

ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА
ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИМЕНИ В. П. ГОРЯЧКИНА
КАФЕДРА ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ

Семинар

**ЧТЕНИЯ
АКАДЕМИКА
В. Н. БОЛТИНСКОГО**

Сборник статей

Москва
ООО «Сам Полиграфист»
2021

УДК 378.4:001:63(092)

ББК 74.48

Ч 77

Под редакцией:

Трухачева Владимира Ивановича – академика Российской академии наук, доктора сельскохозяйственных наук, доктора экономических наук, профессора, ректора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»;

Дидманидзе Отари Назировича – академика Российской академии наук, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой тракторов и автомобилей Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Ч 77 Чтения академика В. Н. Болтинского:

сборник статей / Семинар (Москва, 20-21 января 2021 года); под ред. В. И. Трухачева, О. Н. Дидманидзе. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2021. – 327 с.

ISBN 978-5-00166-305-8

В сборнике представлены результаты актуальных научных исследований ученых, докторантов, преподавателей и аспирантов по результатам проведенного постоянно действующего семинара «**Чтения академика В. Н. Болтинского**», который состоялся 20-21 января 2021 года.

Сборник предназначен для научных сотрудников и преподавателей высших учебных заведений. Может использоваться в учебном процессе, в том числе в процессе обучения аспирантов, подготовки магистров и бакалавров в целях углубленного рассмотрения соответствующих проблем.

Все статьи сборника прошли рецензирование, сохраняют авторскую редакцию, всю ответственность за содержание несут авторы.

УДК 378.4:001:63(092)

ББК 74.48

ISBN 978-5-00166-305-8

© ООО «Сам Полиграфист»,
2021

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев</i> Оценка технического состояния машины по данным ее системы управления.....	10
<i>О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев</i> Перспективные направления развития транспортной системы России.....	20
<i>Е. П. Парлюк</i> Повышение надёжности силовых установок в условиях граничного трения	27
<i>М. Н. Ерохин, Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. Ю. Карелина</i> Цифровые технологии в техническом сервисе АПК.....	34
<i>О. Н. Дидманидзе, С. М. Гайдар, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков</i> Обоснование расчёта автотракторного радиатора системы охлаждения с использованием полимерных материалов	44
<i>О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, А. С. Гузалов</i> Дополнительный наддув с электроприводом для трактора.....	51
<i>Д. В. Варнаков, С. А. Симачков, Е. П. Парлюк, Д. О. Буров</i> Разработка системы топливоподготовки биодизельного топлива при условии обеспечения его низкотемпературных и триботехнических свойств	55
<i>Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. О. Буров</i> Повышение технической готовности парка машин путем обеспечения входного контроля качества запасных частей.....	66
<i>С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, Ю. В. Мещерякова, И. Г. Голубев</i> Биодобавки из микроводорослей для смесового топлива дизелей тракторов	74
<i>П. И. Бурак, И. Г. Голубев</i> Результаты обновления парка тракторов в агропромышленном комплексе России	80
<i>Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков</i> Направления развития сельскохозяйственных тракторов	88

Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков О перспективах применения газомоторного топлива в России	95
О. Н. Дидманидзе, С. М. Гайдар, С. А. Зыков Анализ сырьевой базы РФ для производства альтернативных топлив растительного происхождения.....	102
Г. В. Никитенко, А. А. Лысаков, А. Р. Крюков Магнитная обработка картофеля для уменьшения потерь при хранении.....	110
А. В. Неговора, Р. Ж. Магафуров, Е. П. Парлюк Способ управления давлением при оценке характеристики впрыскивания.....	116
А. В. Неговора, И. Р. Ахметьянов, Д. А. Гусев Совершенствование формы баллонов высокого давления для хранения газомоторного топлива	124
Ю. Г. Алейников, С. М. Гайдар Проблемы и перспективы применения шагающих машин с динамической устойчивостью.....	130
Г. Н. Темасова Совершенствование технологии ремонта гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания	136
Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко Трибометрическая оцифровка технических систем как механизм обеспечения ресурсного потенциала технологических машин природообустройства.....	142
А. Н. Кушнарев, Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов Особенности эксплуатации многозвенных тракторных поездов.....	149
Е. П. Барыльникова, А. Т. Кулаков, И. Р. Фахруллин Методика и результаты исследования режимов подвода масла к подшипникам коленчатого вала дизеля при изнашивании.....	156
А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев Роль датчиков в системе онлайн-мониторинга тракторов.....	162

<i>В. И. Кочергин</i> Контроль технического состояния регуляторов частоты вращения коленчатого вала.....	169
<i>В. В. Быков, М. И. Голубев</i> Анализ программ восстановления деталей зарубежных производителей лесной техники.....	174
<i>Ш. В. Бузиков</i> Улучшение эксплуатационных показателей дизельных двигателей сельскохозяйственных машин путём применения оптимальных составов жидких альтернативных топлив	180
<i>С. М. Гайдар, А. Ф. Наджи, П. В. Беззубцева</i> Повышение надежности транспортно-технологического оборудования	186
<i>А. А. Емельянов, А. Б. Лагузин, А. М. Пикина</i> Улучшение надежности машин в условиях эксплуатации	194
<i>Т. И. Балькова, А. Ф. Наджи, П. В. Беззубцева</i> Исследование эффективности консервационных материалов на основе зеленых ингибиторов кислотной коррозии.....	200
<i>А. А. Емельянов, Т. И. Балькова, А. М. Пикина</i> Усовершенствование трибологических характеристик трущихся поверхностей как один из способов увеличения энергоэффективности силовых установок	207
<i>Ш. В. Бузиков</i> Исследование течения жидких альтернативных топлив в системе питания дизеля	213
<i>А. В. Рязанов, Е. В. Новиков, Л. Ю. Болтнева, А. О. Елисеева</i> Сравнение качественного и количественного состава атмосферных выбросов предприятий, входящих в промышленный узел города Тамбова	219
<i>А. Ю. Барыкин, Д. И. Нуретдинов, А. А. Малаховецкий</i> Актуальность применения гидрообъемной передачи в системе управления транспортным средством высокой проходимости.....	225

Ю. С. Коротких Современная сельскохозяйственная техника как драйвер развития АПК	232
В. В. Карпузов Технология разработки и внедрения в систему качества машиностроительного предприятия процесса «управление знаниями»	238
М. А. Разаков Эффективные способы создания микроклимата в кабинах тракторов	245
Г. И. Бондарева Классификация и оценка внешних потерь для дилерских центров по ремонту двигателей ЯМЗ	251
Ю. Г. Вергазова Современная роль контроля на машиностроительных предприятиях по производству ДВС.....	258
О. А. Леонов Современные требования системы качества к организации метрологического обеспечения измерений при изготовлении и испытании машин	265
Ю. П. Осадчий, И. В. Морозов, А. В. Маркелов, Д. В. Марков, Р. Р. Хабибуллин Определение коэффициента массоотдачи моторных масел.....	272
Р. В. Безносюк, А. Е. Пиманов, С. Н. Борычев, Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко Исследование влияния качества дорожного покрытия на кузов и шасси транспортного средства.....	278
Е. А. Улюкина, В. Е. Коноплев, М. В. Тачаев Эксплуатационные свойства биотоплив на основе эфиров растительных масел	285
С. Н. Девянин, А. В. Бижаев Особенности тяговых характеристик тракторов с электроприводом.....	292

<i>С. Н. Девянин, А. В. Бижаев</i> Анализ буксования ведущего колеса трактора при влиянии комплексного фактора	300
<i>В. Л. Чумаков, А. В. Бижаев</i> Анализ проблемы воздействия паразитной мощности трактора на работу ведущих колёс	307
<i>М. Ю. Конкин, А. В. Лапаев</i> Рециклинг машин и оборудования	314
<i>М. Ю. Конкин, А. В. Лапаев</i> Утилизация машин и сопутствующих ресурсов	320

Василий Николаевич Болтинский родился в 1904 году в семье священника в городе Астрахань, откуда приехал в Москву в 1921 году. После окончания гимназии и школы второй ступени с отличием, поступил на агрономический факультет Астраханского госуниверситета, а 1922 году был зачислен в ТСХА на инженерный факультет. В 1927 году, после окончания теоретического курса, был распределен в тракторный отдел машиноиспытательной станции ТСХА, где в 1929 году блестяще защитил свой первый проект по перспективной конструкции трактора. Это позволило быстро подняться ему до заместителя заведующего тракторного отдела. К этому времени В. Н. Болтинский уже накопил богатый опыт по анализу самых последних конструкций отечественных и зарубежных тракторов и двигателей. С 1933 года В. Н. Болтинский работал в МИМЭСХе, где стоял у истоков дисциплины «Тракторы, автомобили и их двигатели», издав классический труд «Автотракторные двигатели», переиздававшийся 7 раз, переведенный на 5 языков и востребованный в МВТУ имени Н. Э. Баумана, Военной академии бронетанковых войск и ряде других ВУЗов.

В этот период научная деятельность Василия Николаевича направлена на повышение эффективности и топливной экономичности автотракторных двигателей. Он защищает кандидатскую диссертацию и в 1941 году его назначают Председателем Комиссии при Техническом Совете Народного комиссариата земледелия СССР, занимавшейся мероприятиями по экономии топлива при эксплуатации автотракторной техники.

Во время Великой Отечественной Войны Болтинский В. Н. был призван в ряды Красной Армии и проходил службу в Военной ордена Ленина академии бронетанковых и механизированных войск Красной Армии имени И. В. Сталина. Он являлся специалистом и безоговорочным авторитетом по автотракторным двигателям и тракторам.

В послевоенные годы В. Н. Болтинский, вернувшись на кафедру МИМЭСХа, возглавил работу над созданием основ целой отрасли по производству отечественной дизельной прецизионной топливной аппаратуры. Одновременно с этим он завершает в 1947 году выдающийся труд по теме «Исследование работы тракторных двигателей на неустановившихся режимах», позволив-

ший значительно повысить эксплуатационные качества тракторных двигателей, на базе которого блестяще защищает докторскую диссертацию. В 1948 году Болтинского утверждают в ученом звании профессора. За выдающиеся заслуги по оптимизации работы при эксплуатации тракторных двигателей на неустановившихся режимах Василию Николаевичу была присуждена первая Государственная премия.

По инициативе и при непосредственном участии В. Н. Болтинского был спроектирован и в 1976 году построен 26 учебный корпус, где и по сей день располагается кафедра тракторов и автомобилей.

Жизнь и творчество В. Н. Болтинского являются образцом человека, посвятившего себя науке, воспитанию инженерных и научных кадров. Его биография служила, и будет служить новым поколениям примером для подражания. Таким должен быть ученый, педагог, работающий в университете.

В 1974 году к 70-летию со дня рождения В. Н. Болтинскому было присвоено звание героя социалистического труда. Награду вручал выпускник МИМЭСХА, секретарь президиума Верховного совета СССР Михаил Порфирьевич Георгадзе.

Болтинский Василий Николаевич пользовался огромным авторитетом среди ученых и практиков. Его научное наследие прошло проверку временем. Оно служило и всегда будет служить источником знаний для специалистов и начинающих ученых.

Уважаемые коллеги очень хотелось бы, чтобы на кафедре восстановились старые традиции. Чтобы кафедра продолжала развиваться и стала ведущим методическим центром в области тракторного и сельхозмашиностроения.

Ректор университета,
академик РАН, д.с.-х.н., д.э.н., профессор Трухачев В. И.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАШИНЫ ПО ДАНЫМ ЕЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе,

С. Н. Девянин, Н. Н. Пуляев

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»*

(г. Москва, Российская Федерация)

***Аннотация:** Техническое состояние мобильной сельскохозяйственной техники оказывает существенное влияние на качество и количество производимой сельскохозяйственной продукции. Особенно остро это ощущается в период проведения посевных и уборочных работ, когда каждый день задержки работ приводит к потерям от 3 до 5 % урожая. Своевременное обслуживание техники по предварительно выявленным неисправностям или прогнозным оценкам ожидаемых неисправностей позволит привести эти потери к минимуму. Решение этой задачи может быть получено при использовании развивающихся цифровых технологий организации и управления сельскохозяйственным производством и создании мобильных систем диагностики технического состояния машин. Современные мобильные энергетические средства имеют хорошо развитую систему электронного управления машиной и ее компонентами. Для эффективного управления машиной в системе задействовано большое число датчиков и исполнительных устройств. Сигналы датчиков и системы управления передаются по шине данных и могут быть считаны в процессе эксплуатации машины. Эта информация может быть использована для оценки технического состояния машины без ее исключения из рабочего процесса для диагностического контроля. Такой подход может быть реализован при разработке диагностических комплексов и алгоритмов их определения на основании имеющихся данных информационной шины. В работе рассмотрена возможность его реализации и способы решения данной задачи.*

***Ключевые слова:** сельскохозяйственные тракторы; оценка технического состояния; неисправность; диагностический комплекс.*

EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE MACHINE ACCORDING TO ITS CONTROL SYSTEM DATA

V. I. Trukhachev, O. N. Didmanidze,

S. N. Devyanin, N. N. Pulyaev

Russian Timiryazev State Agrarian University

(Moscow, Russian Federation)

Abstract: *The technical condition of mobile agricultural machinery has a significant impact on the quality and quantity of agricultural products. This is especially acute during the period of sowing and harvesting operations, when every day of delays in work leads to losses from 3 to 5% of the crop. Timely maintenance of equipment based on previously identified malfunctions or predictive estimates of expected malfunctions will reduce these losses to a minimum.*

The solution to this problem can be obtained by using the developing digital technologies for organizing and managing agricultural production and creating mobile systems for diagnosing the technical condition of machines.

Modern mobile power means have a well-developed electronic control system for the machine and its components. To effectively control the machine, a large number of sensors and actuators are involved in the system. The signals from the sensors and the control system are transmitted over the data bus and can be read out while the machine is in operation. This information can be used to assess the technical condition of the machine without excluding it from the workflow for the purpose of diagnostic verification. This approach can be implemented in the development of diagnostic complexes and algorithms for their determination based on the available data on the information bus. This article discusses the possibility of its implementation and how to solve this problem.

Keywords: *agricultural tractors; technical condition assessment; malfunction; diagnostic complex.*

Обеспечение продовольствием – основная задача сельскохозяйственного производства, от решения которой зависит эффективность работы всех других отраслей экономики страны. Несмотря на ежегодное увеличение объемов производства продукции растениеводства на 10 % в рублевом эквиваленте за последние 10 лет (данные Федеральной службы государственной статистики РФ) [1], этот рост был бы еще более существенным при снижении потерь. По данным авторов статьи [2] общий объем потерь продукции с ее недобором составляет 25...30 % валового производства.

Основная доля потерь растениеводства приходится на несвоевременность полевых работ. Хорошо известно выражение «один день год кормит». Несвоевременность проведения весенних полевых работ, а также потеря времени на уборке приводят к потере урожая. Авторы, рассматривая различные причины потерь урожайности, показали, что в уборочную страду задержка работ снижает урожай, и, опоздав со сроком на 7...10 дней, можно по-

терять до 30 % урожая зерна или 3...5 % на каждый день задержки [3].

Высокая безотказность работы техники в этот период особенно важна. Одним из способов обеспечения такой работы является предиктивное или прогнозное обслуживание техники на основе полученной информации о ее техническом состоянии в процессе эксплуатации. Своевременное обслуживание техники по предварительно выявленным неисправностям или прогнозным оценкам ожидаемых неисправностей позволит привести эти потери к минимуму.

Решение этой задачи может быть получено при использовании развивающихся цифровых технологий организации и управления сельскохозяйственным производством и создании мобильных систем диагностики технического состояния машин. Опыт их использования в Германии и Великобритании показал возможность [4]:

- сократить время уборочной кампании на три дня,
- повысить производительность на 10 %,
- повысить коэффициент использования рабочего времени – на 7 %.
- сократить затраты не менее чем на 0,5 %.
- получить дополнительный эффект от удаленной диагностики и выявления на ранней стадии узлов и компонентов, нуждающихся в срочном сервисном обслуживании.

Современные мобильные энергетические средства имеют хорошо развитую систему электронного управления машиной и ее компонентами [5]. Для эффективного управления машиной в системе задействовано большое число датчиков и исполнительных устройств. Системы управления сельскохозяйственной техникой постоянно оснащаются возрастающим числом электронных систем, которые работают в режиме интенсивного обмена данными и информацией по шине CAN, причем потребности в количестве и скорости обмена данными постоянно растут. Основной причиной таких изменений являются периодические ужесточения экологических норм и обеспечение высоких показателей эффективности работы машины при их соблюдении.

Усложнение системы управления снижает и ее надежность, а ненормальная работа любого из элементов системы управления

приводит к нарушению нормальной работы агрегата (узла) и, в конечном итоге, работы машины. Для обеспечения ее работоспособности и облегчения поиска неисправности задействована система самодиагностики, как встроенная в модуле электронной системы управления функция проверки и контроля наличия сбоев в работе и погрешности их измеряемых режимных параметров. Шина данных имеет выход на диагностический разъем для чтения данных при диагностике машины. Обмен данных производится в соответствии со стандартами SAE J1979 (для автотранспорта) и SAE J1939 (для тракторной и специализированной техники).

