельно необходимые для их программы.

Структура и объем программы регламентированы образовательным стандартом, для направления подготовки «Агроинженерия» жестко закреплены 225 зачетных единиц, 15 з.е. являются частью, формируемой образовательной организацией самостоятельно.

Одним из самых важных компонентов примерной основной образовательной программы выступает примерный учебный план, в ПООП он представлен как рекомендация. Обязательная часть по профилю «Электрооборудование и электротехнологии» составляет 168 з.е. Часть, формируемая участниками образовательных отношений представлена междисциплинарными модулями по выбору (15 з.е.) и блоком «Практики» (не менее 36 з.е.). Междисциплинарные профессиональные модули содержат в себе комплекс дисциплин, которые направлены на формирование конкретной специализации, данный компонент разрабатывается вузом. Объем итоговой государственной аттестации – не менее 6 з.е., может быть увеличен за счет части, формируемой образовательной организацией самостоятельно.

В примерной основной образовательной программе представлены краткие аннотации дисциплин, которые также являются рекомендательными.

Примерная основная образовательная программа вносится в государственный Реестр.

Библиографический список

1. Сборник федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по специальностям и направлениям подготовки бакалавров и магистров укрупненной группы специальностей и направлений подготовки 35.00.00 Сельское, лесное и рыбное хозяйство, 36.00.00 Ветеринария и зоотехния: Справочное пособие / Составители: В.Е. Бердышев, Н.В. Скороходова, Е.А. Савенкова, С.И. Чебаненко, Я.С. Чистова. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2018. 504 с.

УДК 631.227:628.9

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ПТИЦЕВОДСТВА

***Овсянникова Елена Александровна**, старший преподаватель кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, elen_ovs@mail.ru*

***Загинайлов Владимир Ильич**, доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А.Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, energo-viz@mail.ru*

***Аннотация.** Проведена оценка влияния параметров освещенности, светового режима и спектра освещения на продуктивность птицы (яйценоскость кур-несушек, прирост молодняка и бройлеров, сохранность поголовья птицы) и комплексный параметр энергоэффективности производства продукции птицеводства – её энергоемкость. Показано, что при использование светодиодных ламп повышается как продуктивность продукции птицеводства, так и её энергоэффективность.*

***Ключевые слова:** режим освещения, освещенность, спектр освещения, светодиодные лампы, птица, продуктивность, энергоэффективность энергоемкость производства продукции птицеводства.*

***Abstract.** The influence of light parameters, light regime and light spectrum on the productivity of poultry (egg laying hens, growth of young animals and broilers, the safety of poultry population) and a comprehensive parameter of energy efficiency of poultry production were evaluated. It is shown that the use of led lamps increases both the productivity of poultry products and its energy efficiency.*

***Keywords**: lighting mode, the lighting, the range lighting, led lamp, poultry, productivity, energy efficiency the energy intensity of production of poultry products.*

Промышленное птицеводство – отрасль, позволяющая в короткие сроки увеличить производство продуктов питания и повысить уровень продовольственной безопасности страны. Выращивание птицы осуществляется для получения яиц и мяса, одних из основных продуктов питания человека. Продуктивность производства птицы во многом зависит не только от генетики и видов птицы (кур, уток, гусей, индеек, куропаток и др.), их плодовитости и жизнеспособности, но и от условий внешней среды и условий их содержания.

Свойства любого из 2,5 млн. видов живых организмов, обитающих на Земле, индивидуальны [1], но все они сформированы в ходе эволюционного развития биологических объектов под действием параметров внешней (окружающей) среды [2]. Так как птица является биологическим объектом, то на её жизнедеятельность и соответственно на её продуктивность оказывают влияние все факторы окружающей среды.

К факторам, определяющим жизнедеятельность и продуктивность птицы

относятся: элементы питания, т.е. корм и его состав; влагообеспечение, т.е. поение птицы и качество питьевой воды, влагосодержание воздуха; воздухообеспечение, т.е. кратность воздухообмена и скорость воздуха в помещении; теплообоспечение, т.е. поддержание заданной температуры воздуха в помещении; светообеспечение, т.е. световой режим, освещенность и спектр освещения; санитария, т.е. защита биологических объектов от вредных биотических и абиотических воздействий: вирусов, микробов, насекомых, инфекций, болезней, простуды и других болезнетворных факторов [3]. Так как факторы внешней среды весьма изменчивы, то их параметры необходимо искусственно поддерживать в заданных пределах для создания оптимальных условий жизнедеятельности и получения максимальной продуктивности и качества производимой продукции птицеводства.

Оценке влияния вышеуказанных параметров на продуктивность птицы посвящены многочисленные исследования, монографии, справочники и статьи [4-6]. Производство птицы яичного направления определяется такими параметрами продуктивности, как яйценоскость кур-несушек, цикл (период) яйценоскости, плодовитость птицы, быстрота оперяемости, масса (размер) и качество получаемого яйца. Мясную продуктивность оценивают по увеличению массы птицы в отдельные возрастные периоды по отношению к массе в суточном возрасте, мясной скороспелости, экстерьеру и развитию грудной мышцы, живой массой перед убоем и качеству получаемого мяса, а также сохранностью поголовья и расходом корма за период выращивания птицы. Увеличение массы птицы может характеризоваться следующими терминами: энергией роста, интенсивностью роста, скоростью роста, абсолютным и относительным приростом молодняка.

При совместном производстве мяса и яиц, рассматривая в качестве основных откликов параметры продуктивности: для молодняка птицы – сохранность поголовья; при производстве мяса – приростом молодняка; при производстве яиц – яйценоскость кур-несушек, определим комплексный параметр энергоэффективности производства продукции птицеводства – её энергоемкость [7], т.е. величину энергозатрат на производство мяса и яиц, отнесенное к их количеству в денежном эквиваленте (рисунок 1).