Однако эта система еще далека от совершенства и в основном анализирует элементы системы электронного управления процессами, электронные компоненты и их соединения. Чем сложнее поиск неисправности, тем больше времени потребуется на эту операцию, чем сложнее замена неисправной детали, тем больше времени потребуется на ремонт, чем реже выходит из строя деталь, тем больше времени потребуется на ее доставку в службу сервиса. При серьезных поломках машины, связанных с износом деталей эта операция может занять несколько дней простоя техники. Это время может быть сокращено, если к этой операции подготовиться заранее (выбрать удобное время, заказать детали, согласовать работы со службами сервиса, подготовить машину на замену и т. д.).

Производители техники для диагностирования разработанных электронных систем управления используют внутренние протоколы обмена данными, в связи с чем, предприятиям, эксплуатирующим технику, приходится либо приобретать дилерское оборудование к каждой конкретной марке машины, либо обращаться в специализированные дилерские службы [6], что существенно усложняет и замедляет процесс обслуживания.

Эффективность системы самодиагностики может быть повышена за счет разработки дополнительных алгоритмов обнаружения отклонений в нормальной работе узлов и протекания процессов в машине по данным CAN шины. Так как сигналы датчиков и системы управления передаются по шине данных и могут быть считаны в процессе эксплуатации машины, то эта информация может быть использована для оценки технического состоя-

ния машины без ее исключения из рабочего процесса для диагностического контроля. Если разработка алгоритмов поиска нарушения протекания процессов отличается от алгоритма управления процессами в машине, то это повышает достоверность обнаружения неисправности.

Альтернативный подход может быть реализован на анализе значений входных и выходных данных, которые имеют функциональные связи между собой (рисунок 1) и характер этих связей зависит как от условий работы машины, так и от технического состояния элементной базы. Такие связи могут быть получены статистической обработкой массива данных в виде регрессионных зависимостей. Имея информацию о функциональных связях параметров от условий работы, можно проследить характер и оценить степень изменения связи от технического состояния и на основании этого сделать заключение о необходимости обслуживания машины.

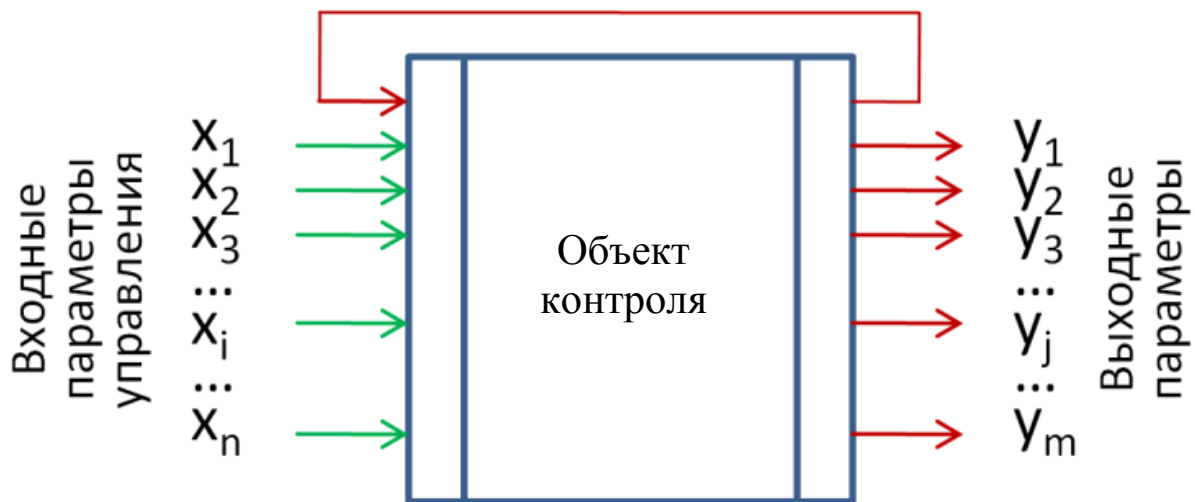


Рисунок 1 – Схема объекта диагностики:

x – входные параметры; y – выходные параметры

Например, функциональные взаимосвязи при работе машины имеют вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = f_1(x_1, x_2, x_3) \\ y_2 = f_2(x_1, x_5, x_8, x_{11}, x_{16}) \\ y_3 = f_3(x_3, x_{12}, x_{13}, x_{17}, x_{18}) \\ y_4 = f_4(x_3, x_9, x_{11}) \\ \dots \\ y_i = f_i(x_m, x_i, x_j, x_n) \\ \dots \\ y_m = f_m(x_3, x_{10}, x_{12}, x_{17}, x_n) \end{array} \right. \quad (1)$$

Так как они регистрируются практически одновременно при работе машины, то эти зависимости могут рассматриваться совместно, т. е. образуют систему уравнений. Чем больше получено функциональных связей, тем легче локализовать причину нарушения нормальной работы.

Если в процессе эксплуатации машины наблюдаются нарушения каких-либо функциональных связей выше допустимых значений, то проводится их анализ по влияющим факторам. Совпадение влияющих факторов позволяет их выделить в отдельную «причинную» группу. Их значения могут являться причиной нарушения нормальной работы либо датчиков, дающих этот сигнал, либо нарушение протекающих процессов в машине, которые этот сигнал формируют.

Например, в приведенной ранее системе функциональная связь $y_3 = f_3(x_3, x_{12}, x_{13}, x_{17}, x_{18})$ вышла за допустимые пределы. Анализ других взаимосвязей показывает, что y_1 и y_m имеют значения близкие к предельным. Изучение влияющих факторов «х» позволяют предположить, что причиной является параметр x_3 , который участвует в каждой функциональной связи. В то же время его влияние никак не сказалось, что может быть причиной либо слабого влияния фактора, либо нехарактерными режимами работы для функции y_4 , либо противоположным влиянием другого влияющего фактора, который может стать следующей причиной неисправности.

Данный подход может быть реализован при разработке диагностических комплексов и алгоритмов их определения на осно-

вании имеющихся данных информационной шины. В качестве такого комплекса K целесообразно использовать сочетание регистрируемых параметров « x_i », характеризующих какой-либо выходной показатель работы машины или качество протекающего в ней процесса.

$$K_i = f_i(x_1, x_2, x_3, \dots) \quad (2)$$

Такие комплексы могут быть составлены на основании известных теоретических зависимостей между отдельными функционально связанными параметрами. Группировка влияющих факторов в комплексы позволяет уменьшить число влияющих факторов и быстрее локализовать причину отклонений от нормальной работы.

В результате наработанных регрессионных зависимостей между параметрами машины и ее агрегатов можно будет производить оценку их технического состояния без исключения ее из технологического процесса. Полученные данные о результатах обработки данных могут передаваться на центральный диспетчерский пост по телекоммуникационной связи и формировать данные о техническом состоянии парка машин на предприятии. Информация по техническому состоянию парка машин позволит заранее намечать время обслуживания техники по ее реальному состоянию, лучше планировать необходимые комплектующие и расходные материалы, заранее согласовывать перечень работ со специализированными сервисными службами. Увеличение количества получаемых регрессионных моделей для разных одиночных параметров и их комплексов позволяет повысить степень достоверности информации о техническом состоянии машины и упростить процесс локализации причины неисправности и уменьшать время на устранение причины.

Данный подход к диагностике технического состояния машин хорошо согласуется с положениями организации и ведения «цифрового» сельского хозяйства.

Подводя итог сказанному можно сделать следующие выводы:

1. Использование диагностического разъема позволяет получать данные с датчиков машины в реальном времени и производить их обработку по желаемому алгоритму.

2. Разработка диагностических комплексов позволяет по ним контролировать изменение технического состояния машины в процессе ее эксплуатации и своевременно принимать профилактические меры для их устранения.

3. Информация о техническом состоянии машины может непрерывно передаваться на центральный диспетчерский пост для ее дальнейшей обработки и принятия решения о целесообразных действиях.

4. Анализ группы диагностических комплексов может быть использован для локализации неисправного узла или детали.

5. Непрерывная диагностика машины позволяет проводить предиктивное обслуживание техники и снизить потери при производстве сельскохозяйственной продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy.

2. Скульская Л. В., Широкова Т. К. Потери сельскохозяйственной продукции и продовольственных ресурсов в Российской Федерации // Проблемы прогнозирования. 2010. № 6 (123). С. 63-83.

3. Демко А. А. Прогнозирование сроков уборки с учетом возможных потерь [Электронный ресурс] // Агроном. Режим доступа: www.agronom.com.ua/prognozyrovanye-srokov-uborky-s-uchetom-vozmozhnyh-poter-urozhaya.

4. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития : науч. издание / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, Д. С. Буклагин, В. Я. Гольдяпин, И. Г. Голубев. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 316 с.

5. Чутчева Ю. В., Пуляев Н. Н., Коротких Ю. С. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 2-5.

6. Трухачев В. И., Дидманидзе О. Н., Девянин С. Н. Какие сельскохозяйственные тракторы нужны завтра России? // Чтения академика В. Н. Болтинского : семинар (Москва, 22-24 января 2020 года). М. : ООО «Мегаполис», 2020. С. 11-19.

7. Габитов И. И., Грехов Л. В., Неговора А. В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей : учебное пособие. Уфа : Изд-во БГАУ, 2008. 240 с.

REFERENCES

1. Sel'skoe khoziaistvo, okhota i lesnoe khoziaistvo [Agriculture, hunting and forestry]. Available at: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy.
2. Skul'skaia L. V., Shirokova T. K. Poteri sel'skokhoziaistvennoi produktsii i prodovol'stvennykh resursov v Rossiiskoi Federatsii [Losses of agricultural products and food resources in the Russian Federation]. *Problemy prognozirovaniia*, 2010, no. 6 (123), pp. 63-83.
3. Demko A. A. Prognozirovanie srokov uborki s uchetom vozmozhnykh poter' [Forecasting the cleaning time, taking into account possible losses]. *Agronom*, Available at: www.agronom.com.ua/prognozyrovanye-srokov-uborky-s-uchetom-vozmozhnykh-poter-urozhaya.
4. Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Buklagin D. S., Gol'tiapin V. Ia., Golubev I. G. Tsifrovoe sel'skoe khoziaistvo: sostoianie i perspektivy razvitiia [Digital agriculture: state and prospects of development]. Moscow, Rosinformagrotekh, 2019, 316 p.
5. Chutcheva Yu. V., Pulyaev N. N., Korotkikh Yu. S. Perspektivnye napravleniia razvitiia tiagovo-transportnykh sredstv dlia sel'skogo khoziaistva [Promising directions of development of traction vehicles for agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*, 2020, no. 9 (279), pp. 2-5.
6. Trukhachev V. I., Didmanidze O. N., Devianin S. N. Kakie sel'skokhoziaistvennye traktory nuzhny zavtra Rossii? [What agricultural tractors do Russia need tomorrow?]. *Chteniia akademika V. N. Boltinskogo*, Moscow, OOO «Megapolis», 2020, pp. 11-19.
7. Gabitov I. I., Grekhov L. V., Negovora A. V. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i diagnostika toplivnoi apparatury avtotraktornykh dizelei [Maintenance and diagnostics of fuel equipment for automotive diesel engines]. Ufa, BGAAU, 2008, 240 p.

Об авторах:

Трухачев Владимир Иванович, ректор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, академик РАН.

Дидманидзе Отари Назирович, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

Девянин Сергей Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный универси-

тет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, devta@rambler.ru.

Пуляев Николай Николаевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-4426>, inpo.msau@gmail.com.

About the authors:

Vladimir I. Trukhachev, rector, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Agricultural), D.Sc. (Economic), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences.

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru

Sergey N. Devyanin, professor of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, devta@rambler.ru.

Nikolay N. Pulyaev, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-4426>, inpo.msau@gmail.com.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ

О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** в статье рассмотрены перспективные направления развития транспортной системы в современных условиях. Основной упор сделан на направлениях развития автомобильного транспорта и тягово-транспортных средств, таких как гибридные и электрические энергетические установки, использование газомоторного топлива. Уделено внимание подготовке кадров для транспортной отрасли.*

***Ключевые слова:** гибрид; газомоторное топливо; электробус; электро-мобиль; транспорт.*

PROMISING DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN TRANSPORT SYSTEM

O. N. Didmanidze, E. P. Parlyuk, N. N. Pulyaev
*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The article considers the promising directions of the development of the transport system in modern conditions. The main focus is on the areas of development of road transport and traction vehicles, such as hybrid and electric power plants, the use of gas-engine fuel. Special attention is paid to the training of personnel for the transport industry.*

***Keywords:** hybrid; gas engine fuel; electric bus; electric car; transport.*

Транспорт является неотъемлемой частью нашей жизни. Он обеспечивает экономическую целостность огромного государства, связывает отдельные регионы страны в единое целое, является основой национальной безопасности.

По данным Федеральной службы государственной статистики трубопроводный транспорт имеет самый большой грузо-

оборот (47,3 %), затем – железнодорожный (45,9 %). Указанные виды транспорта имеют ряд особенностей, которые ограничивают сферу их использования. Трубопроводным транспортом в основном перемещают нефть и нефтепродукты, а железнодорожный – жестко привязан к инфраструктуре.

Несмотря на то, что грузооборот автомобильного транспорта составляет около 5 %, он играет важную роль в транспортной системе страны, является связующим звеном всех видов транспорта, как в пассажирских, так и в грузовых перевозках. Поэтому рассмотрение перспективных направлений развития автомобильного транспорта является весьма актуальным и своевременным.

Одним из направлений является совершенствование двигателей внутреннего сгорания. Улучшения экологических показателей ДВС можно добиться использованием в том числе гибридных силовых агрегатов.

Испытания гибридных автомобилей показывают снижение расхода топлива на 40 % и значительное улучшение экологических показателей [1]. По мнению авторов, будущее именно за гибридными тягово-транспортными средствами.

Развивая направление гибридных тягово-транспортных средств, на кафедре автомобильного транспорта МГАУ имени В. П. Горячкина была разработана концепция перевода авто-транспортного парка Москвы на гибридные установки. Именно автобусный парк с наиболее частыми разгонами и торможениями было бы логично использовать в городах и мегаполисах [1].

Одной из проблем эффективного использования ДВС является необходимость утилизации тепла, вырабатываемого при работе. Система охлаждения современных автомобилей и мощных тракторов может включать до шести независимых контуров охлаждения. Таким образом, трактор или автомобиль необходимо рассматривать как многоконтурный источник теплоты. Учеными РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева была разработана концепция блочно-модульной системы охлаждения с использованием разных радиаторов, которую можно использовать для всех систем тягово-транспортных средств, включая трансмиссию [2].

Транспортные средства на электрической тяге считаются самыми экологичными. Во всем мире производители автомо-

бильной, сельскохозяйственной, специализированной и другой техники имеют опытный, а некоторые даже серийный образец.

На кафедре тракторов и автомобилей РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева был разработан проект электрического трактора на базе МТЗ-82. На тракторе был установлен электродвигатель мощностью 60 кВт (81 л. с.). Длительность работы электротрактора на блоке литий-ионных батарей составляла 4 часа. А время полной зарядки – от 30 мин.

Научные разработки были использованы в проекте электробуса в городе Москве. К 2024 году число эксплуатируемых в городе электробусов превысит 2,2 тысячи штук [3].

Но электрический транспорт, в том числе и электробусы не являются панацеей. Спустя 7...8 лет мы можем столкнуться с проблемой утилизации тяговых аккумуляторов. На сегодняшний день утилизация не является приоритетной задачей производителей, всё внимание уделяется техническим характеристикам, но вопросы утилизации должны учитываться на стадии проектирования.

В настоящее время наиболее широко исследуются свойства топлив растительного происхождения, как возобновляемых источников энергии. К ним относятся растительные масла, спирты, эфиры масел, другие виды топлив. Применение альтернативных топлив в дизельных двигателях приводит к улучшению эксплуатационных показателей, в частности, уменьшается концентрация вредных веществ в отработавших газах [4].

В настоящее время в технике применение таких топлив в чистом виде не практикуется, в основном используется смесевое топливо, что позволяет избежать серьёзных изменений конструктивно-технологических параметров штатных систем дизельных двигателей.

Еще одним из направлений развития транспорта является использование сжиженного метана в качестве топлива с непосредственным впрыском в камеру сгорания. Необходимо отметить, что на сегодняшний день это самый дешёвый вид как топлива. Проблема заключается в увеличении срока хранения сжиженного газа. Дальнейшее развитие этого направления – в создании отдельного двигателя внутреннего сгорания, способного ра-

ботать на газомоторном топливе, и развитие соответствующей инфраструктуры [5, 6].

Водородное топливо, обладающее уникальными свойствами, такими как большой КПД и высокая экологичность, по праву называют топливом будущего. Однако наряду с преимуществами, использование водородного топлива имеет существенные недостатки: отсутствие инфраструктуры водородных заправок, значительное увеличение веса транспортных средств на водородном топливе, несовершенство технологий хранения, дорогостоящие водородные элементы и другие. Но все же мировые производители проводят испытание в этой сфере и даже выпускают транспорт на водородном топливе (Toyota Mirai, Hyundai Nexa, Honda Clarity FCX) [7].

По словам заместителя министра промышленности и торговли Александра Морозова, в 2023 году в России появятся транспортные средства, которые работают на водороде – это будет общественный транспорт, а также тракторы и локомотивы.

Масштабное развитие информационных технологий позволяет создать транспортные средства, управляемые с помощью искусственного интеллекта без участия человека. Но в то же время, на текущем уровне развития применяемых технологий использование беспилотных транспортных средств на улицах мегаполисов и даже небольших городов в массовом порядке не представляется возможным. Апробацию подобных технологий проще, безопаснее и эффективнее реализовать в сельском хозяйстве, где имеются большие площади и в карьерах.

Развитие транспортной системы невозможно без высококвалифицированных специалистов. Современные транспортно-технологические средства имеют сложные системы управления и требуют высокого профессионального мастерства водителя или машиниста. Поэтому качество подготовки кадров должно быть обеспечено на федеральном уровне при активном участии Министерства образования и науки в тесном сотрудничестве с головными отраслевыми вузами страны.

Бурное развитие информационных и цифровых технологий накладывает свой отпечаток на все отрасли экономики, в том числе и на транспортную. Будущее транспорта за использованием

искусственного интеллекта, автоматизации функций управления, создании экологичных и экономичных двигателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе О.Н., Асадов Д.Г.О., Иванов С.А. Основы проектирования комбинированных энергоустановок. М. : Автограф, 2020. 130 с.
2. Радиатор с полиуретановой сердцевиной в блочной системе охлаждения двигателя / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // В сборнике: Проблемы совершенствования машин, оборудования и технологий в агропромышленном комплексе. материалы международной научно-технической конференции. 2019. С. 63-70.
3. Почти 40 маршрутов станут электробусными в 2021 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mosgortrans.ru/press/news/pochti-40-marshrutov-stanut-elektrobusnymi-v-2021-godu>.
4. Девянин С. Н., Улюкина Е. А., Пуляев Н. Н. Исследование стабильности биотоплива на основе растительных масел // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2012. № 5 (56). С. 19-21.
5. Дидманидзе О. Н., Гузалов А. С., Большаков Н. А. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на транспортно-тяговых средствах // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 52-59.
6. Хакимов Р. Т., Дидманидзе О. Н., Какава Л. О. Энергоэффективность газового двигателя внутреннего сгорания // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 47. С. 42-47.
7. Пискунов И. В. Перспективы развития водородной энергетики и транспорта // Нефть. Газ. Новации. 2020. № 4 (233). С. 18-21.

REFERENCES

1. Didmanidze O.N., Asadov D.G.O., Ivanov S.A. Osnovy proektirovaniia kombinirovannykh energoustanovok [Fundamentals of combined power plant design]. Moscow, Avtograf, 2020, 130 p.
2. Didmanidze O. N., Khakimov R. T., Parliuk E. P., Bol'shakov N. A. Radiator s poliuretanovoi serdtsevinoi v blochnoi sisteme okhlazhdeniia dvigatel'ia [Polyurethane core radiator in the engine block cooling system]. *Problemy sovershenstvovaniia mashin, oborudovaniia i tekhnologii v agropromyshlennom komplekse*, 2019, pp. 63-70.
3. Pochti 40 marshrutov stanut elektrobusnymi v 2021 godu [Almost 40 routes will become electric bus routes in 2021]. Available at:

<https://mosgortrans.ru/press/news/pochti-40-marshrutov-stanut-elektrobusnymi-v-2021-godu>.

4. Devianin S. N., Uliukina E. A., Puliaev N. N. Issledovanie stabil'nosti biotopliva na osnove rastitel'nykh masel [Research on the stability of biofuels based on vegetable oils]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia vysshego professional'nogo obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V. P. Goriachkina»*, 2012, no. 5 (56), pp. 19-21.

5. Didmanidze O. N., Guzalov A. S., Bol'shakov N. A. Sovremennyyi uroven' razvitiia dvigatelei s gazomotornoi i elektricheskoi silovoi ustanovkami na transportno-tiagovykh sredstvakh [The current level of development of engines with gas-engine and electric power plants on transport and traction vehicles]. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*, 2019, no. 4, pp. 52-59.

6. Khakimov R. T., Didmanidze O. N., Kakava L. O. Energoeffektivnost' gazovogo dvigatelya vnutrennego sgoraniia [Energy efficiency of a gas-fired internal combustion engine]. *Izvestiia Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniia*, 2019, no. 47, pp. 42-47.

7. Piskunov I. V. Perspektivy razvitiia vodorodnoi energetiki i transporta [Перспективы развития водородной энергетики и транспорта]. *Neft'. Gaz. Novatsii*, 2020, no. 4 (233), pp. 18-21.

Об авторах:

Дидманидзе Отари Назирович, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

Парлюк Екатерина Петровна, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат экономических наук, доцент, kparlyuk@rgau-msha.ru.

Пуляев Николай Николаевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-4426>, inpo.msau@gmail.com.

About the authors:

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federa-

tion, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

Ekaterina P. Parlyuk, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, kparlyuk@rgau-msha.ru.

Nikolay N. Pulyaev, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-4426>, inpo.msau@gmail.com.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК В УСЛОВИЯХ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ

Е. П. Парлюк

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** При повышении энергонасыщенности автомобилей и тракторов существенно возрастают тепловые нагрузки многих функциональных агрегатов (ФА). Это требует организации отвода в окружающую среду излишков теплоты, так как нарушение надлежащего теплового режима в отдельном ФА препятствует реализации потенциальных эксплуатационных свойств всей машины, вплоть до отказа. В то же время, многообразие условий эксплуатации автомобилей и тракторов обуславливает изменение в широком диапазоне факторов рабочей среды, особенно дорожных и природно-климатических, создает сложную, как в практическом, так и в теоретическом отношении проблему обеспечения требуемого теплового режима ФА. В связи с этим, необходимо последовательное развитие теории температурно-динамических свойств (ТДС) ФА на основе принципов построения эксплуатационных свойств тракторов и автомобилей. Рассмотрение этой проблемы определяет: дальнейший поиск и научное обоснование измерителей и показателей оценки эффективности систем охлаждения; разработку методов, средств и оборудования для расчета и исследования этих систем; совершенствование рабочего процесса и конструкций теплообменных устройств, снижение их металлоемкости и массы, за счет применения новых экологически чистых безотходных технологий производства. Целью исследований является улучшение эксплуатационных показателей тракторов и автомобилей путем совершенствования температурно-динамических характеристик охлаждающих систем.*

***Ключевые слова:** повышение надежности; долговечность; изнашивание поверхностей; теплообменники; блочно-модульная система охлаждения; температурные режимы агрегатов; антифрикционные присадки.*

IMPROVING THE RELIABILITY OF POWER PLANTS IN CONDITIONS OF BOUNDARY FRICTION

E. P. Parlyuk

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

Abstract: *With an increase in the energy saturation of cars and tractors, the thermal loads of many functional units (FA) significantly increase. This requires the organization of the removal of excess heat to the environment, since the violation of the proper thermal regime in a separate FA prevents the realization of the potential operational properties of the entire machine, up to failure. At the same time, the variety of operating conditions of cars and tractors causing changes in a wide range of factors of the working environment, especially road and climatic conditions, creates a complex, both in practical and theoretical terms, the problem of ensuring the required thermal regime of the FA. In this regard, it is necessary to consistently develop the theory of temperature-dynamic properties (TDS) of FA based on the principles of constructing the operational properties of tractors and cars. Consideration of this problem determines: further search and scientific justification of meters and indicators for evaluating the efficiency of cooling systems; development of methods, tools and equipment for calculating and studying these systems; improving the working process and designs of heat exchange devices, reducing their metal consumption and weight, through the use of new environmentally friendly waste-free production technologies. The purpose of the research is to improve the performance of tractors and cars by improving the temperature and dynamic characteristics of cooling systems.*

Keywords: *increased reliability; durability; surface wear; heat exchangers; block-modular cooling system; temperature conditions of aggregates; antifriction additives.*

При повышении энергонасыщенности автомобилей и тракторов существенно возрастают тепловые нагрузки многих функциональных агрегатов. Это требует организации отвода в окружающую среду излишков теплоты. Что в свою очередь создает сложную проблему обеспечения требуемого теплового режима функциональных агрегатов.

Системы смазки и охлаждения обеспечивают жизнедеятельность двигателей. Смазочная система создаёт разделительный слой между рабочими поверхностями, обеспечивает отвод тепла и элементов износа из зоны трения. От её технического состояния зависят пусковые свойства, расход топлива и долговечность двигателей.

Известно, что после десяти лет эксплуатации тракторов:

- простои техники увеличиваются на 15 %,
- происходит снижение годовой наработки в среднем на 17 %,
- удваиваются затраты на обслуживание и ремонт в сравнении со вторым годом эксплуатации.

Анализ работ в области надежности позволил установить агрегаты и узлы сельскохозяйственной техники с низкой надежностью, в процентах к общему количеству отказов: двигатель – 54 %; коробка передач – 20 %; мосты – 20 %; другие – 6 %.

Повысить долговечность систем можно за счет увеличения износостойкости путем снижения скорости изнашивания поверхностей трения.

Одно из направлений повышения надежности связано с повышением износостойкости трущихся сопряжений. Важным направлением по увеличению надежности техники являются работы по локализации различных повреждений в зоне трения, появляющихся в результате нарушения режимов работы таких как: нарушение режима смазки трущихся поверхностей, ненормированные перегрузки, попадание абразивных частиц.

Для решения перечисленных выше задач необходимо:

1. Определить параметры для выбора поверхностно-активных веществ, используемых в качестве добавок к смазочным материалам;
2. Разработать требования к теплообменникам блочно-модульной системы охлаждения автотракторной техники.
3. Оценить влияния присадки в масло главной задней передачи на температурные режимы агрегата в составе автомобиля.

В рамках решения данных задач были проведены экспериментальные исследования для определения температуры масла и поверхности главной задней передачи.

Целью испытания являлось определение влияния добавления антифрикционной присадки в масло задней главной передачи на температурные режимы агрегата в составе транспортного средства (рисунок 1).

Результаты сравнительных испытаний транспортного средства на различных режимах движения показали, что применение антифрикционной присадки к маслу задней главной передачи трансмиссии обеспечивает:

- улучшение тепловых характеристик в среднем на 16 %;
- снижение максимальной температуры нагрева.

Охлаждающая система автотракторной техники является одной из наиболее уязвимых систем в отношении частоты отказов.

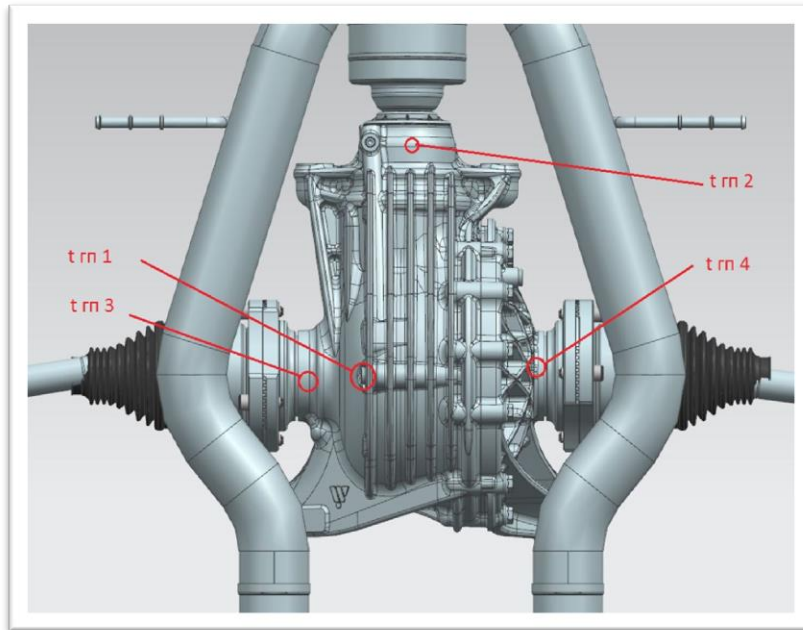


Рисунок 1 – Схема установки датчиков температуры главной задней передачи

Исследования показывают, что теплорассеивающая способность теплообменников снижается до предельно допустимого уровня быстрее, чем предусмотрено восстановление этого параметра.

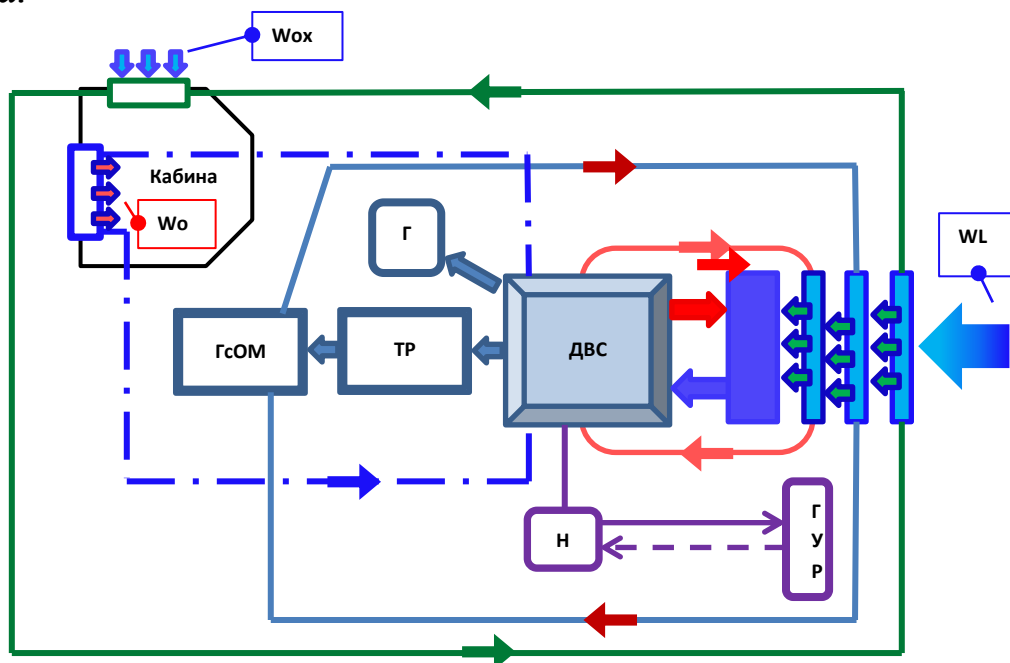


Рисунок 2 – Структурная схема блочно-модульной системы охлаждения: ДВС – двигатель внутреннего сгорания; ТР – трансмиссия; ГС – гидростатическая трансмиссия; ГсОМ - гидростатический отбор мощности

На основании вышеизложенных проблем предлагается схема блочно-модульной системы охлаждения (рисунок 2)

Из анализа схемы видно, что современное транспортное средство является сложным многоконтурным источником теплоты, и очень трудно однозначно определить тепловое влияние функциональных систем друг на друга.

В связи с этим, необходим анализ существующих компоновок систем охлаждения с целью создания рекомендаций по улучшению эффективности их работы.

Данный подход допускает реконструкцию систем охлаждения, как на конечных этапах конструирования, так и в процессе эксплуатации. Нарушения работоспособности систем приводит к снижению динамических, мощностных и экономических показателей, а также ресурса двигателей.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод:

1. Большинство отказов происходит в начальный период эксплуатации и после 1000 моточасов наступает относительная стабилизация их проявления, что свидетельствует о высокой послеремонтной дефектности систем.

2. Количество неисправностей топливной аппаратуры значительно превышает отказы остальных систем.

3. Топливная система содержит большее число элементов, а также требует высокой технологической культуры ремонта.

4. Снижение количества неисправностей системы охлаждения автотранспортной техники возможно за счет внедрения альтернативных радиаторов на основе полимерных материалов.

Для повышения надежности силовых установок в условиях граничного трения с учетом подбора ПАВ а так же использования блочно-модульной системы охлаждения возможно решить проблему уменьшения граничных трений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бурков В. В. Алюминиевые теплообменники сельскохозяйственных тракторов и транспортных машин. Л. : Машиностроение, 1985. 240 с.

2. Гиршфельдер Дж. и др. Молекулярная теория газов и жидкостей. М. : Иностранная литература, 1961. 930 с.

3. Научные основы математического моделирования процессов теплообмена в теплообменнике тягово-транспортного средства / О. Н. Ди-

дманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, В. В. Рудомазин. М. : УМЦ «Триада», 2020. 106 с.

4. Результаты испытаний полимерного радиатора системы охлаждения трактора МТЗ-80 / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 1. С. 55-60.

5. Радиатор с полиуретановой сердцевинной в блочной системе охлаждения двигателя / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // В сб.: Проблемы совершенствования машин, оборудования и технологий в агропромышленном комплексе. Материалы международной научно-технической конференции. 2019. С. 63-70.

6. Дидманидзе О. Н., Большаков Н. А., Хакимов Р. Т. Улучшение эксплуатационных показателей автомобилей путем совершенствования охлаждающих систем // В сб.: Автотранспортная техника XXI века. Сборник статей III Международной научно-практической конференции. Под редакцией О. Н. Дидманидзе, Н. Е. Зимина, Д. В. Виноградова. 2018. С. 29-45.

7. Хакимов Р. Т. Стендовые гидродинамические исследования моделей роторных алюминиевых радиаторов // Известия Международной академии аграрного образования. 2016. № 26. С. 24-27.