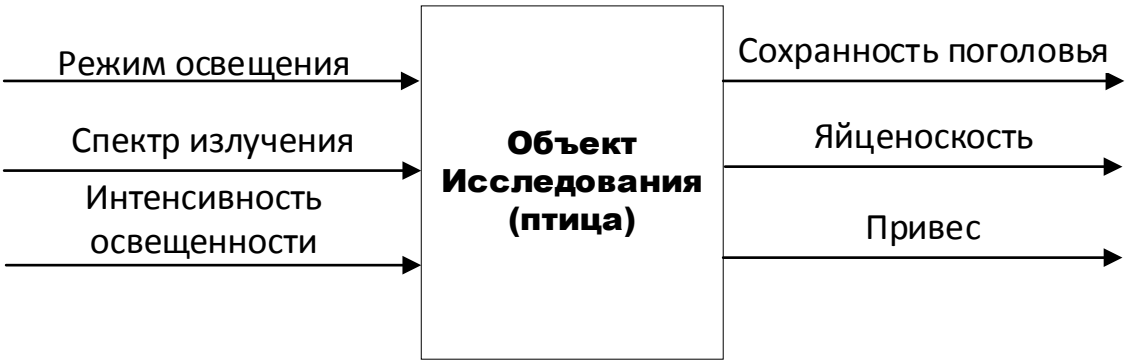


Рис. 1. **Факторы влияющие на жизнедеятельность птицы и её продуктивность**

Снижение величины энергоемкости производства продукции птицеводства является одним из действенных методов увеличения энергоэффективности производства сельскохозяйственной продукции. Для снижения энергоемкости производства мяса и яиц птицы необходимо снижать удельные энергозатраты на технологические операции: кормление и поение птицы, отопление, вентиляцию и освещение помещений, защиту птицы от болезнетворных факторов, при увеличении количества и качества производимой продукции птицеводства и при использовании инновационных высоко энергоэффективных машин и оборудования, выполняющих технологические операции при производстве продукции птицеводства [8].

Освещение помещений для содержания птицы и поддержания светового режима является одной из энергозатратных операций современных технологий птицеводства, влияющих не только на продуктивность, но и на многие её определяющие факторы. Свет (видимое излучение) оказывает тепловое, химическое и электрическое действие на организм птицы. При этом световые лучи поглощаются различными тканями организма, их энергия превращается в тепловую, электрическую и химическую, а электромагнитные волны, воздействуя на поверхность тела, производят механическое воздействие, называемое радиационным или давлением излучения. Свет является сильным внешним раздражителем, даже воздействуя на птицу через органы зрения, он оказывает физическое, а также и физиологическое действие на организм [9].

Суточный ритм активности животных и птицы, большинство их физиологических процессов тесно связаны рефлекторным путем с естественным режимом освещения днем и ночью. Многие биологические процессы в организме животного и птицы (наступление линьки, половое созревание и т.д.) – результат его приспособления к условиям внешней среды, в том числе и к видимому свету. Под влиянием видимого света у животных и птицы увеличиваются содержание гемоглобина и количество эритроцитов в крови, повышается активность окислительных ферментов [6]. Оптимальный световой режим способствует ускорению роста молодняка птицы, повышению яйценоскости кур, тем самым усиливается выделение фолликулостимулирующего гормона, который ускоряет рост яичников и образование желтка [1].

Выращивать яичную птицу рекомендуется при освещенности 50-40 лк, а во время продуктивности интенсивность света снижать до 1-5 лк. Такие уровни освещенности успокаивают птиц и уменьшают их активность, снижают агрессивность и расклев птицы, что приводит к повышению приростов, а также к улучшению ее жизнеспособности и сохранность. Интенсивность освещения влияет на усвояемость кормов бройлерами и их прирост. Из-за неравномерности освещения в многоярусных батареях яйценоскость кур-несушек, располагающихся на нижних ярусах ниже на 2 %, по сравнению с птицей на верхних ярусах [9].

Изменяя освещенность в птичнике можно помочь суточным цыплятам найти корм и воду; проводить манипуляции с птицей (отлов, вакцинацию,

обрезку крыла и прочее) без стресса; позволяет спровоцировать ежегодную линьку, сократить ее сроки. При содержании взрослых кур-несушек рациональной является освещенность равная 10 лк, а родительского стада – 15 лк. При более высокой освещенности половая активность петухов заметно снижается [9, 10]. Также следует отметить, что рост и поведение птицы, а также репродуктивные функции зависят от спектра освещения [10].

Проведенный анализ показывает, что все основные параметры освещения: световой режим, освещенность и спектр освещения оказывают влияние на продуктивность птицы: увеличивается яйценоскость кур, повышаются прирост и сохранность птицы. Все вышеуказанное способствует повышению энергоэффективности и снижению энергоемкости производства продукции птицеводства: мяса и яиц птицы (рисунок 1).

Достичь еще большей энергоэффективности производства продукции птицеводства можно при использовании современных светодиодных ламп освещения вместо энергосберегающих люминесцентных и ламп накаливания и превосходящих их по потреблению электроэнергии и энергоэффективности в два и более раза.

Кроме низкого потребления электроэнергии светодиодные лампы обладают рядом преимуществ перед другими источниками освещения: они имеют более длительный срок службы (свыше 50000 часов), что в десятки раз больше, чем у ламп накаливанияи и в разы больше, чем у люминесцентных энергосберегающих ламп; к достоинствам светодиодных ламп, относится и так называемая их «климатическая независимость», они безотказно работают при в широком диапазоне температур: от –60ºС до +50ºС; благодаря поликарбонатному стеклу, используемому для защиты светодиодных ламп они обладают высокой ударной устойчивостью и выдерживают значительные механические нагрузки, что нельзя сказать о лампах накаливания; они устойчивы к загрязнениям; просты в обслуживании.

Светодиодные лампы относятся к экологически чистым осветительным приборам, так как не содержат ртутьсодержащих компонентов, которые присутствуют в люминесцентных источниках освещения, т.е. они экологически безопасны при эксплуатации и их не надо утилизировать по особой технологии.

К недостаткам светодиодных систем следует отнести их высокую стоимость, однако учитывая низкое энергопотребление светодиодных светильников и их длительный срок службы, они достаточно быстро окупаются и благодаря своим достоинствам находят все более широкое применение в технологических процессах сельскохозяйственного производства.

В птицеводстве, благодаря светодиодным светильникам создаются более комфортные условия обитания птицы: обеспечивается необходимый световой режим при плавном регулировании освещенности в широких пределах и выборе наиболее благоприятного спектра излучения для видового, полового и возрастного состава птицы, как для молодняка птицы, так и для родительского стада, кур-несушек и бройлеров.