8. Хакимов Р. Т. Исследование макетных и опытных образцов роторных теплообменников для системы кондиционирования транспортных средств // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2016. № 2 (36). С. 46-51.

9. Гайдар С. М., Кононенко А. С. Ингибированные составы для хранения сельскохозяйственной техники // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 3. С. 21-22.

10. Карелина М. Ю., Петровская Е. А., Пындрин А. В. Оптимизация ингибированного состава для обеспечения сохранности сельскохозяйственной техники // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 89-93.

REFERENCES

1. Burkov V. V. Aliuminievye teploobmenniki sel'sko-khoziaistvennykh traktorov i transportnykh mashin [Aluminum heat exchangers of agricultural tractors and transport machines]. Leningrad, Mashinostoenie, 1985. 240 p.

2. Girshfelder J. et al. Molekuliarnaia teoriia gazov i zhidkosti [Molecular theory of gases and liquids]. Moscow, Foreign literature, 1961, 930 p.

3. Didmanidze O. N., Khakimov R. T., Parlyuk E. P., Rudomazin V. V. Nauchnye osnovy matematicheskogo modelirovaniia pro-tsessov teploobmena v teploobmennike tiagovo-transportnogo sredstva [Scientific bases of mathematical modeling of heat transfer processes in the heat exchanger of a traction vehicle]. Moscow, UMTs «Triada», 2020, 106 p.

4. Didmanidze O. N., Khakimov R. T., Parlyuk E. P., Bolshakov N. A. Rezul'taty ispytaniia polimernogo radiatora sistemy okhlazhdeniia traktora MTZ-80 [Test results of the polymer radiator of the MTZ-80 tractor cooling system]. *Agricultural machinery and technology*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 55-60.

5. Didmanidze O. N., Khakimov R. T., Parlyuk E. P., Bolshakov N. A. Radiator s poliuretanovoi serdtsevinoi v blochnoi si-steme okhlazhdeniia dvigatel'ia [Radiator with polyurethane core in the block engine cooling system]. *Problems of improving machines, equipment and technologies in the agro-industrial complex*, 2019, pp. 63-70.

6. Didmanidze O. N., Bolshakov N. A., Khakimov R. T. Uluchshenie eksploatatsionnykh pokazatelei avtomobilei putem sovershenstvovaniia okhlazhdaiushchikh system [Improving the performance of cars by improving cooling systems]. *Avtotransportnaia tekhnika XXI veka*, 2018, pp. 29-45.

7. Khakimov R. T. Bench hydrodynamic studies of models of rotary aluminum radiators. Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. 2016. No. 26. pp. 24-27.

8. Khakimov R. T. Stendovye gidrodinamicheskie issledovaniia modelei rotornykh aliuminievykh radiatorov [Research of mock-up and experimental samples of rotary heat exchangers for the vehicle air conditioning system]. *Technical and technological problems of the service*, 2016, no. 2 (36), pp. 46-51.

9. Gaidar S. M., Kononenko A. S. Ingibirovannye sostavy dlia khraneniia sel'skokhoziaistvennoi tekhniki [Inhibited compositions for the storage of agricultural machinery]. *Tekhnika v sel'skom khoziaistve*, 2011, no. 3, pp. 21-22.

10. Karelina M. Yu., Petrovskaya E. A., Ryndin A.V. Optimizatsiia ingibirovannogo sostava dlia obespecheniia sokhraniaemosti sel'skokhoziaistvennoi tekhniki [Optimization of the inhibited composition for ensuring the preservation of agricultural machinery]. *Trudy GOSNITI*. 2015, vol. 121, pp. 89-93.

Об авторе:

Парлюк Екатерина Петровна, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49), кандидат экономических наук, доцент, kparlyuk@rgau-msha.ru.

About the author:

Ekaterina P. Parlyuk, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, kparlyuk@rgau-msha.ru.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ АПК

**М. Н. Ерохин¹, Д. В. Варнаков², В. В. Варнаков²,
М. Ю. Карелина³**

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(г. Москва, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

(г. Ульяновск, Российская Федерация)

³ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»

(г. Москва, Российская Федерация)

***Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы разработки стратегии цифровизации технического сервиса в АПК. Рассмотрены методы диагностирования по косвенным параметрам, методы поиска неисправностей, технологии беспроводной передачи данных, рассмотрены технологии обработки больших данных, теоретически обоснована методика прогнозирования периодичности обслуживания техники по фактическому состоянию.*

***Ключевые слова:** техническая диагностика; диагностические параметры; поиск неисправностей; беспроводная передача данных; технология больших данных; машинное изучение данных.*

DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE TECHNICAL SERVICE OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

**M. N. Erokhin^a, D. V. Varnakov^b, V. V. Varnakov^b,
M. Yu. Karelina^c**

^aRussian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)

^bUlyanovsk State University
(Ulyanovsk, Russian Federation)

^cMoscow Automobile and Road Construction State Technical
University (MADI)
(Moscow, Russian Federation)

Abstract: *The article deals with the development of a digitalization strategy for technical services in the agro-industrial complex. The results of investigations of methods of diagnostics by indirect parameters, methods of troubleshooting, wireless data transmission technologies are presented, technologies for processing big data are considered, and a technique for predicting the frequency of maintenance of equipment based on the actual state is theoretically substantiated.*

Keywords: *technical diagnostics; diagnostic parameters; troubleshooting; wireless data transmission; big data technology; machine learning.*

Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта предполагает безаварийную эксплуатацию и ремонт машин, однако на практике приходится учитывать и неплановые ремонты. Причинами неплановых ремонтов чаще всего является неудовлетворительное техническое состояние или аварийные состояния по причине некачественного технического обслуживания. Повышение эффективности эксплуатации техники за счет снижения количества неплановых ремонтов требует внедрения научно обоснованных направлений совершенствования организации технического обслуживания на основе цифровых технологий.

Стратегия цифровизации технического сервиса в АПК предполагает ряд этапов: внедрение систем непрерывной (оперативной) диагностики и технологий беспроводной передачи данных от систем контроля, установленных на узлах и агрегируемых навесных и прицепных машинах; сбор, обработка структурированной диагностической информации и поиск общих закономерностей, позволяющие использовать машинное изучение данных; прогнозирование потребности в запасных частях, периодичности обслуживания; обслуживание по фактическому состоянию.

Этап технической диагностики предполагает решение нескольких основных задач: обеспечение безопасности, функциональной надёжности и эффективности работы технического объекта; сокращение затрат на его техническое обслуживание; уменьшение потерь от простоев в результате отказов и преждевременных выводов в ремонт. В качестве диагностических параметров могут быть приняты: прямые – непосредственно характеризуют состояние объекта; косвенные – связаны с прямыми параметрами функциональной зависимостью.

При функциональной диагностике объекта в процессе его работы – наряду с отдельно рассматриваемыми параметрами – могут использоваться также как признак состояния функциональные связи (функциональные зависимости) параметров.

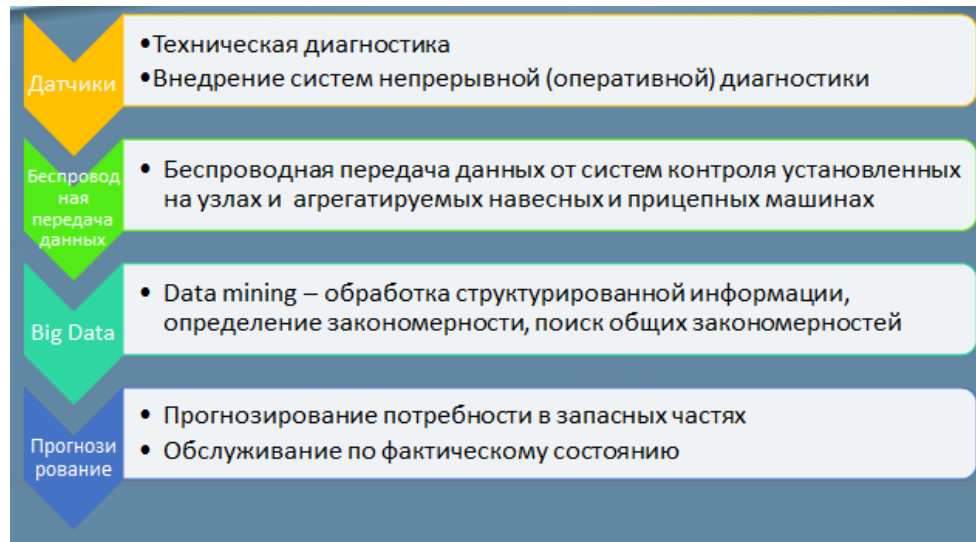


Рисунок 1 – Стратегия цифровизации технического сервиса в АПК

К методам диагностирования применимым в условиях АПК можно отнести:

- вибрационные;
- акустические;
- тепловые;
- трибодиагностика;
- диагностика на основе анализа продуктов износа в продуктах сгорания;
- акустическая эмиссия;
- радиография;
- магнитопорошковый;
- вихретоковый;
- ультразвуковой контроль;
- капиллярный контроль;
- параметрической диагностики;
- электродиагностический контроль.

Решение задач технической диагностики предполагает использование методов поиска неисправностей. При

относительно небольшом количестве диагностируемых узлов и агрегатов возможно использование как тестового диагностирования при техническом обслуживании техники, так и метода последовательных элементарных проверок в непрерывном режиме или периодически в процессе эксплуатации техники.

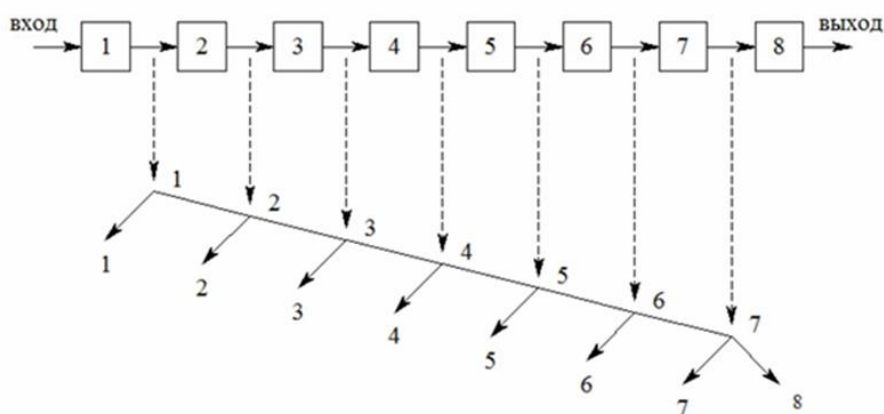


Рисунок 2 – Реализация метода последовательных элементарных проверок

Техническая диагностика с применением специально разработанных датчиков и систем контроля предполагает передачу данных. Перспективным направлением развития технической диагностики является внедрение беспроводной передачи данных, которая расширяет возможности систем контроля без необходимости значительной модернизации техники. Беспроводная передача данных особенно актуальна для агрегируемой техники, сложных агрегируемых орудий. Использование ячеистой топологии (mesh-топология) позволяет коммутировать центр обработки и выдачи диагностической информации как напрямую, так и через промежуточные узлы сети.

Пример разработанной коммутируемой сети приемопередающих устройств системы контроля обводненности дизельного топлива представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Приемопередающие устройства системы контроля обводненности дизельного топлива

Накопление и обработка статистических данных о техническом состоянии машин предполагает решение задач сбора, обработки структурированной диагностической информации и поиск общих закономерностей, позволяющих использовать машинное изучение данных посредством технологий Big data. Анализ массивов данных из различных источников дает возможность получать из них ранее неизвестную информацию, строить прогнозы изменения технического состояния машин и оборудования, прогнозировать потребность в запасных частях.

Прогнозирование периодичности обслуживания техники требует теоретического обоснования, не только основываясь на статистических данных, но и на анализе факторов, воздействующих на деградацию технического состояния. Периодичность технического обслуживания, в таком случае, может быть не постоянна, и зависеть от требуемой надежности и допустимых затрат. Деградация технического состояния техники (системы, агрегата, блока, элемента) в процессе длительной эксплуатации характеризуется непрерывным одномерным, монотонно возрастающим случайным процессом $X(t)$, который контролируется без ошибок в моменты $t_k = k \cdot \Delta t$, $k = 0, 1, 2, \dots$

В таком случае уместно применить теорию параметрической надежности. Приращения процесса $X(t)$ по шагам контроля независимы и образуют последовательность независимых случайных величин с общей функцией распределения:

$$F(x) = P\{\Delta X_k < x\}, \quad (1)$$

где ΔX_k – приращения процесса по шагам контроля $k = 1, 2, \dots$

Пусть C_1 – средние потери времени на техническое обслуживание системы $X(t)$ если параметр находится внутри поля допуска $(0, L)$ (предупредительное, профилактическое техническое обслуживание); C_2 – средние потери времени на техническое обслуживание, если параметр вышел за пределы поля допуска $(0, L)$ (аварийное обслуживание).

Функция удельных потерь:

$$y_k = \begin{cases} \frac{C_1}{t_k}, & \text{если } t_k < t_z \\ \frac{C_2}{t_k}, & \text{если } t_k \geq t_z \end{cases} \quad (2)$$

где t_z – момент выхода процесса $X(t)$ за уровень L на графике

Задача заключается в отыскании такого правила остановки (технического обслуживания) v^* , при котором достигается критерий минимальности затрат в процессе длительной эксплуатации системы.

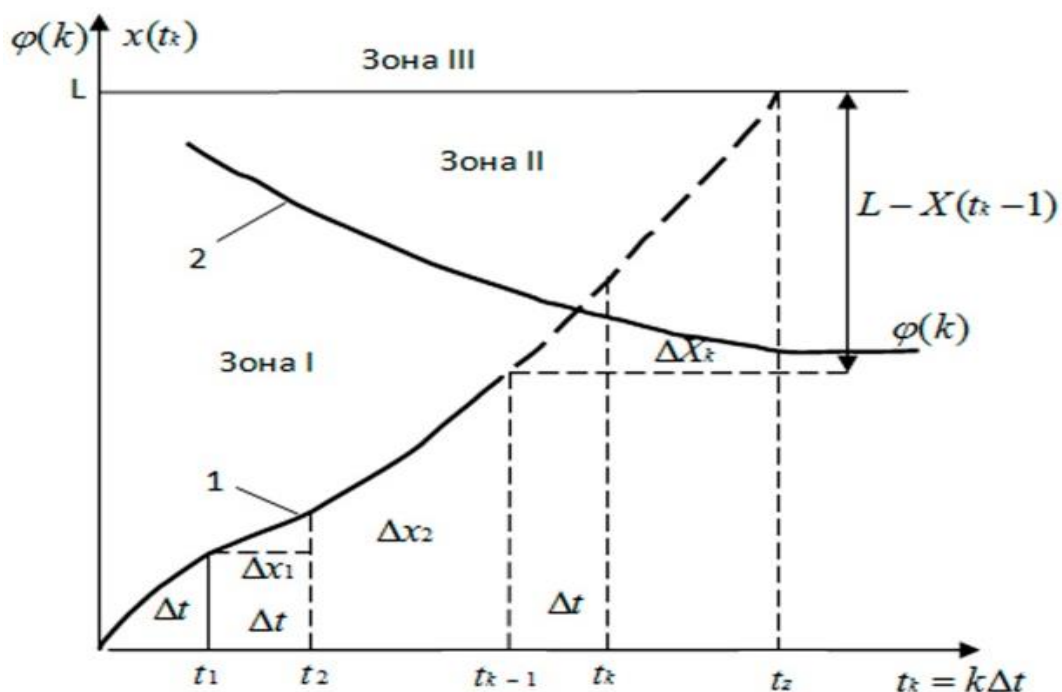


Рисунок 4 – Определение правил оптимальной остановки

Реализация концепции технического обслуживания по фактическому состоянию возможна посредством проведения

непрерывного контроля и периодической технической диагностики перечня параметров состояния техники (рисунок 5).



Рисунок 5 – Этапы реализации концепции технического обслуживания по фактическому состоянию

На основании приведенной выше информации, можно сделать вывод о том, что стратегия цифровизации технического сервиса в АПК позволит достичь целевых показателей: уменьшение затрат на обслуживание техники, количества обслуживаний (времени нахождения техники на техническом обслуживании или ремонте), количества отказов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Афонин М. А., Варнаков Д. В. Определение фактической загрязненности моторного масла применением устройства оперативной оценки / Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (69). С. 109-112.
3. Варнаков Д. В., Афонин М. А. Применение контрольных карт Шухарта в системах измерения параметров // Аграрный научный журнал. 2018. № 2. С. 54-58.
4. Варнаков Д. В. Использование диагностических параметров при оценке и прогнозе : монография. Ульяновск : УлГУ, 2013. 124 с.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614322 Рос. Федерация. Оценка эффективности управления

процессами технического обслуживания и ремонта машин / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. А. Афонин, М. Е. Дежаткин, Е. В. Кураева, М. С. Кузнецова. Заявл. 13.02.18; опубл. 04.04.18.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018613762 Рос. Федерация. Обоснование оптимального выбора процесса консервации машин / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, М. Е. Дежаткин, И. С. Смирнова, В. В. Варнаков, Е. А. Варнакова. Заявл. 07.02.18; опубл. 22.03.18.

7. Разработка устройства оперативной оценки качества моторного масла / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, М. А. Афонин, Д. Н. Яшин // Технологии нефти и газа. 2018. № 1 (114). С. 61-69.

8. Варнаков Д. В., Афонин М. А., Калинин О. В. Оперативная оценка остаточного ресурса моторного масла при техническом обслуживании военной автомобильной техники // Проблемные вопросы материально-технического обеспечения группировки войск (сил) (по итогам проведения специальных учений и выполнения задач органами военного управления, соединениями и воинскими частями МТО в ходе маневров войск (сил) «Восток-2018»): сборник научных статей по материалам Отраслевой научно-практической конференции (25 окт. 2018 г., г. Санкт-Петербург). 2018. Ч. 2. С. 339-344. Инв. № 46365.

9. Пат. 182231 Российская Федерация, G01N21/00. Устройство контроля остаточного ресурса моторного масла двигателя внутреннего сгорания / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, В. В. Варнаков, В. Н. Яшин. Заявл. 03.04.2018; опубл. 08.08.2018; Бюл. № 22.

REFERENCES

1. Didmanidze O. N., Karev A. M., Mitjagin G. E. O perspektivah razvitiya avtomobil'nogo transporta v agropromyshlennom komplekse [On the prospects for the development of road transport in the agro-industrial complex]. *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal*, 2016, no. 1, pp. 53-65.

2. Afonin M. A., Varnakov D. V. Opredelenie fakticheskoj zagryaznenosti motornogo masla primeneniem ustrojstva operativnoj ocenki [Determination of the actual contamination of engine oil using a rapid assessment device]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, no. 1 (69), pp. 109-112.

3. Varnakov D. V., Afonin M. A. Primenenie kontrol'ny`x kart Shuxarta v sistemax izmereniya parametrov [Application of Shewhart control charts in parameter measurement systems]. *Agrarny`j nauchny`j zhurnal*, 2018, no. 2, pp. 54-58.

4. Varnakov D. V. Ispol`zovanie diagnosticheskix parametrov pri ocenke i prognoze. Ul`yanovsk, UIGU, 2013, 124 p.

5. Varnakov D. V., Varnakov V. V., Afonin M. A., Dezhatkina M. E., Kurayeva E. V., Kuznetsova M. S. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii program-

my` dlya E`VM № 2018614322 Ros. Federaciya. Ocenka e`ffektivnosti upravleniya processami texnicheskogo obsluzhivaniya i remonta mashin. Zayavl. 13.02.18; opubl. 04.04.18.

6. Varnakov D. V., Afonin M. A., Dezhatkin M. E., Smirnova I. S., Varnakov V. V., Varnakova E. A. Svidetel`stvo o gosudarstvennoj registracii programmy` dlya E`VM № 2018613762 Ros. Federaciya. Obosnovanie optimal`nogo vy`bora processa konservacii mashin. Zayavl. 07.02.18; opubl. 22.03.18.

7. Varnakov D. V., Varnakov V. V., Afonin M. A., Yashin D. N. Razrabotka ustrojstva operativnoj ocenki kachestva motornogo masla [Development of a device for the rapid assessment of the quality of engine oil]. *Texnologii nefti i gaza*, 2018, no. 1 (114), pp. 61-69.

8. Varnakov D. V., Afonin M. A., Kalinin O. V. Operativnaya ocenka ostatochnogo resursa motornogo masla pri texnicheskom obsluzhivanii voennoj avtomobil`noj texniki [Rapid assessment of the residual resource of engine oil during the maintenance of military vehicles]. *Problemnny`e voprosy` material`no-texnicheskogo obespecheniya gruppirovki vojsk (sil) (po itogam provedeniya special`ny`x uchenij i vy`polneniya zadach organami voennogo upravleniya, soedineniyami i voinskimi chastyami MTO v xode manevrov vojsk (sil) «Vostok-2018»)*. Sbornik nauchny`x statej po materialam Otrasleyvoj nauchno-prakticheskoj konferencii (25 okt. 2018 g., g. Sankt-Peterburg). 2018. Ch. 2. S. 339-344. Inv. no. 46365.

9. Varnakov D. V., Afonin M. A., Varnakov V. V., Yashin V. N. Pat. 182231 Rossijskaya Federaciya, G01N21/00. Ustrojstvo kontrolya ostatochnogo resursa motornogo masla dvigatelya vnutrennego sgoraniya /. Zayavl. 03.04.2018; opubl. 08.08.2018; Byul. no. 22.

Об авторах:

Ерохин Михаил Никитьевич, профессор кафедры сопротивления материалов и деталей машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), академик РАН, доктор технических наук, профессор, p.erohin@rgau-msha.ru.

Варнаков Дмитрий Валерьевич, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, varndm@mail.ru.

Варнаков Валерий Валентинович, заведующий кафедрой техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, профессор, varnval@mail.ru.

Карелина Мария Юрьевна, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический

университет (МАДИ)» (125319, Российская Федерация, Москва, Ленинградский проспект, 64), доктор технических наук, профессор, nauka@madi.ru.

About the authors:

Mikhail N. Erokhin, professor of the Department of Resistance of Materials and Machine Parts, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, n.erohin@rgau-msha.ru.

Dmitrii V. Varnakov, professor of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, varndm@mail.ru.

Valerii V. Varnakov, Head of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), professor, varnval@mail.ru.

Mariya Yu. Karelina, Vice-rector for Research, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI) (125319, Russian Federation, Moscow, Leningradsky Prospekt, 64), D.Sc. (Engineering), professor, nauka@madi.ru.

ОБОСНОВАНИЕ РАСЧЁТА АВТОТРАКТОРНОГО РАДИАТОРА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**О. Н. Дидманидзе, С. М. Гайдар,
Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков**
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В данной статье обобщается составная часть процесса конструкторского проектирования альтернативных радиаторов системы охлаждения для автотракторных двигателей. Выявлен переход от задач «моделирование – анализ – изменение параметров и структуры» к решению задач обеспечения теплового режима радиатора как к задачам структурного и параметрического синтеза, когда в качестве результата представлены значения параметров и характеристики системы охлаждения и конструкции, позволяющие обеспечить заданный тепловой режим для улучшения теплового баланса газового двигателя трактора МТЗ-82. В основе нового радиатора заложена облегченная сердцевина с полиуретановыми пластинами с двенадцатью сквозными капиллярами для циркуляции охлаждающей жидкости в процессе теплообмена.*

***Ключевые слова:** Система охлаждения; радиатор с полиуретановой сердцевиной; тепловой баланс; охлаждающая матрица.*

SUBSTANTIATION OF CALCULATION OF AUTOMOTIVE RADIATOR OF COOLING SYSTEM USING POLYMER MATERIALS

O. N. Didmanidze, S. M. Gaidar, E. P. Parliuk, N. A. Bol'shakov
*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** This article summarizes an integral part of the design process of alternative cooling system radiators for automotive engines. The transition from the problems of "modeling - analysis - changing the parameters and structure" to the solution of the problems of ensuring the thermal regime of the radiator as to the problems of structural and parametric synthesis is revealed, when as a*

result the values of the parameters and characteristics of the cooling system and the structure are presented, which make it possible to provide a given heat lance mode to improve the thermal balance of the gas engine of the MTZ-82 tractor. The new radiator is based on a lightweight core with polyurethane plates with twelve through capillaries for circulating coolant during heat exchange.

Keywords: *Cooling system; radiator with polyurethane core; thermal balance; cooling matrix.*

Обязательной составной частью процесса конструкторского проектирования альтернативных радиаторов системы охлаждения для автотракторных двигателей является тепловое проектирование, направленное на решение вопросов обеспечения нормального теплового режима и выполняемое на различных этапах разработки. Тепловой режим радиатора оценивается с помощью различных тепловых характеристик, базирующихся на анализе температурных полей конструкций [1]. Задачи обеспечения нормального теплового режима радиатора решаются путем проведения многократного анализа необходимых тепловых характеристик и изменения соответствующих параметров и режимов функционирования выбранной системы охлаждения, конструкции и, если требуется, схемы устройства. Такой традиционный подход характеризуется итерационностью, достаточно большими временными затратами.

Перспективным подходом здесь является переход от задач «моделирование – анализ – изменение параметров и структуры» к решению задач обеспечения теплового режима радиатора как к задачам структурного и параметрического синтеза, когда в качестве результата получаем значения параметров и характеристики системы охлаждения и конструкции, позволяющие обеспечить заданный (нормальный) тепловой режим. Дальнейшим шагом в повышении эффективности теплового проектирования является переход к задачам оптимизации с использованием специальных тепловых критериев, направленных на получение оптимальных тепловых характеристик полиуретанового материала для радиатора [2]. Поэтому наиболее эффективным является организация, построение и осуществление процесса оптимального многоэтапного теплового проектирования радиаторов системы охлаждения автотракторных двигателей, охватывающего все этапы разработ-

ки конструкций, что требует создания и формирования комплекса методов и средств его реализации и поддержки.

Таким образом, актуальность темы определяется важностью и необходимостью разработки и практической реализации соответствующих моделей, алгоритмов и методик прогнозирования, оценки, обеспечения и оптимизации тепловых характеристик, применимых на различных этапах проектирования конструкций радиатора с полиуретановой сердцевиной.

На сегодняшний день известен ряд работ [3], посвященных поиску и реализации методов и способов проектирования теплообменного материала для систем охлаждения автотракторных двигателей. Их авторами являются отечественные и зарубежные специалисты ведущих институтов и организаций, в т. ч. Куликов Ю. А., Третьяков А. П., Панов Н. И., Луков Н. М., Розенблит Г. Б., Ткаля В. С., Горин В. И., Перминов В. А., Гайворонский Б. Г., Ситников Е. А., Петухов Б. С., Михеев М. А., Михеева И. М., Кутателадзе С. С., Егунов П. М., Свизяев В. П., Туров Л. С., Слободенюк А. С. и др. Некоторые из предложенных ими методов могут быть применены для оценки расчетов системы охлаждения быстроходных дизелей, однако для предлагаемого радиатора с полиуретановой сердцевиной необходимо ввести учёт специфики тепловозных условий, что говорит о необходимости их проработанности.

Преобразование теплоты в работу в цилиндре двигателя внутреннего сгорания согласно второму началу термодинамики связано с отводом в окружающую среду части теплоты, выделяющейся при сгорании топлива. Последняя отводится как с выхлопными газами, так и с охлаждающей жидкостью, которая воспринимает теплоту от ограждений камеры сгорания (днища поршня, огневой поверхности крышки цилиндра, втулки цилиндра и пр.). Условия организации отвода теплоты от ограждений камеры сгорания в значительной степени определяют температурный уровень деталей цилиндропоршневой группы [3].

Под условиями организации отвода теплоты в данном исследовании принимаются как физические факторы передачи теплоты от газов ограждениям камеры сгорания и от нагретых деталей охлаждающей среде, так и конструктивные факторы, определяющие направленность и плотность тепловых потоков в деталях

ЦПГ. Ограждения камеры сгорания воспринимают теплоту от газов, образующихся при сгорании топлива как за счет конвективного, так и лучистого теплообмена [4].

В рассматриваемой замкнутой одноконтурной системе охлаждения быстроходных двигателей в качестве теплорассеивающего материала, с помощью которого теплоту воспринятую системой охлаждения, отводит в окружающую среду (воздух), применяют полиуретан. Радиатор с полиуретановой сердцевиной состоит из верхнего и нижнего резервуаров, соединенных между собой охлаждающей решеткой [5].



Материал основных
элементов радиатора:
ПОЛИУРЕТАН

Рисунок 1 – Тракторный радиатор МТЗ-80 системы охлаждения двигателя с полиуретановой сердцевиной

Охлаждающая матрица трубчатого радиатора (рисунок) состоит из круглых или овальных трубок, к которым припаяны тонкие горизонтальные пластины (ребра), выполненные из теплопроводного материала. Наличие ребер повышает эффект теплообмена и жесткость конструкции. В этих радиаторах охлаждаемая жидкость движется по трубкам, а в межтрубном оребренном пространстве движется охлаждающий воздух.

При этом трубки расположены в коридорном порядке. Из характеристик двигателя известны температуры охлаждаемой воды $t_{\text{охл}}$ и воздуха $t_{\text{окр}}$. Известны коэффициенты теплоотдачи от

охлаждаемой воды $a_{\text{охл}}$ трубкам и коэффициенты теплоотдачи от внешних поверхностей труб воздуху $a_{\text{т}}$ и от пластин воздуху $a_{\text{р}}$. Величины этих коэффициентов неизменны вдоль теплоотдающих поверхностей. Соответственно толщина трубки равна $\delta_{\text{т}}$, теплопроводность ее материала $\lambda_{\text{т}}$. Аналогично пластина имеет толщину $\delta_{\text{р}}$ и теплопроводность $\lambda_{\text{р}}$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе О. Н., Гузалов А. С., Большаков Н. А. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на тягово-транспортных средствах // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 52-59.

2. Афанасьев А. С., Хакимов Р. Т., Печурин А. А. Температурно-динамические испытания систем кондиционирования кабин автотранспортной техники // В сб.: Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности населения. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России. 2017. С. 266-271.

3. Гузалов А. С., Дидманидзе О. Н., Девянин С. Н. Повышение эффективности работы трактора путём совершенствования работы двигателя // В сб.: Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона. 2020. С. 318-321.

4. Пути совершенствования охлаждающих систем при использовании метана в газомоторных двигателях / О. Н. Дидманидзе, Р. Т. Хакимов, Е. П. Парлюк, Н. А. Большаков // В сб.: Доклады ТСХА 2019. С. 7-10.

5. Чутчева Ю. В., Пуляев Н. Н., Коротких Ю. С. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 2-5.

REFERENCES

1. Didmanidze O. N., Guzalov A. S., Bol'shakov N. A. Sovremennyyi uroven' razvitiia dvigatelei s gazomotornoi i elektricheskoi silovoi ustanovkami na tiagovo-transportnykh sredstvakh [The current level of development of engines with gas engine and electric power plants on traction vehicles]. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*, 2019, no. 4, pp. 52-59.

2. Afanas'ev A. S., Khakimov R. T., Pechurin A. A. Temperaturno-dinamicheskie ispytaniia sistem konditsionirovaniia kabin avtotransportnoi tekhniki [Temperature-dynamic tests of air conditioning systems for cabins of

motor vehicles]. *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Obespechenie kompleksnoi bezopasnosti zhiznedeiatel'nosti naseleniia*. Sankt-Peterburgskii universitet Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby MChS Ros-sii, 2017, pp. 266-271.

3. Guzalov A. S., Didmanidze O. N., Devianin S. N. Povyshenie effektivnosti raboty traktora putem sovershenstvovaniia raboty dvigatel'ia [Improving tractor efficiency by improving engine performance]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posviashchennoi 160-letiiu V.A. Mikhel'sona*, 2020, pp. 318-321.

4. Didmanidze O. N., Khakimov R. T., Parliuk E. P., Bol'shakov N. A. Puti sovershenstvovaniia okhlazhdaiushchikh sistem pri ispol'zovanii metana v gazomotornykh dvigateliakh [Ways to improve cooling systems when using methane in gas engine engines]. *Doklady TSKhA 2019*, pp. 7-10.

5. Chutcheva Yu. V., Pulyaev N. N., Korotkikh Yu. S. Perspektivnye napravleniia razvitiia tiagovo-transportnykh sredstv dlia sel'skogo khoziaistva [Perspective directions of development of traction vehicles for agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*. 2020, no. 9 (279), pp. 2-5.

Об авторах:

Дидманидзе Отари Назирович, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

Гайдар Сергей Михайлович, заведующий кафедрой «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, techmash@rgau-msha.ru.

Парлюк Екатерина Петровна, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат экономических наук, доцент, kparlyuk@rgau-msha.ru.

Большаков Николай Александрович, аспирант кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federa-

tion, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

Sergey M. Gaidar, Head of the Department of Materials Science and Technology of Machine Building, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, techmash@rgau-msha.ru.

Ekaterina P. Parlyuk, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, kparlyuk@rgau-msha.ru.

Nikolay A. Bolshakov, post-graduate student of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ НАДДУВ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ДЛЯ ТРАКТОРА

О. Н. Дидманидзе, С. Н. Девянин, А. С. Гузалов
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В данной статье с целью повышения мощностных характеристик двигателей и эффективности использования потенциальных возможностей силовых установок сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов, а также для улучшения приспособляемости двигателя описан разработанный «Дополнительный управляемый электронагнетатель».*

***Ключевые слова:** автотракторный двигатель; мощностные показатели; сельское хозяйство; тягово-транспортные средства; электропривод.*

OPTIONAL ELECTRIC BOOST FOR TRACTOR

O. N. Didmanidze, S. N. Devyanin, A. S. Guzalov
*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** In this article, in order to increase the power characteristics of engines and the efficiency of using the potential capabilities of power plants of agricultural machine and tractor units, as well as to improve the adaptability of the engine, the developed «Additional controlled electric supercharger» is described.*

***Keywords:** tractor engine; power indicators; agriculture; traction vehicles; electric power.*

Анализ научных работ показал, что исследования по принудительной подаче воздуха в цилиндры двигателя в основном проводились на двигателях тракторов 5-7 тяговых классов. Работ по принудительному наддуву воздуха на двигателях тракторов малого и среднего тяговых классов не проводились несмотря на то, что турбонадув установлен на двигателях тракторов начиная с тя-

гового класса 1,4 [1]. В связи с этим, нами было принято решение провести экспериментальные исследования с дополнительным оборудованием по принудительному наддуву на двигателе Д-260.2 трактора 2 тягового класса. Следует отметить, что основным недостатком в стандартном исполнении системы наддува данного двигателя является отсутствие момента, который обеспечивал бы нужные показатели давления наддува при низкой частоте вращения коленчатого вала двигателя, т. к. расход отработавших газов очень мал и мощности турбины не хватает на раскручивание привода компрессора для получения требуемых ему параметров.