С помощью светодиодных светильников создается равномерное освещение не только в помещениях для содержания птицы, но и, в многоярусных батареях.

Благодаря малой тепловой отдаче и установке светодиодных светильников непосредственно внутри клеток достигается равномерное освещение во всех зонах и ярусах многоярусных батарей и тем самым создаются комфортные условия жизнедеятельности птиц во всех клетках батарей.

Птица, выращиваемая под светодиодными лампами, становится более жизнеспособной, что отражается на показателях сохранности, которая увеличивается на 2,8−4,6%. Кроме того, повышается яйценоскость (9,8−16% относятся к начальному поголовью, а 9,1−12% − к среднему) и уменьшаются затраты на корм (на произведенные птицей 10 яиц экономия корма составляет 8,6−11,7%) [10].

Библиографический список

1. Захаров В.Б. Биология: Общие закономерности. – Москва: Школа-Пресс, 1996. 624 с.

2. Волькенштейн, М. В. Биофизика: учебное руководство. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука. 1998. 592 с.

3. Загинайлов В.И. Электрофизические методы и средства контроля и управления сельскохозяйственными технологиями. Автореферат дисс.на соиск.уч. ст. д.т.н. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. 39 с.

4. Кочиш И.И., Петраш М.Г., Смирнов С.Б. Птицеводство. – М.: Колос. 2003. 407 с.

5. Агеев В.Н., Асриян М.А., Воробьев С.А. Индустриальная технология производства яиц. М.: Россельхозиздат. 1984. 115 с.

6. Кузнецов А. Ф. Гигиена содержания животных. Справочник. М.: Россельхозиздат. 2003. С. 31-37.

7. ГОСТ Р 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. Дата введения 2000 – 07 – 01.

8. Загинайлов В.И., Ещин А.В., Стушкина Н.А. Снижение энергоемкости производства продукции // Сельский механизатор. 2016. № 2. С. 27-28.

9. Фисинин В. И., Кавтарашвили А. Ш., Новоторов Е. Н. и др. Революционный этап в освещении птицеводческих помещений. / РосВетИнформ. 2011. № 5. С. 23-25.

10. Кавтарашвили А.Ш. Влияние света на физиологию и продуктивность кур // Сучасне птахівництво. 2007. № 3-4 (52-53). С. 14-26.

УДК 621.311

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ МОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

***Ляпин Виктор Григорьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники им. академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Lei130@ngs.ru*

***Громов Никита Александрович**, инженер кафедры электроснабжения и электротехники им. академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,bol-den@yandex.ru*

***Аннотация.** В статье проанализировано состояние работ по проблеме обеспечения электромагнитной совместимости мобильной электротехнологической техники. Указано на необходимость совершенствования системы обеспечения электромагнитной стойкости техники к воздействию электромагнитных факторов и рассмотрены направления этого совершенствования.*

***Ключевые слова:** электромагнитные факторы, совместимость.*

***Abstract.** Article analyzed the status of work on the problem of ensuring of electromagnetic compatibility of mobile equipment. Pointed to the need to improve the system for assuring electromagnetic resistance technology to electromagnetic factors and considered the direction of this improvement.*

***Keywords:** electromagnetic compatibility factors.*

Электромагнитная совместимость (ЭМС) и связанные с ней проблемы проникновения и управления электромагнитного поля (ЭМП), являются одними из актуальных задач электрофизики, биофизики, электротехнологии, мобильной техники и др. областей науки и техники [1-8]. Интерес к ним возник давно, а сегодня стимулируется потребностями и перспективами различных практических приложений: электросвязи, геофизики, биологии, медицины, электротехнологии, электромагнитного экранирования и т.д. Рассмотрим перспективы в этом направлении мобильной электротехнологической техники (МЭТ), повреждающей растительные объекты (РО) [1-3] (рисунок 1).

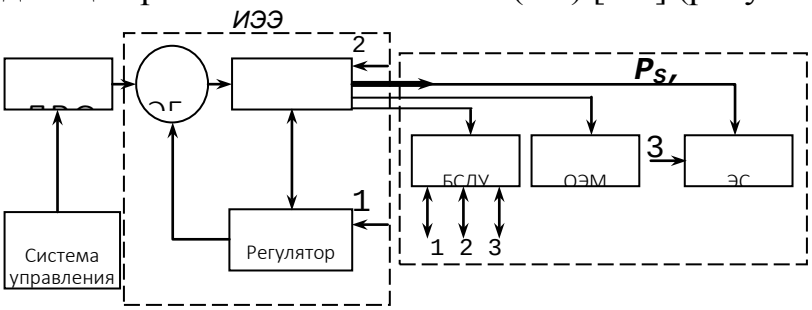


Рис. 1. **Структурная схема МЭТ:**

ДВС - двигатель внутреннего сгорания; ИЭЭ - источник электрической энергии; ЭГ - электрический генератор; ЭП - электропреобразователь; БСДУ - бортовая система диагностики и управления; ОЭМ - отбор электрической мощности; ЭС - электродная система

Предмет исследования – изменения ЭМП вблизи и внутри структур «воздух-биологические объекты-почва», возбуждаемых электродами МЭТ, характеризующие процесс прохождения тока и напряжения, их затухание по мере распространения и вынос потенциала φ в этих зонах, действие на биологические объекты и т.д. Для решения такого рода практических проблем важным является наличие теоретических моделей расчета ЭМП, основанных на математических методах решения соответствующих электродинамических задач. Установлено [1-3], что работа МЭТ сопровождается разрядами статического электричества, коммутациями токов в индуктивных цепях, переходными процессами в цепях высокого напряжения, короной на электродах, искровыми пробоями в электродной системе, воспламенением изоляции. Электротехнологический процесс (ЭТП) повреждения РО обеспечивается тем, что почва, растения и другие биологические объекты попадают в ЭМП, поэтому опасными факторами являются электрический ток, напряжение, эффекты ЭМП и др. Важной составляющей модели ЭМП является описание распределения φ или плотности тока j в объеме исследуемой среды (воздушной, почвенной, биологической и др.). В этих расчетах используются упрощающие допущения, т.к. необходимость учета изменений распределения φ и, соответственно, значения j по ряду параметров делает задачу расчета ЭМП электродов громоздкой. В практическом приложении МЭТ для электрического повреждения РО [1] предназначена для того, чтобы при определенных условиях эксплуатации в течение срока ее использования реализовать функцию, к примеру, защиты растений от сорняков. Пригодность к определенным условиям эксплуатации должна подтверждаться в паспортных данных МЭТ или отдельного ее блока с указанием вида защиты и допустимых пределов изменения энергетических параметров (напряжения, частоты, наличия высших гармоник). Для электротехнических и электронных блоков МЭТ в паспортные данные должна добавляться степень защищенности от воздействий внешнего ЭМП. Эта характеристика показывает возможность использования электротехнического и электронного оборудования в условиях влияния технологических ЭМП МЭТ. Чтобы воздействие МЭТ на окружающую среду не превышало допустимого уровня, не оказывало вредного влияния на обслуживающий персонал, не вызывало иных нежелательных последствий, этот класс электротехнологических машин и аппаратов должен удовлетворять ряду требований по виду и классу защиты, безопасности работы, пожаробезопасности и требованиям техники безопасности, содержащимся в рекомендациях, инструкциях, нормах.

Развитие электротехнологической, как и инфокоммуникационной, энергетической, транспортно-технологической, и др. техники идет по направлению расширенного применения электронных средств, построения комплексов по принципу «система в системе», «система в корпусе» и «система на кристалле», применения робототехники и мехатроники, замены механических и гидравлических систем электромеханическими [1, 4-8]. Инфокоммуникационные технологии широко используются в приложениях, связанных с функциональностью и безопасностью мобильной техники, но

ошибки в работе и сбои электротехнического и электронного оборудования в результате нарушений требований ЭМС могут вести к опасным ситуациям и риску нанесения вреда здоровью людей, оборудованию и окружающей среде. К примеру, электронные системы МЭТ [1] позволяют с одной стороны снизить энергопотребление отдельных блоков и устройств машины, уменьшить уровни полезных сигналов и технологического напряжения, повысить быстродействие при электронной обработке РО и передаче информации, а с другой - обладают относительно низкой помехозащищенностью. Кроме того, повышение энерговооруженности мобильной техники приводит к увеличению уровня помех технических систем и устройств и к появлению новых их видов. Этот фактор становится актуальным, т.к. наличие широкого спектра электротехнических и электронных средств усложняет электромагнитную обстановку, в которой приходится функционировать электротехническим и электронным системам, увеличивает вероятность деструктивных воздействий на РО, среду передачи и обработки информации, что может привести к нарушениям функциональности и безопасности МЭТ.

Структура МЭТ динамично совершенствуется в соответствии с технологиями и техническими достижениями в областях электротехнологий и инфокоммуникаций. Развитие инфокоммуникационных технологий в различных областях техники определяют новые перспективы в совершенствовании систем функционирования и безопасности МЭТ – построение нового поколения МЭТ и мобильных электротехнических комплексов мониторинга (МЭКМ). Эти комплексы, также как и МЭТ создаются на специально оборудованных транспортных средствах, способных быстро перемещаться, иметь короткий интервал времени на приведение из транспортного состояния в штатное рабочее и обратно, устойчиво работать, поддерживать передачу информации на ходу. Основным достоинством новых МЭТ и МЭКМ является обеспечение ЭТП, контроля и оценивания ситуации на рабочем месте, а возможность удаленной интеграции в комплексную систему функционирования и безопасности ЭТП с использованием инфокоммуникационных технологий делает их наличие необходимым в разных приложения, преимущественно в агропромышленной сфере. МЭКМ - это автономный многофункциональный комплекс, позволяющий в круглосуточном режиме получать, обрабатывать, хранить и передавать информацию с ГЛОНАСС/GPS привязкой от установленных на нем систем. Основные функции МЭКМ: сбор и обработка поступающей информации от источников (интеллектуальные видеокамеры, радиолокатор наблюдения, сенсоры, метеодатчики, датчики ЭМП и др. измерительные датчики); запись и обработка поступающей информации с возможностью архивирования; передача информации в ЦУН; охрана МЭТ с передачей сообщений в ЦУН; контроль технического состояния МЭТ и ее оборудования с передачей информации в ЦУН.

Мобильные специализированные лаборатории различных отраслей техники в основе своего построения реализуют сетевые инфокоммуникационные технологии и содержат оборудование, соответствую-

щее своему функциональному предназначению. В основе построения МЭКМ лежит реализация подобного модульного принципа, а выбор того или иного модуля зависит от условий эксплуатации и решаемых задач. Поэтому, основными модулями МЭКМ являются: транспортная база (для МЭТ – колесная платформа); телескопическая мачта; модуль панорамного видеонаблюдения и регистрации; тепловизионный модуль; модуль контроля состояния окружающей среды; телекоммуникационный модуль; модуль панорамного освещения; охранный модуль, в т.ч. со звуковым оповещением; энергетическая система с генератором и аккумулятором.

Опыт построения мобильной техники [1, 4-8] показывает, что МЭТ – это мобильный автономный электротехнологический и инфокоммуникационный комплекс, позволяющий осуществлять сбор, обработку и передачу информации о машине, ее оборудовании и РО на основе инфокоммуникационных систем, прогнозировать и управлять развитием ситуаций технологического характера и обеспечивать ЭТП обработки РО. Сферы применения (территории, земли, зоны, участки) МЭТ: агропромышленный и топливно-энергетический комплексы; прибрежные территории; транспорт и связь; распределенные промышленные комплексы; региональные и территориальные образования и др. МЭТ обеспечивает: получение и анализ информации о машине, ее оборудовании и РО; управление ЭТП; проведение электромагнитного контроля; передачу информации через каналы связи. Инновационные особенности МЭТ: многофункциональность; расширенная автономность функционирования в различных природных и техногенных условиях; резервирование технологических и инфокоммуникационных систем; сетевая структура. Функциональные возможности МЭТ: транспортная база (трактора, автомобили, катера, железнодорожный подвижной состав или другие подобного класса мобильные средства с опциональной возможностью защищенного исполнения); связь с центром управления и навигации (ЦУН) обеспечивается посредством спутниковых каналов связи; адаптация к климатическим условиям эксплуатации; комфортные условия для длительной работы оператора и технического персонала непосредственно на месте проведения работ; опциональное оснащение МЭТ комплексом дистанционного мониторинга в составе беспилотного летательного аппарата.