Поэтому доступные варианты дальнейшего нагнетания воздуха в двигатель внутреннего сгорания традиционными методами без использования принудительного давления крайне ограничены [2].

Путем математического моделирования были определены режимы работы электронагнетателя непосредственно с двигателем Д-260.2. Двигатели Д-260 и ее модификации широко используются на сельскохозяйственной технике и имеют большое распространение на территории России.

Расчеты, симулирующие работу двигателя с использованием созданной модели «Дополнительного управляемого электронагнетателя», показали, что крутящий момент двигателя на низких частотах вращения двигателя увеличивается до 15 %. При этом также улучшается до 3 % эффективность использования топлива с электродвигателем мощностью 2 кВт [3].

Для подтверждения расчётных данных на кафедре тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева была разработана установка для исследования характеристик дополнительного наддува с электроприводом, на которой были проведены эксперименты по снятию и получению требуемых характеристик, а также проведены испытания на электрические колебания [4].

При создании и проектировании прототипа ТКР с ДУЭН, использовались расчётные работы, включающие в себя совокупность математических и алгоритмических моделей, средств, описывающих характер протекания соответствующих процессов, определяющих порядок и условия пользования соответствующи-

ми формулами, аналитическими соотношениями, для достижения целей и решения задачи в исследовании [5].

По результатам исследований был выбран управляемый электромагнетитель, определена необходимая мощность, геометрические параметры и тип винта на валу бесколлекторного электродвигателя, соответствующий необходимым параметрам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Синявский В. В., Иванов И. Е. Форсирование двигателей и агрегаты наддува. М. : МАДИ, 2016. 112 с.
2. Дидманидзе О. Н., Гузалов А. С., Большаков Н. А. Современный уровень развития двигателей с газомоторной и электрической силовой установками на тягово-транспортных средствах // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 52-59.
3. Новиков Е. В., Гузалов А. С. Тенденции развития мощностных показателей на автомобильных двигателях // В сб.: Перспективные направления развития автотранспортного комплекса : сборник статей XIV Международной научно- практической конференции. Пенза, 2020. С. 54-57.
4. Чутчева Ю. В., Пуляев Н. Н., Коротких Ю. С. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 2-5.
5. Столяров Д. М., Коротких Ю. С., Пуляев Н. Н. Анализ современных двигателей внутреннего сгорания с электросиловыми установками // Наука без границ. 2019. № 6 (34). С. 56-59.

REFERENCES

1. Siniavskii V. V., Ivanov I. E. Forsirovanie dvigatelei i agregaty nadduva [Engine boost and boost units]. Moscow, MADI, 2016, 112 p.
2. Didmanidze O. N., Guzalov A. S., Bol'shakov N. A. Sovremennyyi uroven' razvitiia dvigatelei s gazomotornoi i elektricheskoi silovoi ustanovkami na tiagovo-transportnykh sredstvakh [The current level of development of engines with gas-engine and electric power plants on traction vehicles]. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*, 2019, no. 4, pp. 52-59.
3. Novikov E. V., Guzalov A. S. Tendentsii razvitiia moshchnostnykh pokazatelei na avtomobil'nykh dvigateliakh [Trends in the development of power indicators on automobile engines]. *Perspektivnye napravleniia razvitiia avtotransportnogo kompleksa*, 2020, pp. 54-57.
4. Chutcheva Yu. V., Pulyaev N. N., Korotkikh Yu. S. Perspektivnye napravleniia razvitiia tiagovo-transportnykh sredstv dlia sel'skogo khoziaistva

[Promising directions of development of traction vehicles for agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*, 2020, no. 9 (279), pp. 2-5.

5. Stoliarov D. M., Korotkikh Yu. S., Pulyaev N. N. Analiz sovremennykh dvigatelei vnutrennego sgoraniia s elektrosilovymi ustanovkami [Analysis of modern internal combustion engines with electric power plants]. *Nauka bez granits*, 2019, no. (34). pp. 56-59.

Об авторах:

Дидманидзе Отари Назирович, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

Девянин Сергей Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, devta@rambler.ru.

Гузалов Артембек Сергеевич, аспирант кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

Sergey N. Devyanin, professor of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, devta@rambler.ru.

Artembek S. Guzalov, post-graduate student of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДГОТОВКИ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПРИ УСЛОВИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ И ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Д. В. Варнаков¹, С. А. Симачков², Е. П. Парлюк³, Д. О. Буров¹
¹ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

(г. Ульяновск Российская Федерация)

²ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации», (г. Москва, Российская Федерация)

³ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы триботехнических свойств биодизельного топлива на основе рапсового масла. Представлен способ дозирования биотоплива для дизельных двигателей и предложено техническое решение для его реализации. Приведено обоснование критериев при разработке автоматизированной системы оптимального дозирования биотоплива для дизельных двигателей.

Ключевые слова: дизельное топливо; низкотемпературные свойства; рапсовое масло; биотопливо; триботехнические свойства; топливная аппаратура.

DEVELOPMENT OF A FUEL TREATMENT SYSTEM FOR BIODIESEL FUEL UNDER THE CONDITIONS OF PROVID- ING ITS LOW TEMPERATURE AND TRIBOTECHNICAL PROPERTIES

D. V. Varnakov^a, S. A. Simachkov^b, E. P. Parlyuk^c, D. O. Burov^a
^aUlyanovsk State University

(Ulyanovsk, Russian Federation)

^b25 State Research Institute of Chemotology of the Ministry
of Defense of the Russian Federation

(Moscow, Russian Federation)

^cRussian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)

Abstract: *The article deals with the issues of tribological properties of biodiesel fuel based on rapeseed oil. A method for dosing biofuel for diesel engines is presented and a technical solution for its implementation is proposed. The substantiation of the criteria for the development of an automated system for optimal dosing of biofuel for diesel engines is given.*

Keywords: *diesel fuel; low temperature properties; rapeseed oil; biofuel; tribotechnical properties; fuel equipment.*

Современные международные экологические стандарты для дизельного топлива приводят к необходимости добавления компонентов растительного происхождения. Одним из наиболее подходящих компонентов биодизельного топлива является рапсовое масло. Ранее установлено, что по экологическим параметрам биодизельное топливо превосходит дизельное, а из всех производимых растительных масел рапсовое является одним из наиболее дешевых.

Практика использования глубокоочищенных топлив в ряде стран Западной Европы и США показывает, что снижение содержания вредных веществ в выхлопных газах сопровождается преждевременным выходом из строя прецизионных пар топливоподающей аппаратуры, в т.ч. и плунжерных пар топливных насосов высокого давления [1, 2, 3].

В сущности, используемый непосредственно на автомобильном транспорте биодизель, является смесью дизельного топлива с разного рода растительными компонентами. При этом оптимальное соотношение применяемых компонентов биодизельного топлива определяется, прежде всего такими требованиями как: физико-химические, экологические, а также энергетическими [4, 5, 6].

Немалое значение имеют триботехнические свойства биодизельного топлива как один из критериев для определения оптимального дозирования компонентов.

Именно поэтому, определение оптимального соотношения применяемых компонентов биодизельного топлива, с обязательным учетом его свойств эксплуатации, в условиях низкой температуры, а также составление дифференциальных уравнений, позволяющих определить наиболее оптимальный компонентный состав для работы в определенных климатических условиях, явля-

ется весьма актуальной и важной задачей [6].

Основываясь на результатах проведенных исследований, удалось выявить определенные зависимости низкотемпературных эксплуатационных свойств биодизельного топлива от компонентов, входящих в его состав. В нашем случае же, в качестве компонента биодизельного топлива выступает рапсовое масло.

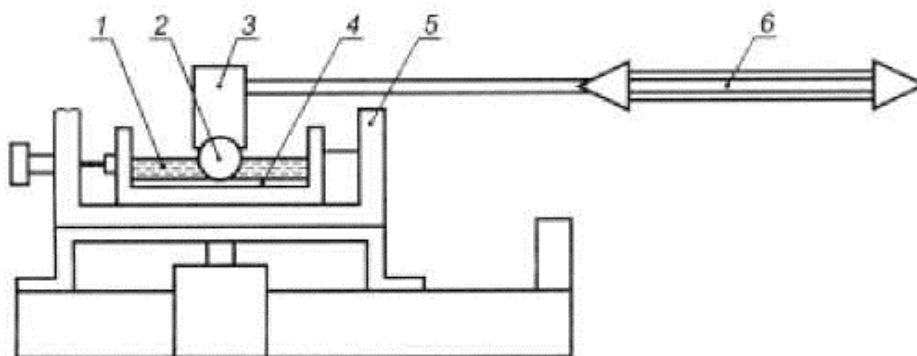


Рисунок 1 – Схема аппарата HFRR:

1 – топливный резервуар; 2 – шарик из металла; 3 – прикладываемая нагрузка; 4 – пластина из металла; 5 – нагревательный элемент; 6 – направление движения, имеющее возвратно-поступательный характер

Исследование триботехнических свойств биодизельного топлива проводились на аппарате HFRR, схема которого представлена на рисунке 1. Для обеспечения условий испытания необходимо обеспечить возможность приведения в движение возвратно-поступательного характера строго-заданной частотой, длиной хода и нагрузкой укрепленный металлический шарик, находящийся в непосредственном контакте со стационарной пластиной, выполненной из стали. Контактующие поверхности вышеуказанных элементов должны быть полностью погружены в исследуемое топливо, согласно условиям испытания указанных в таблице 1.

Измерение пятна износа

Процесс измерения пятна износа шарика происходит следующим образом: металлический шарик, недавно изъятый из установки для измерения, помещают под микроскоп, имеющий 100-кратное увеличение.

Шарик двигают с целью определения центра пятна износа. Затем происходит регулировка подсветки микроскопа, ввиду

необходимости точного определения края пятна износа.

Таблица 1 – Условия проведения испытаний

Параметр	Значение
Объем топлива, см ³	2 ±0,2
Амплитуда колебаний, мм	1 ±0,02
Частота колебаний, Гц	50 ±1
Температура топлива, °С	60 +2
Приложенная нагрузка, г	200 +1
Длительность испытания, мин	75 ±0,1
Площадь поверхности топлива, мм ²	600 ±100

Измерение диаметра пятна износа определяется по оси абсцисс и оси ординат соответственно с точностью до 1 мкм. Затем, полученные в результате измерений значения, в обязательном порядке заносятся в таблицу. В случае отличия размеров пятна превышает диапазон от плюс 100 до минус 30 мкм, стоит в первую очередь проверить корректность в определении границ пятна износа металлического шарика.

Обработка результатов

Некоррелированный средний диаметр пятна износа MWSD, мкм, рассчитывают по формуле:

$$MWSD = \frac{x + y}{2}, \quad (1)$$

где x – размер пятна износа, перпендикулярный к направлению движения, имеющему возвратно-поступательный характер, мкм;

y – размер пятна износа, параллельный к направлению движения, имеющему возвратно-поступательный характер, мкм.

В результате проведенных исследований была получена математическая зависимость триботехнических параметров дизельного топлива смешанного с рапсовым маслом. Она имеет вид:

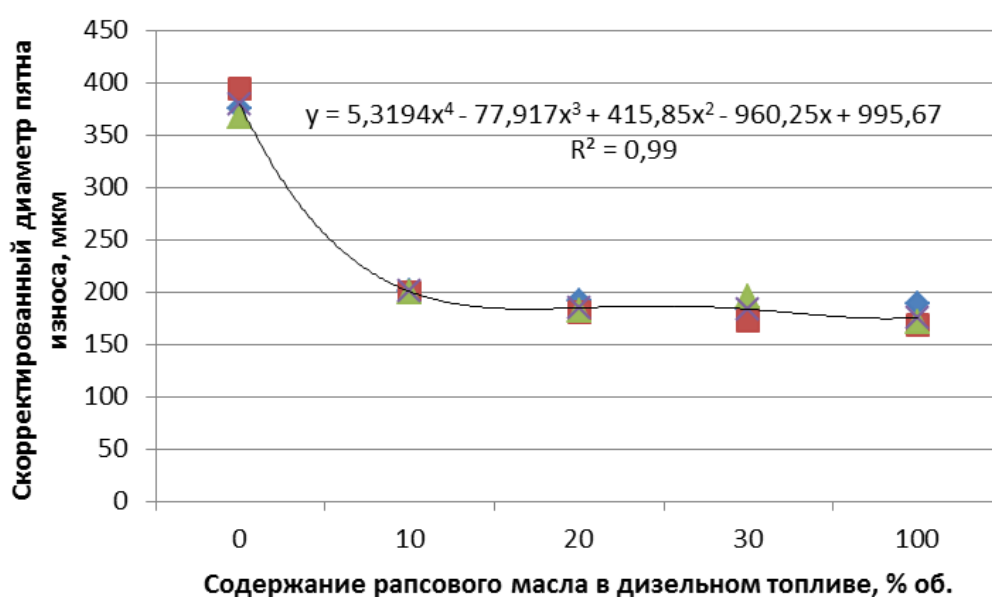
$$y = 5,3194x^4 - 77,917x^3 + 415,85x^2 - 960,25x + 995,67 \quad (2)$$

где x – содержание рапсового масла в дизельном топливе, выраженное в процентах.

Достоверность аппроксимации составляет $R^2 = 0,099$.

**Таблица 2 – Результаты, полученные при испытаниях смесей
дизельного топлива с рапсовым маслом, согласно ГОСТ Р
ИСО 12156-1-2006**

№ п/п	Содержание рапсово- го масла в ДТ, % об.	Скорректированный диаметр пятна износа при 60 °С, мкм		
		результат 1	результат 2	результат 3
1	0	375	394	367
2	10	201	200	200
3	20	191	181	182
4	30	183	172	195
5	100	188	168	171



**Рисунок 2 – Диаграмма изменений триботехнических
параметров дизельного топлива, имеющего в своем составе
рапсовое масло**

Полученная, на основании результатов исследований, закономерность показывает, что в случае увеличения процента содержания рапсового масла в биодизельном топливе в диапазоне от 0 % до 100 % происходит изменение скорректированного диаметра пятна износа при 60 °С, который и характеризует триботехнические свойства. Также важным следствием при этом является то, что увеличение концентрации рапсового масла в составе биодизельного топлива более чем на 10 % способно приводить к незначительному увеличению противоизносных свойств топлива.

При этом стоит также упомянуть и о негативных сторонах повышения концентрации рапсового масла в дизельном топливе. К ним можно отнести как снижение полноты сгорания топлива, что сказывается на повышении его расхода, так и повышение дымности отработанных газов.

При проведении исследований были также выдвинуты гипотезы, согласно которым происходит изменение триботехнических свойств у биодизельного топлива при изменении соотношения смешивания в пользу рапсового масла, а также существовании возможности математического моделирования оптимального соотношения компонентов биодизеля.

Таким образом, предложенная методика по моделированию оптимального соотношения компонентов биодизельного топлива, в зависимости от его триботехнических свойств, вполне могут быть применена при различных разработках технических устройств, основанных на смешивании компонентов биодизельного топлива.

Основываясь на результатах проведенных исследований, удалось выявить определенные зависимости низкотемпературных эксплуатационных свойств биодизельного топлива от компонентов, входящих в его состав. В нашем случае же, в качестве компонента биодизельного топлива выступает рапсовое масло.

На рисунке 3, в виде полиномов отражена зависимость параметров биодизельного топлива с рапсовым маслом, определяющих его низкотемпературные свойства [5, 6, 7].

Анализируя рисунок 3, можно прийти к выводу о существовании следующей закономерности: с увеличением процентного соотношения рапсового масла в биодизельном топливе, также повышаются такие параметры как: температура помутнения топлива, начала кристаллизации и застывания топлива.

Таким образом, увеличение содержания рапсового масла в биодизельном топливе непосредственно приводит к ухудшению его эксплуатационных свойств в условиях отрицательной температуры [6].

Возникает необходимость изменения соотношения компонентов биодизельного топлива в зависимости от температуры окружающей среды, требований к цетановому числу и триботех-

ническим свойствам [7, 8, 9, 10].