Функционирование МЭТ и любой сложной мобильной техники [1-8] сопровождается генерацией многих физических полей, в т.ч. и ЭМП, в верхней (воздушной) и нижней (почвенной или водной) средах. Каждая МЭТ имеет свой, характерный только для нее, портрет ЭМП. При эксплуатации такой техники необходим учёт взаимосвязей между биологической сущностью РО, методическими приёмами применения электротехнических и электронных приборов, аппаратов и систем и особенностями их технической реализации. Постоянный мониторинг ЭМП позволит контролировать общее состояние работоспособности машины, ее оборудования и РО. Особое место среди физических полей МЭТ занимают первичные ЭМП, создаваемые блочными источниками (к примеру, в МЭТ – электродными системами), их производные, образующиеся вследствие переизлучения, источники дуго- и искрообразования

и непосредственно влияющие на качество обеспечения ЭМС электротехнических и электронных средств МЭТ и электромагнитную безопасность в отношении биологических объектов и технических систем и устройств.

На этом фоне наблюдается ужесточение требований ЭМС, которые находят свое выражение в развитии испытаний на ЭМС. К ним относятся: появление новых видов испытательных воздействий с более высокими скоростями нарастания напряжения и длительностями воздействующих импульсов, соразмерных с длительностями информационных сигналов; увеличение частоты испытательных воздействий и рабочих токов технических средств на которых нормируется их помехоэмиссия; применение приборной техники, предназначенной для определения параметров интегрального или парциального ЭМП, создаваемого электротехническими и электронными средствами МЭТ, в локальных областях и точках пространства (к параметрам интегрального ЭМП относятся энергетические, частотные, фазовые, временные и поляризационные параметры); прогноз и предупреждение возникновений неисправностей в МЭТ и ее оборудовании, включая обнаружение, локализацию и идентификацию источников помех в блоках для обеспечения превентивных мер. Следует отметить, что регистрация электроэнергетических величин в контрольных точках в режиме реального времени дает исходные данные для дальнейшего построения алгоритмов идентификации блоков МЭТ, режимов и электротехнологических циклов работы, как электродов, так и электротехнической системы МЭТ на основе анализ взаимосвязи технического состояния блоков с параметрами генерируемых им токов и напряжений. Анализ состояния экспериментально-испытательной базы [4-8], которую можно использовать в целях обеспечения ЭМС МЭТ и ее оборудования показывает: современная база обладает достаточным набором комплексов и установок для воспроизведения всех видов электромагнитных воздействий на образцы МЭТ, за исключением комплекса для воспроизведения полномасштабного (на весь образец МЭТ) воздействия перспективных источников ЭМП; измерительная аппаратура позволяет с необходимой точностью регистрировать параметры электромагнитного воздействия МЭТ и МЭКМ, а также реакцию РО и аппаратуры испытываемых образцов.

Анализ состояния работ в указанной области [1-8] с учетом усложнения МЭТ (включение в их состав средств навигации и связи, переход на новые диапазоны технологического напряжения и др.) свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования системы обеспечения ЭМС. Этот процесс должен осуществляться по направлениям: развитие расчетных методов и методов численного моделирования; совершенствование нормативно-методической документации и методов испытаний электротехнических и электронных блоков и аппаратуры на ЭМС; модернизация и развитие электромагнитной экспериментально-испытательной базы.

Библиографический список

1. Ляпин В.Г. Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью // Новосиб. гос. аграр. ун-т. – 2-е изд. перераб. и доп. – Новосибирск. 2012. 366 с.

2. Ляпин В.Г. Обеспечение электромагнитной совместимости в мобильных электротехнологических машинах // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Тр. 4-й Междунар. научн-техн. конф. (12-13 мая 2004г., Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 4ч. Ч.2: Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике. - М.: ГНУ ВИЭСХ. 2004. С.342-346.

3. Ляпин В.Г. К методологии электробезопасности мобильных электротехнологических машин // Экология и сельскохозяйственная техника. Т.3. Экологические аспекты производства продукции животноводства и электротехнологий: Материалы 5-ой международной научно-практической конференции. - СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. 2007. С. 322-328.

4. Николаев П.А., Кечиев Л.Н. Электромагнитная совместимость автотранспортных средств // Под ред. Л.Н. Кечиева. - М.: Грифон. 2015. 424 с.

5. Жгун, Т.В. Электромагнитная совместимость высоковольтной техники: учебное пособие/Д.В. Жгун. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2008. 150 с.

6. Федоренко В.Ф., Трубицын Н.В. Современные информационные технологии при испытаниях сельскохозяйственной техники: науч. аналит. Обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2015. 140 с.

7. Заболоцкий А.М., Газизов Т.Р., Калимулин И.Ф. Новые решения для обеспечения электромагнитной совместимости бортовой радиоэлектронной аппаратуры космического аппарата: монография. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники. 2016. 288 с.

8. Тухас В.А. Разработка нового испытательного оборудования и средств измерений в области электромагнитной совместимости в свете тенденций развития международной и отечественной нормативной базы//Технологии, измерения и испытания в области электромагнитной совместимости. Труды II Всероссийской НТК «Техно-ЭМС 2015», Москва 1−2 апреля 2015г./Под ред. А.С. Кривова, Л.Н. Кечиева − М.: Грифон. 2015. С. 10-12.