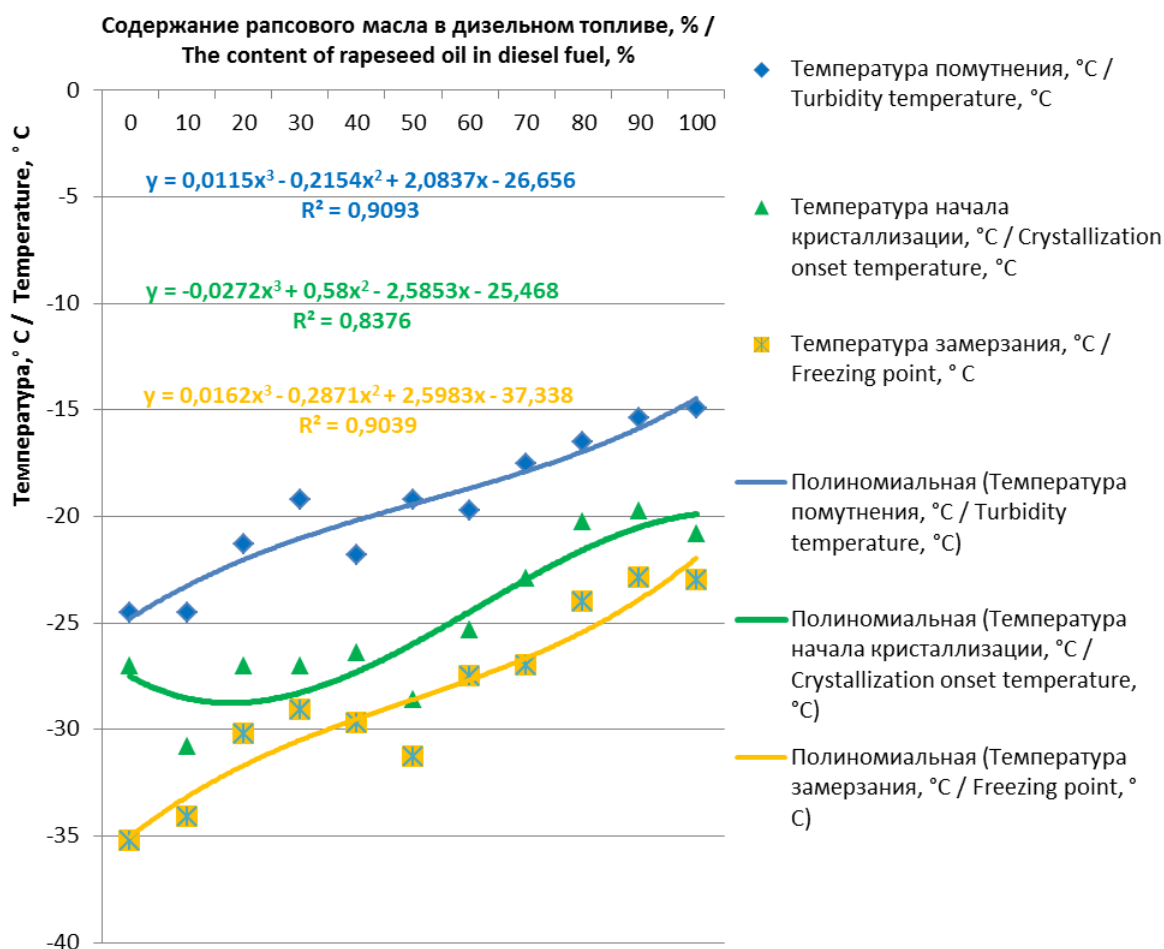


Рисунок 3 – Полиномиальная аппроксимация температур помутнения, начала кристаллизации и застывания биодизельного топлива от содержания в нем рапсового масла

Анализ существующих технических решений позволил выявить их недостатки [7, 8], к основным из которых можно отнести: отсутствие дозатора компонентов; отсутствие контроля качества смешивания; необходимость в самостоятельной настройке блока ввода количественного соотношения компонентов биодизельного топлива, что обуславливает низкий уровень автоматизации устройства. Техническим результатом, обеспечиваемым разрабатываемой системой топливоподготовки биодизельного топлива при условии обеспечения его низкотемпературных и триботехнических свойств, является автоматизация процесса получения оптимального процентного соотношения компонентов биодизельного топлива.

Выводы:

1. В случае увеличения доли рапсового масла в составе биодизельного топлива не происходит негативного влияния на триботехнические свойства, требуемые в каждом конкретном случае, однако наилучший смазывающий эффект при этом достигается лишь при уровне концентрации рапсового масла в составе биодизельного топлива не менее 10 %.

2. Согласно проведенным испытаниям смесей дизельного топлива с рапсовым маслом в соответствии с ГОСТ Р ИСО 12156-1-2006, был определен скорректированный диаметр пятна износа, который лежит в диапазоне от 168...394 мкм, в случае изменения его компонентного состава.

3. Применение технических средств получения двухкомпонентного смесевоего топлива с системой управления компонентным составом позволит повысить эффективность применения биодизельного топлива на автомобильном транспорте.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шиперова Т. П., Пущин В. А. Биотопливо и его практическое применение // Автотранспортное предприятие. 2009. № (3). С. 16-18.

2. 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.

3. Использование биотоплив на основе растительных масел в дизельных двигателях / В. А. Марков, Н. А. Иващенко, С. Н. Девянин, С. А. Нагорнов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия Машиностроение. 2012 № 10 (10). С. 74-81.

4. Федченко И. А., Соловцова А. С., Лукьянов А. Н. Основные тенденции развития рынка биотоплива в мире и России за период 2000-2012 годы: аналитический отчет ОАО «Корпорации «Развитие» г. Белгород [Электронный ресурс]. Режим доступа: portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_2.pdf (дата обращения 15.04.2020).

5. Дидманидзе О. Н., Варнаков Д. В., Симачков С. А. Особенности подготовки компонентного состава биодизельного топлива на основе рапса // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. 2020. С. 74-81.

6. Варнаков Д. В., Симачков С. А., Варнаков В. В. Моделирование оптимального компонентного состава биодизельного топлива // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 3. С. 313-320.

7. Варнаков Д. В., Варнаков В. В., Симачков С. А. Разработка технических средств оперативного контроля качества биотоплива // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского. 2020. С. 82-90.

8. Мобильная установка для получения биодизельного топлива с системой контроля цетанового числа / Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. Н. Яшин, Е. А. Варнакова, А. С. Неваев // Патент на полезную модель RU 193257 U1, 21.10.2019. Заявка № 2019106738 от 11.03.2019.

9. Варнаков Д. В., Варнаков В. В., Симачков С. А. Исследование триботехнических свойств биодизельного топлива на основе рапсового масла // Международный технико-экономический журнал. 2020. № 4. С. 53-63.

10. Varnakov D. V., Varnakov V. V., Simachkov S. A. Results of determining optimal correlation between components of biodiesel fuel on basis of rape // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Conference proceedings ICIE 2019. Сер. «Lecture Notes in Mechanical Engineering» 2020. С. 1419-1426.

REFERENCES

1. Shiperova T. P., Pushhin V. A. Biotoplivo i ego prakticheskoe primeneniye [Biofuels and their practical applications]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2009, no. (3), pp. 16-18.

2. Didmanidze O. N., Karev A. M., Mityagin G. E. O perspektivax razvitiya avtomobil'nogo transporta v agropromy`shlennom komplekse [On the prospects for the development of road transport in the agro-industrial complex]. *Mezhdunarodny`j nauchny`j zhurnal*, 2016, no. (1), pp. 53–65.

3. Markov V. A., Ivashhenko N. A., Devyanin S. N., Nagornov S. A. Ispol`zovanie biotopliv na osnove rastitel`ny`x masel v dizel`ny`x dvigatelyax [Use of biofuels based on vegetable oils in diesel engines]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta im. N. E. Baumana. Seriya Mashinostroenie*, 2012, no. 10 (10), pp. 74-81.

4. Fedchenko I. A., Solovczova A. S., Luk`yanov A. N. Osnovnye tendencii razvitiya rynka biotopliva v mire i Rossii za period 2000-2012 gody: analiticheskij otchet OAO «Korporacii «Razvitie» g. Belgorod [Main trends of biofuel market development in the world and Russia for the period 2000-2012: analytical report of OJSC "Corporation-Development" Belgorod]. Available at: portal-energo.ru/files/articles/portal-energo_ru_2.pdf.

5. Didmanidze O. N., Varnakov D. V., Simachkov S. A. Osobennosti podgotovki komponentnogo sostava biodizel'nogo topliva na osnove rapsa [Features of the preparation of the component composition of biodiesel fuel based on rapeseed]. *Chteniya akademika V. N. Boltinskogo*, 2020, pp. 74-81.

6. Varnakov D. V., Simachkov S. A., Varnakov V. V. Modelirovaniye optimal'nogo komponentnogo sostava biodizel'nogo topliva [Features of the

preparation of the component composition of biodiesel fuel based on rapeseed]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2020, vol. 21, no. 3, pp. 313-320.

7. Varnakov D. V., Varnakov V. V., Simachkov S. A. Razrabotka texnicheskix sredstv operativnogo kontrolya kachestva biotopliva [Development of technical means for operational control of biofuel quality]. *Chteniya akademika V. N. Boltinskogo*, 2020, pp. 82-90.

8. Varnakov D. V., Varnakov V. V., Yashin D. N., Varnakova E. A., Nevaev A. S. Mobil'naya ustanovka dlya polucheniya biodizel'nogo topliva s sistemoy kontrolya cetanovogo chisla [Mobile unit for production of also diesel fuel with cetane number control system]. Patent Russian Federation. No 193257 U1, appl. 21.10.2019.

9. Varnakov D. V., Varnakov V. V., Simachkov S. A. Issledovanie tribotexnicheskix svoystv biodizel'nogo topliva na osnove rapsovogo masla [Research of tribotechnical properties of biodiesel fuel based on rapeseed oil]. *Mezhdunarodny'j tekhniko-e'konomicheskij zhurnal*, 2020, no. 4, pp. 53-63.

10. Varnakov D. V., Varnakov V. V., Simachkov S. A. Results of determining optimal correlation between components of bio-diesel fuel on basis of rape. *Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Conference proceedings ICIE 2019. Ser. «Lecture Notes in Mechanical Engineering»*, 2020, pp. 1419-1426.

Об авторах:

Варнаков Дмитрий Валерьевич, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», Российская Федерация (432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, varndm@mail.ru.

Симачков Сергей Александрович, научный сотрудник ФАУ «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации» (121467, Москва, ул. Молодогвардейская, д. 10), simahov1969@mail.ru.

Парлюк Екатерина Петровна, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат экономических наук, доцент, kparlyuk@rgau-msha.ru.

Буров Дмитрий Олегович, аспирант ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», Российская Федерация (432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42).

About the authors:

Dmitrii V. Varnakov, professor of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk,

Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, varndm@mail.ru.

Sergei A. Simachkov, research associate, State Research Institute of Chemmotology of the Ministry of Defense of the Russian Federation (121467, Moscow, Molodogvardeyskaya str., 10), simahov1969@mail.ru.

Ekaterina P. Parlyuk, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, kparlyuk@rgau-msha.ru.

Dmitrii O. Burov, graduate student, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42).

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ПАРКА МАШИН ПУТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ

Д. В. Варнаков, В. В. Варнаков, Д. О. Буров

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

(г. Ульяновск Российская Федерация)

***Аннотация:** Рассмотрена современная концепция менеджмента в сфере повышения качества технического обслуживания и ремонта машин, выявлена необходимость проведения комплексной оценки качества поставок запасных частей при организации технического сервиса, как одного из главных элементов в системе повышения надежности техники на стадии эксплуатации, предложена методика расчета частных оценок и оценки перспективности поставщика.*

***Ключевые слова:** технический сервис; управление качеством; организация и исполнение поставок; оценки перспективности поставщика.*

IMPROVING THE TECHNICAL READINESS OF THE PARK OF MACHINES BY MAINTENANCE OF INPUT QUALITY CONTROL OF SPARE PARTS

D. V. Varnakov, V. V. Varnakov, D. O. Burov

Ulyanovsk State University

(Ulyanovsk, Russian Federation)

***Abstract:** The modern management concept in the field of improving the quality of technical maintenance and repair of machines is considered, the need for a comprehensive assessment of the quality of supply of spare parts during the organization of technical service, as one of the main elements in the system for improving the reliability of equipment at the operational stage is identified, a method for calculating private assessments and evaluating the prospects supplier.*

***Keywords:** technical service; quality management; organization and execution of supplies; evaluating the prospects of the supplier.*

Сложным техническим системам присуще наличие стадий и этапов жизненного цикла. При этом общий уровень надежности

всей системы зависит от уровня надежности каждой стадии цикла подобной системы. Следует отметить, что именно стадия эксплуатации является наиболее длительной и важной, по отношению к остальным, т.к. на данной стадии проявляются всевозможные недостатки уровня надежности предшествующих стадий. Также обеспечение эффективных мероприятий для обеспечения надежности именно в процессе эксплуатации, как раз и позволяет снизить потери и достичь высокой надежности для всей системы.

В настоящее время производственно-потребительский уровень ставит первоочередной задачей управление качеством на всем протяжении жизненного цикла продукта, начиная от момента проектирования и заканчивая его утилизацией. Согласно новейшей концепции менеджмента качества, важно не только выпускать качественную продукцию, но и уметь оперативно реагировать на запросы потребителя. Также одним из главных и перспективных направлений является постоянное совершенствование продукции и ее качества, а также снижение издержек при эксплуатации.

Стоит отметить, что одним из самых слабых звеньев производителей сельскохозяйственной техники в России является управление качеством поставок в сфере отношений между потребителем и поставщиком.

Ввиду не повсеместного проведения совершенствования системы качества предприятий в сельхозмашиностроении, а также необходимости привлечения больших затрат на разработку новых методов и средств управления качеством поставок, проведение исследований в данной области являются актуальными.

При определении уровня качества продукции поставщика расчёт частной оценки B_1 для каждой группы выполняют отдельно.

Если завод поставляет комплектующие изделия более чем одной группы значимости, то рассчитывают совокупную оценку $B_{1\Sigma}$ уровня качества по всем поставленным группам изделий с учётом коэффициента значимости каждой группы:

$$B_{1\Sigma} = \frac{\sum_i (K_i \cdot B_{1i})}{\sum_i K_i}, \quad (1)$$

где B_{i1} - оценка уровня качества группы i ; K_i - коэффициент значимости группы i .

Заметна зависимость между повышением группы значимости продукции и увеличением удельного веса её оценки, при проведении общей оценки качества нескольких групп, поставляемых одним из поставщиков. Важно отметить, что проведение расчета множества оценок для групп изделий помогает увеличить точность определения направленности корректирующих непосредственных действий на конкретные изделия.

Частная оценка уровня организации поставок B_2 должна в достаточной мере характеризовать дисциплину поставки, включая такой ее показатель как ритмичность. При четкой работе поставщика продукции, имеющей высокий показатель ритмичности, объём запасных элементов можно уменьшить. Более того это может привести до полной их ликвидации. Согласно статистике были выявлены наиболее значимые показатели уровня организации поставок, из них:

- b_{21} - выполнение объёма поставок;
- b_{22} - соблюдение графика поставок;
- b_{23} - своевременное возмещение потерь от брака в состоянии поставки и при переработке;
- b_{24} - выполнение требований потребителя по сопроводительной документации с каждой партией;
- b_{25} - гарантийное обслуживание поставляемой продукции.

Шкалу баллов указанных единичных показателей, дискретных по своему характеру, целесообразно представить в форме таблицы (таблица 1). Расчёт оценки уровня организации поставок осуществляют по формуле:

$$B_2 = 100 - \sum_{i=1}^5 b_{2i}, \quad (2)$$

где b_{2i} – баллы показателей, определяемые по таблице 1.

Расчёт оценки перспективности поставщика осуществляют по формуле:

$$B_4 = 100 - \sum_{i=1}^5 b_{4i}, \quad (3)$$

где b_{4i} – баллы показателей, определяемых по схожей с вышеупомянутой таблицей.

Таблица 1 – Шкала баллов для измерения показателей уровня организации поставок

Обозначения	Показатели	Единица измерения	Шкала баллов				
			0	до 5	5...10	10...20	Свыше 20
b_{21}	Выполнение объема поставок	% не допоставки за месяц	0	до 5	5...10	10...20	Свыше 20
			0	10	20	30	40
b_{22}	Соблюдение графика поставок	Экспертная оценка службы снабжения	Соблюдается полностью	Имеются незначительные отклонения		Имеются значительные отклонения	
			0	5		20	
b_{23}	Своевременное возмещение потерь от брака комплектующих	% возмещенного брака	Свыше 95			До 95	
			0			20	
b_{24}	Выполнение требований потребителя по сопроводительной документации с каждой партией	Замечание службы качества	Нет замечаний	Есть незначительные замечания		Есть значительные замечания	
			0	3		10	
b_{25}	Гарантийное обслуживание поставляемой продукции	Наличие в контракте обязательства по гарантийному ремонту	Есть			Нет	
			0			10	

Сумма всех частных оценок определяется интегральной оценкой поставщика V . Также в целях повышения точности методики в приведенную формулу суммирования введены коэффициенты значимости частных оценок, а именно:

$$V = K_1 \cdot B_{1\Sigma} + K_2 \cdot B_2 + K_3 \cdot B_3 + K_4 \cdot B_4, \quad (4)$$

где $B_{1\Sigma}, B_2, B_3, B_4$ – частные оценки деятельности поставщика;
 K_1, K_2, K_3, K_4 – коэффициенты весомости соответствующих частных оценок ($K_1 + K_2 + K_3 + K_4$).

Именно экспертный метод позволяет определить частные оценки деятельности поставщика на стадии настраивания методики на условия конкретного непосредственного предприятия.

Главной оценкой при этом является уровень качества поставляемой продукции. При этом коэффициент значимости для данной частной оценки является 0,5.