СОДЕРЖАНИЕ

ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Федоренко В.Ф. ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 3
Зайцева Н.Л. ВКЛАД В.П.ГОРЯЧКИНА В РАЗВИТИЕ АГРОИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ 8
Чиненова В.Н. ВАСИЛИЙ ПРОХОРОВИЧ ГОРЯЧКИН И МОСКОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ 13
Беляев В.И., Алдошин Н.В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....18
Алдошин Н.В. ПЛАНИРОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР 23
Лискин И.В., Миронов Д.А., Панов А.И. ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА СОСТАВНЫХ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ 27
Пляка В.И. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА 32
Абдужаббаров Х.М., Жогин И.М., Камалов М.М., Макаров А.А. ЗАВИСИМОСТЬ ФРАКТАЛЬНЫХ ПАРАМЕРОВ ОБРАБАТЫВАЕМОГО ГРУНТА ОТ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ НА РАБОЧЕМ ОРГАНЕ ОБЪЕМНОГО РЫХЛИТЕЛЯ 34
Палкин Н.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАНИЙ СТОЕК ОБЪЕМНОГО РАЗУПЛОТНИТЕЛЬНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА 39
Степанов К.А., Крюков М.Л., Иванов М.В. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА III И IV ЭТАПАХ СЕЛЕКЦИИ И ПЕРВИЧНОГО СЕМЕНОВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТЕЙНЕРНОЙ ТАРЫ 44
Смелик В.А., Новиков М.А., Ерошенко Л.И., Перекопский А.Н. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПУНКТАХ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ.....48
Смелик В.А., Теплинская О.Н. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ МОБИЛЬНЫХ МАШИН ХИМИЗАЦИИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АГРОЭКОСИСТЕМУ 53
Калинин А.Б., Теплинский И.З., Шпиганович В.И. УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕСОМ РАЗУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ 57
Лылин Н.А. СНИЖЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕШЕТ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ КОМБАЙНА 63
Гаспарян И.Н., Левшин А.Г., Бутузов А.Е. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАННЕЙ ПРОДУКЦИИ КАРТОФЕЛЯ 68
Бицоев Б.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДЕКАПИТАЦИИ КАРТОФЕЛЯ 73

Мосяков М.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА УБОРКИ БЕЛОГО ЛЮПИНА МЕТОДОМ ОЧЕСА НА КОРНЮ 78
Подрубалов М.В., Никитенко А.Н. К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭТАЛОННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ ПУТИ МОБИЛЬНЫХ МАШИН 82
Московский М.Н., Лавров А.В., Литвинов М.А. АКТУАЛЬНОСТЬ И ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСЕВА СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА 87
Дорохов А.С., Сибирёв А.В. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ПЕРВИЧНОЙ СЕПАРАЦИИ МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ КОРНЕПЛОДОВ И ЛУКА 91
Щиголев С.В., Ломакин С.Г. К ВОПРОСУ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН 96
Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х. УНИВЕРСАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА 101
Каратаева О.Г. ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА В ХМЕЛЕВОДСТВЕ 105
Kumhála F., Shapoval V. БЮДЖЕТНЫЙ ИНФРАКРАСНЫЙ ДАТЧИК ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ЖИВОТНЫХ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ КОСИЛОЧНЫХ АГРЕГАТОВ 109
Mašek J., Shapoval V. ВЛИЯНИЕ ТИПА МОЛОТИЛЬНОГО АППАРАТА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ПОВРЕЖДЕНИЕ ЗЕРНА 112
Жалнин Э.В. ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ «УБОРКА УРОЖАЯ» 117
Леонтьев Ю.П., Цветков И.В., Макаров А.А. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУБОКОГО РЫХЛЕНИЯ ГРУНТОВ БОЛЬШОЙ ПЛОТНОСТИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ОБЪЕМНОГО ТИПА 121
Ревин Ю.Г. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАБОТЫ ДРЕНАЖНОЙ МАШИНЫ.....126
Шрейдер Ю.М., Горбачев И.В. ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА СТЕБЛЕЙ ХЛЕБНОЙ МАССЫ В МОЛОТИЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МСУ.....133
Христофоров Е.Н. КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В АПК 137
Сакович Н.Е. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В АПК И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ 142
Фирсов А.С., Голубев В.В. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБИНИРОВАННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОСЕВА МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР 147
Никифоров М.В., Голубев В.В., Горбачёв И.В. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫРАВНИВАТЕЛЯ ПОЧВЫ 151
Кудрявцев А.В., Фирсов А.С., Никифоров М.В. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВОГО ОПЫТА КОМБИНИРОВАННОЙ МАШИНЫ 156
Подзоров А.В., Алехин Д.А. СЕЛЕКЦИОННЫЙ ТРИММЕР.....161
Широков Ю.А. АНАЛИЗ ОЖИДАЕМЫХ ПРОБЛЕМ С ОХРАНОЙ ТРУДА МЕХАНИЗАТОРОВ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА СОВРЕМЕННУЮ ТЕХНИКУ 166

Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. ОСОБЕННОСТИ ОХРАНЫ ТРУДА МЕХАНИЗАТОРОВ ПРИ СОВРЕМЕННОМ ВЕДЕНИИ ПОЛЕВЫХ РАБОТ 170
Хорт Д.О., Терешин А.Н. РОБОТЫ, КАК СРЕДСТВО МЕХАНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО СБОРУ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ 174
Шафоростов В.А., Креков С.А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕПОДВИЖНОСТИ ЯБЛОК В КОНТЕЙНЕРАХ ПУТЁМ МОДЕРНИЗАЦИИ ИХ КОНСТРУКЦИИ.....177
Ли А. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КЛЕВЕРОТЕРКИ 182
Шарипов К.А., Ли А. СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ УБОРОЧНЫХ АППАРАТОВ 187
Борычев С.Н., Колошеин Д.В. ХРАНИЛИЩЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....191
Симдянкин А.А., Успенский И.А., Волченкова В.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ 194
Мартынова Н.Б., Корнеев А.Ю. УКЛАДЧИК КАПЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ НА БАЗЕ ГРЕБНЕОБРАЗОВАТЕЛЯ GRIMME GF75/4 200
Панова Т.В., Панов М.В. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ.....203
Степанов К.А., Крюков М.Л., Иванов М.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА III И IV ЭТАПАХ СЕЛЕКЦИИ И ПЕРВИЧНОГО СЕМЕНОВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТЕЙНЕРНОЙ ТАРЫ 207
Семичев С.В., Смирнов И.Г. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ОБЪЕКТА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОРУДИЯ В АГРЕГАТЕ 211
Димитров Д.М., Сабиров И.Х. ЛОКАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ.....215
Славкин В.И., Махмутов М.М., Хисматуллина Ю.Р. О СНИЖЕНИИ ЭРОЗИИ ПОЧВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ ПРОТИВОСКОЛЬЖЕНИЯ НА ТРАКТОРАХ С КОЛЕСНЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ 219
Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Манохина А.А., Воронов Н.В. ПРИЁМЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ....222
Старовойтова О.А., Манохина А.А., Старовойтов В.И., Чайка В.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЕЛАТНЫХ УДОБРЕНИЙ В КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ.227
Цветков И.В., Жогин И.М., Романенкова М.С., Балабанов И.В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ 231

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И СЕРВИС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Юнусбаев Н.М. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН 236
Габитов И.И., Неговора А.В. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ АВТОТРАКТОРНОЙ И КОМБАЙНОВОЙ ТЕХНИКИ 241
Инсафуддинов С.З., Фархутдинов Т.Т. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И РЕГУЛИРОВКА ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ВПРЫСКЕ ТОПЛИВА В СРЕДУ С ПРОТИВОДАВЛЕНИЕМ 245
Галлямов Ф.Н., Галиуллин Р.Р. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ ПАРАЛЕЛЛЬНОГО ВОЖДЕНИЯ 250
Сайфуллин Р.Н. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО НАРАЩИВАНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ.....254
Катаев Ю.В., Корнеев В.М. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НАГАРООБРАЗОВАНИЯ В ДВС 256
Голубев И.Г., Лялякин В.П. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ВОС-СТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....261
Голубев М.И. ЭКОЛОГИЧНОСТЬ КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ОТ КОРРОЗИИ 266
Быкова Е.В. НАНОПРЕПАРАТ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ОТ КОРРОЗИИ.....270
Дорохов А.С., Свиридов А.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ В ДЕТАЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН 273
Коннов А.Ю., Нафиков М.З., Фархшатов М.Н. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЕЙ АПК ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКОЙ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИСАДОК.....277
Апатенко А.С., Мирошки Д.П. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ ВЫБОРЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ РЕМОНТНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МАШИН В АПК 283
Романов И.В., Кудряшова Е.Ю., Решетников Е.О. МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРЯЖЕНИЙ ПРИ ФРЕТТИНГ-ИЗНОСЕ 288
Петрищев Н.А., Макаркин И.М., Саяпин А.С. СЕРВИСНОЕ ОБОРУ-ДОВАНИЕ ДЛЯ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ И ГИДРОПРИВОДА 292
Спицын И.А. ПРИРАБОТКА СОПРЯЖЕНИЙ В ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩЕЙ СМАЗОЧНОЙ СРЕДЕ.....296
Сидоров С.А., Миронов Д.А., Лискин И.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНАШИВАНИЯ ЛЕЗВИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ОРГАНА НА КРУГОВОМ СТЕНД 301
Пухов Е.В., Астанин В.К. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ АПК В РФ 305
Крюковская Н.С. АВТОМАТИЗАЦИЯ НАНЕСЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ

Крюковская Н.С. АВТОМАТИЗАЦИЯ НАНЕСЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ВАЛИКОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ 309
Юдин В.М., Ферябков А.В. ОЧИСТКА МОЮЩИХ РАСТВОРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА 312
Юнусбаев Н.М. ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН.....315
Белов М.И. КИНЕМАТИКА РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ 320
Белов М.И. КИНЕМАТИКА ФРЕЗЫ ПОЧВЕННОЙ С МАЛЬТИЙСКИМ МЕХАНИЗМОМ ПРИВОДА 323
Зубина В.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В. РЕСУРСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРНОГО ПАРКА.....328
Лавров А.В., Шевцов В.Г., Зубина В.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ 333
Улюкина Е.А. ОЧИСТКА НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ 337
Кожевникова Н.Г., Филонов Р.Ф. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ДОЕНИЯ 341
Мельников О.М. УВЕЛИЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ «ВАЛ-МАНЖЕТА» 346
Павлов А.Е., Павлова Л.А. КВАТЕРНИОННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКОЙ ЗУБЧАТОЙ ПЕРЕДАЧИ 349
Балабанов В.И. ИСПЫТАНИЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРИСАДОК К СМАЗОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ.....352
Балабанов В.И., Воротникова О.С. К ПРОБЛЕМАМ КАЧЕСТВА НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ 357
Богачёв Б.А., Чванов К.Г. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ.....360
Чванов К.Г., Богачёв Б.А. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЕЙ 365
Сливов А.Ф., Орлов А.М. ВЛИЯНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДИЗЕЛЯ 369
Орлов А.М., Сливов А.Ф. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ 372
Посунько И.А., Петровская Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВОВ СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ИХ ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА376
Петровская Е.А., Лагузин А.Б. ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НА ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПРИ ТРЕНИИ381
Петровский Д.И., Корнеев В.М. ЭТАПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА 385
Петровский Д.И. ДИЛЕРСКАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ 389

Новиков В.С. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОГО РЕСУРСА ЗАРУБЕЖНЫХ ПЛУЖНЫХ ЛЕМЕХОВ 393
Новиков В.С. ХАРАКТЕР ИЗНАШИВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА . 397
Кравченко И.Н., Глинский М.А. МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ 400

КАЧЕСТВО, СЕРТИФИКАЦИЯ И ИСПЫТАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Федоренко В.Ф., Селиванов В.Г., Глущенко Н.Н., Жигач А.Н., Богословская О.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИО-НАНОПРЕПАРАТОВ 405
Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. ПОРЯДОК ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОНТРОЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН 409
Сапожников И.И. МЕТОДИКА ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ РЫЧАЖ-НЫМ МИКРОМЕТРОМ ПРИ НАСТРОЙКЕ ПО КОНЦЕВЫМ МЕРАМ.....412
Пчелкин А.А. КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ КАК СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 415
Петухов А.Е. КАЛИБР – КОЛЬЦО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО ВАЛА КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ АВТОМОБИЛЕЙ ГАЗ 419
Леонов О.А., Алдошина М.Н. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КАРТОФЕЛЕ-УБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ 422
Куликов А.А. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ И РЕМОНТЕ МАШИН.....426
Карпузов В.В. СИСТЕМА АУДИТА КАЧЕСТВА НА РЕМОНТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ 430
Вергазова Ю.Г. РАСЧЕТА НАТЯГОВ В СОЕДИНЕНИЯХ ВАЛ – ВТУЛКА СО ШПОНКОЙ 433
Антонова У.Ю. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ «ЦИЛИНДР – ПОРШЕНЬ» ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ ДВИГАТЕЛЕЙ438
Неменущая Л.А. ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 441
Рудзик Э.С., Довлатов И.М. ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОЗОЛЬНОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОЗДУХА В ПРИСУТСТВИИ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ...444
Довлатов И.М., Рудзик Э.С. УЛУЧШЕНИЕ МИКРОКЛИМАТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ОЗОНОМ НА ПРИМЕРЕ ПТИЧНИКОВ 448
Черкасова Э.И., Голиницкий П.В. КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ 452

Кравченко В.Н., Мазаев Ю.В. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МОЛОКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ ФЕРМАХ 456
Мазаев Ю.В., Кравченко В.Н. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОЙ И ЩЕЛОЧНОЙ ВОДЫ ПОСЛЕ АКТИВАЦИИ 461
Филонов Р.Ф., Рузин С.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПРИ ДОЕНИИ КОРОВ 466

МОБИЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В АПК

Дидманидзе О.Н., Булеков Н.О., Хакимов Р.Т. ПЕРСПЕКТИВЫ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКОМ МЕТАНА.....470
Девянин С.Н., Щукина В.Н. КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПО РАСХОДУ ТОПЛИВА НА РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА 480
Коротких Ю.С. «ШИРОТНЫЙ» МЕТОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИН – КАК ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ В АПК.....485
Шульга Е.Ф. ОБУЧЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ И РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ 490
Кузьмин В.А. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ПОДРЕССОРИВАНИЯ КАБИНЫ КОЛЕСНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА 495
Перевозчикова Н.В., Грибов И.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЭС ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ 500
Кутьков Г.М., Перевозчикова Н.В. АГРЕГАТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ 503
Матвеев В.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОЛОТНА ДОРОГ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ 509
Егоров В.В. ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ КАК ПЕРВИЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ 513
Карев А.М., Алдошин Д.Н. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК 519
Федоткин Р.С., Богданов К.А., Овчаренко А.С. РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ЦЕВОЧНОМ ЗАЦЕПЛЕНИИ ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА С РЕЗИНОАРМИРОВАННОЙ ГУСЕНИЦЕЙ 523
Крючков В.А., Волков П.И. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВЕДУЩИХ КОЛЕС ЦЕВОЧНОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ С РЕЗИНОАРМИРОВАННЫМИ ГУСЕНИЦАМИ 529
Крючков В.А. О РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИВОДА СЪЕМНЫХ ГУСЕНИЧНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ.....533
Федоткин Р.С., Овчаренко А.С., Богданов К.А. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ГИДРОФИЦИРОВАННОГО АМОРТИЗАЦИОННО-НАТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА С АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГУСЕНИЧНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ...538

Слепцов О.Н., Оськин И.А. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОЦЕССА РАСПЫЛИВАНИЯ ТОПЛИВА 544
Симоненко А.Н. МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ НАГРУЗОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВО-ПРИВОДНОЙ С.-Х. МАШИНЫ.....549
Гусев В.Г., Гузалов А.С. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УБОРКИ ЧИПСОВОГО КАРТОФЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ВО ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ 553
Шаров В.В., Ценч Ю.С. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ПЕРВЫХ РОССИЙСКИХ ТРАКТОРОВ 556

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В АПК

Воробьев В.А. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ 561
Забудский Е.И. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ МАГНИТНОЙ ЦЕПИ УПРАВЛЯЕМЫХ РЕАКТОРОВ С ВРАЩАЮЩИМСЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ 567
Иванов Ю.Г., Габдуллин Г.Г., Атаманкина Л.Н., Лапкин А.Г. ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОКА С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ КОРОВ НА РОБОТИЗИРОВАННЫХ ФЕРМАХ 572
Кабдин Н.Е., Локтин Ю.Г. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТИПОРАЗМЕРА МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ, ДЛИНЫ ПИТАЮЩЕГО КАБЕЛЯ И ВЕЛИЧИНЫ ЗАЩИТНОЙ ЕМКОСТИ НА ВЕЛИЧИНУ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ (АД) 577
Ковалев А.А. ПРОДУКТЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕОСУШЕННОГО БИОГАЗА В КОНДЕНСАЦИОННЫХ КОТЛАХ.....583
Ковалев А.А. ТЕПЛО-ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ ФЕРМЫ КРС ОТ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА АБСОРБЦИОННОГО ТИПА, РАБОТАЮЩЕГО НА БИОГАЗЕ 588
Лещинская Т.Б., Суворов М.Н. РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДОМ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК 593
Осмонов О.М. ТЕПЛОВАЯ ТРУБА В СИСТЕМЕ УТИЛИЗАЦИИ БИОТЕРМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ КОМПОСТА 598
Понизовкин Д.А., Иванов Ю.Г. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЩЕТОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ КОЖНОГО ПОКРОВА КОРОВ НА ФЕРМАХ 603
Растимешин С.А., Тихомиров Д.А., Трунов С.С. ОБОГРЕВ И ОХЛАЖДЕНИЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ.....606
Хорт Д.О., Кутырёв А.И., Филиппов Р.А. АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНЫХ ИНДУКТОРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ В САДОВОДСТВЕ 609
Шеповалова О.В., Беленов А.Т., Дурнев Д.А. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ

Шеповалова О.В., Беленов А.Т., Дурнев Д.А. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА, СТУКТУРЫ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАСОСНЫХ СИСТЕМ 614
Чистова Я.С. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИМЕРНОЙ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «АГРОИНЖЕНЕРИЯ» (ПРОФИЛЬ – ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ) 619
Овсянникова Е.А., Загинайлов В.И. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ПТИЦЕВОДСТВА 621
Ляпин В.Г., Громов Н.А. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ МОБИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ.....626

Научное издание

СБОРНИК СТАТЕЙ ПО ИТОГАМ
II МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ГОРЯЧКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ», ПОСВЯЩЕННОЙ 150-ЛЕТИЮ СО ДНЯ
РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА В.П. ГОРЯЧКИНА

18 апреля 2018 г.

Подписано в печать 20.05.2019 г. Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. 40,25. Тираж 100 экз. Заказ 118.

Издательство РГАУ-МСХА
127550, Москва, Тимирязевская ул., 44
Тел.: (499) 977-00-12, 977-40-64