После проведения обработки информации, полученной с предприятий эксплуатирующих комбайны для зерновой уборки, как Российских, так и зарубежных, выяснилось, что относительно показателя b_{23} данные предприятия в полной мере соблюдают гарантийные обязательства перед потребителями. Также нужно отметить и тот факт, что доля заменяемой бракованной продукции составляет более 95 %.

Что же касается показателя b_{22} для зарубежной техники, то выяснилось, что данный показатель имеет весьма низкое значение, что отражается на графике, представленном на рисунке 1 ниже. Так, время устранения отказов у российских комбайнов, что видно по графику, представленном на рисунке 2, примерно сравнимо с общим временем устранения отказов, в которое также входит и доставка запасных элементов, однако у импортных комбайнов данный показатель несколько выше, что в свою очередь приводит к увеличению времени простоя техники.

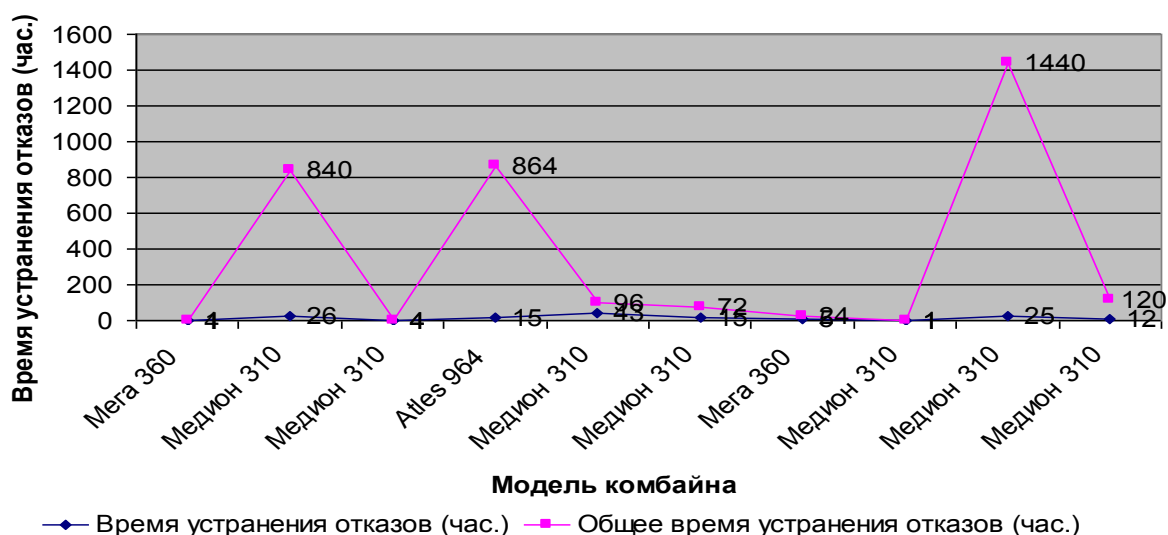


Рисунок 1 – Затраты времени устранения отказов зарубежных зерноуборочных комбайнов



Рисунок 2 – Затраты времени устранения отказов российских зерноуборочных комбайнов

На основании вышеизложенного материала можно сделать вывод, что одним из главных элементов системы повышения качества работы техники является комплексная оценка качества поставщиков техники и непосредственно качества поставок запасных элементов при организации технического сервиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Варнаков В. В. Организация технического сервиса с применением современных информационных и инновационных технологий. Ульяновск : УлГУ, 2006. 84с.
2. Варнаков В. В., Дежаткин М. Е., Турайкин П. А. Теоретические основы оптимизации управления поставок запасных частей при техническом сервисе // В сб.: Автоматизация: проблемы и решения – Сборник трудов международной научно-технической конференции». 2008. С. 119-121.
3. Варнаков В. В., Дежаткин М. Е., Завьялов М. В. Совершенствование входного контроля качества запасных частей при проведении технического сервиса машин и оборудования // В сб.: Инноватика-2009 : Сборник материалов международной конференции. 2009. С. 115-118.
4. Дежаткин М. Е., Варнаков В. В., Варнаков Д. В. Комплексная оценка качества поставок запасных частей при организации технического сервиса // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1 (21). С. 132-139.
5. Варнаков Д. В., Дидманидзе О. Н. Теоретические основы концепции технического сервиса машин по фактическому состоянию на основе

оценки их параметрической надежности // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 2 (57). С. 67-71.

6. Дорохов А. С. Качество машиностроительной продукции: реальность и перспективы // *Ремонт, восстановление, модернизация*. 2005. № 8.

7. Семейкин В. А. Теоретические предпосылки организации процесса входного контроля качества машиностроительной продукции // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия*. 2007. № 2 (22).

8. Оценка эффективности управления процессами технического обслуживания и ремонта машин / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, М. Е. Дежаткин, Е. В. Кураева, В. В. Варнаков, М. С. Кузнецова // *Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018614322 Рег.: от 04.04.2018*.

9. Обоснование выбора критериев оценки эффективности управления процессами технического обслуживания и ремонта агрегатов самоходной техники / Д. В. Варнаков, М. А. Афонин, М. Е. Дежаткин, Е. А. Варнакова, В. В. Варнаков, И. А. Бусыгин // *Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018618897 от 23.07.2018*.

REFERENCES

1. Varnakov V. V. Organizaciya tekhnicheskogo servisa s primeneniem sovremennyh informacionnyh i innovacionnyh tekhnologij [Organization of technical service using modern information and innovative technologies]. Ul'yanovsk, UIGU, 2006, 84 p.

2. Varnakov V. V., Dezhatkin M. E., Turajkin P. A. Teoreticheskie osnovy optimizacii upravleniya postavok zapasnyh chastej pri tekhnicheskom servise [Theoretical foundations of optimization of spare parts supply management during technical service]. *Avtomatizaciya: problemy i resheniya*, 2008, pp. 119-121.

3. Varnakov V. V., Dezhatkin M. E., Zav'yalov M. V. Sovershenstvovanie vhodnogo kontrolya kachestva zapasnyh chastej pri provedenii tekhnicheskogo servisa mashin i oborudovaniya [Improvement of incoming quality control of spare parts during technical service of machines and equipment]. *Innovatika-2009*, 2009, pp. 115-118.

4. Dezhatkin M. E., Varnakov V. V., Varnakov D. V. Kompleksnaya ocenka kachestva postavok zapasnyh chastej pri organizacii tekhnicheskogo servisa [Comprehensive assessment of the quality of spare parts supplies when organizing technical service]. *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2013, no. 1 (21), pp. 132-139.

5. Varnakov D. V., Didmanidze O. N. Teoreticheskie osnovy koncepcii tekhnicheskogo servisa mashin po fakticheskomu sostoyaniyu na osnove ocenki ih parametricheskoy nadezhnosti [Theoretical foundations of the concept of technical service of machines according to the actual condition based on the assessment of their parametric reliability]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2017, no. 2 (57), pp. 67-71.

6. Dorohov A. S. Kachestvo mashinostroitel'noj produkcii: real'nost' i perspektivy [The quality of engineering products: reality and perspectives]. *Remont, vostanovlenie, modernizaciya*, 2005, no. 8.

7. Semejkin V. A. Teoreticheskie predposylki organizacii processa vhodnogo kontrolya kachestva mashinostroitel'noj produkcii [Theoretical prerequisites for organizing the process of incoming quality control of engineering products]. *Vestnik FGOU VPO MGAU. Agroinzheneriya*, 2007, no. 2 (22).

8. Varnakov D. V., Afonin M. A., Dezhatkin M. E., Kuraeva E. V., Varnakov V. V., Kuznecova M. S. Ocenka effektivnosti upravleniya processami tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta mashin [Evaluation of efficiency of machine maintenance and repair process management]. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2018614322 Reg.: 04.04.2018.

9. Varnakov D. V., Afonin M. A., Dezhatkin M. E., Varnakova E. A., Varnakov V. V., Busygin I. A. Obosnovanie vybora kriteriev ocenki effektivnosti upravleniya processami tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta agregatov samohodnoj tekhniki [Substantiation of selection of criteria for evaluation of efficiency of control of maintenance and repair processes of machinery units]. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EVM RU 2018618897 ot 23.07.2018.

Об авторах:

Варнаков Дмитрий Валерьевич, профессор кафедры техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», Российская Федерация (432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, доцент, varndm@mail.ru.

Варнаков Валерий Валентинович, заведующий кафедрой техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», Российская Федерация (432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42), доктор технических наук, профессор, varnval@mail.ru.

Буров Дмитрий Олегович, аспирант ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», Российская Федерация (432017, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42).

About the authors:

Dmitrii V. Varnakov, professor of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), associate professor, varndm@mail.ru.

Valerii V. Varnakov, Head of the Department of Technosphere Security, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42), D.Sc. (Engineering), professor, varnval@mail.ru.

Dmitrii O. Burov, graduate student, Ulyanovsk State University (432017, Russian Federation, Ulyanovsk, Lva Tolstogo str., 42).

БИОДОБАВКИ ИЗ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА ДИЗЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ

**С. А. Нагорнов¹, А. Н. Зазуля¹, Ю. В. Мещерякова¹,
И. Г. Голубев²**

¹*Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
(г. Тамбов, Российская Федерация)*

²*ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК»
(п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация)*

Аннотация: *Обосновано использование микроводорослей для производства биодобавок для смешанного топлива. Приведены сравнительные характеристики их биохимического состава. Установлено, что состав липидов микроводорослей сходен с составом растительных масел. Выявлено, что у биодобавок плотность, вязкость и цетановое число выше, а содержание серы ниже, чем у товарного дизельного топлива. При испытании тракторов увеличение содержания биодобавок из микроводорослей в смешанном моторном топливе снижает дымность и токсичность отработавших газов дизелей.*

Ключевые слова: *тракторы; дизели; смешанное топливо; биосырье; биодобавки; микроводоросли.*

BIOADDITIVES FROM MICROALGAE FOR MIXED FUEL OF DIESEL ENGINES TRACTORS

**S. A. Nagornov^a, A. N. Zazulya^a, Yu. V. Mescheryakova^a,
I. G. Golubev^b**

^a*All-Russian Scientific Research Institute for the Use of Technology and Oil Products in Agriculture
(Tambov, Russian Federation)*

^b*Russian Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex
(Pravdinsky settlement, Moscow Region, Russian Federation)*

Abstract: *The use of microalgae for the production of bioadditives for mixed fuel is justified. Comparative characteristics of their biochemical composition are given. It was found that the composition of microalgae lipids is similar to that of vegetable oils. It was found that the density, viscosity and cetane number of bioadditives are higher, and the sulfur content is lower than that of commercial diesel fuel. When testing tractors, an increase in the content of microalgae supplements in mixed motor fuel reduces the smokiness and toxicity of diesel exhaust gases.*

Keywords: *tractors; diesel engines; mixed fuel; bio-raw materials; bio-additives; microalgae.*

Сельскохозяйственное производство является одним из основных потребителей дизельного топлива. Только в 2019 году в сельскохозяйственные организации поступило свыше 4223 тыс. т дизельного топлива. Динамика объемов поставок дизельного топлива сельскохозяйственным организациям Российской Федерации показана в таблице 1 [1, с. 93].

Таблица 1 – Поставлено дизельного топлива сельскохозяйственным организациям Российской Федерации, тыс. т

№ пп	Наименование	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
1	Всего, в том числе	4258,4	4287,5	4306,5	4223
2	Центральный федеральный округ	816,4	827,7	860,9	828,7
3	Северо-Западный федеральный округ	111,1	112,3	116,3	102,2
4	Южный федеральный округ	843,3	845,3	857,5	830,7

В настоящее время проводятся исследования по замене топлив нефтяного происхождения альтернативными, в том числе биоминеральным. Перспективным источником тепловой энергии, используемой в дизелях автотракторной техники, является биоминеральное топливо, получаемое смешиванием растительного масла и товарного минерального дизельного топлива (ДТ). В качестве биоконпонента такого смесового топлива наиболее широко используются рапс, ятрофа, соя, мадук, касторовое, пальмовое, подсолнечное, горчичное, рыжиковое и другие масла. Особенности и эффективность, в том числе экологические показатели, их применения в смесовом дизельном топливе для тракторов подробно нами рассмотрены в работах [2, 3, 4, 5, 6]. Наиболее пер-

спективным направлением замещения светлых нефтепродуктов биотопливом является переработка фитомассы микроводорослей [7, 8]. Однако в литературе не оценена перспективность многих видов микроводорослей в качестве источников ценных триацилглицеринов, используемых при производстве биотоплива. Нами проведено обоснование видов пресноводных микроводорослей для производства биотоплива. Экспериментальные исследования выполнялись с использованием методов культивирования микроводоросли с требуемым химическим составом биомассы, извлечения из нее липидной фракции, тонкого органического синтеза, квантово-химических расчетов в программе HgiperChem 7, исследования качества топлива. Результаты экспериментов обрабатывались методами математической статистики, с применением пакета прикладных программ MicrosoftExcel, Mathcad и др.

В результате исследований установлена возможность использования адаптивных свойств микроводорослей для целенаправленного управления продуктивностью и химическим составом фитомассы биотопливного назначения. Выявлено, что эффективность преобразования солнечной радиации в фитомассу у большинства микроводорослей достаточно высокая, несмотря на то, что они используют менее 10 % поступающей солнечной энергии. Фотосинтез фитомассы происходит в форме целого комплекса биохимических процессов образования органического вещества из углекислого газа и воды под действием света, в котором роль приемника электромагнитной энергии играют фотосинтетические пигменты, относящиеся по своему химическому строению к сложным магнийорганическим внутрикомплексным соединениям.

Таким образом, культивирование и переработка фитомассы микроводорослей биотопливного назначения относится к наиболее перспективным биотехнологическим направлениям. Биосырье данного класса многократно превосходит традиционные культуры по продуктивности фитомассы. Проведенный анализ полученных данных установил сходство свойств триацилглицеринов высших алифатических кислот микроводорослей и растительных масел. Этот факт свидетельствует о возможности использования липидов микроводорослей в качестве исходного сырья для синтеза биодобавки к смесевому моторному топливу. До-

казано, что состав липидов микроводорослей сходен с аналогичным составом растительных масел. Выявлено, что у биодобавок плотность, вязкость и цетановое число выше, а содержание серы ниже, чем у дизельного топлива. При испытании тракторов экспериментально получено существенное снижение дымности и токсичности отработавших газов дизелей при увеличении содержания биодобавок из микроводорослей в смесевом моторном топливе. Полученные результаты обуславливают перспективность широкого применения такого смесевоего моторного топлива в дизельных двигателях тракторов сельскохозяйственного назначения [7, 8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агропромышленный комплекс России в 2019 году. Сборник на основе данных Росстата и Минсельхоза России. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 562 с.

2. Использование биологических добавок в дизельное топливо / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, И. Г. Голубев. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. 50 с.

3. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, И. Г. Голубев, А. П. Ликсутина. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. 133 с.

4. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, А. Н. Зазуля, С. А. Нагорнов, И. Г. Голубев, Л. Ю. Коноваленко. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 68 с.

5. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей / А. Н. Зазуля, С. А. Нагорнов, С. В. Романцова, В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, И. Г. Голубев. М. : Росинформагротех, 2013. 94 с.

6. Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, Ю. В. Мещерякова, В. Ф. Федоренко, И. Г. Голубев. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 172 с.

7. Нагорнов С. А., Корнев А. Ю., Мещерякова Ю. В. Основные этапы получения биодизельного топлива из микроводорослей // В сб.: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства – Сборник научных докладов XVIII Международной научно-практической конференции, 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов. Тамбов : Изд-во Першина Р. В. 2015. С. 243-246.

8. Использование микроводорослей в качестве сырья для получения биодизельного топлива / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, Ю. В. Мещерякова,

И. Г. Голубев // В сб.: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК – материалы XI Международной научно-практической интернет конференции. 2019. С. 437-440.

REFERENCES

1. Agropromy`shlenny`j kompleks Rossii v 2019 godu [Agro-industrial complex of Russia in 2019]. Moscow, Rosinformagrotex, 2020, 562 p.

2. Fedorenko V. F., Buklagin D. S., Nagornov S. A., Zazulya A. N., Golubev I. G. Ispol`zovanie biologicheskix dobavok v dizel`noe toplivo [Use of biological additives in diesel fuel]. Moscow, Rosinformagrotex, 2007, 50 p.

3. Fedorenko V. F., Buklagin D. S., Nagornov S. A., Zazulya A. N., Golubev I. G., Liksutina A. P. Rezul`taty` ispy`taniy i perspektivy` e`kspluatacii dizelej na biotoplive [Results of tests and prospects of operation of diesel engines on biofuels]. Moscow, Rosinformagrotex, 2008, 133 p.

4. Fedorenko V. F., Buklagin D. S., Zazulya A. N., Nagornov S. A., Golubev I. G., Konovalenko L. Yu. Innovacionny`e texnologii proizvodstva biotopliva vtorogo pokoleniya [Innovative technologies for second-generation biofuels]. Moscow, Rosinformagrotex, 2009, 68 p.

5. Zazulya A. N., Nagornov S. A., Romanczova S. V., Fedorenko V. F., Buklagin D. S., Golubev I. G. Sravnitel`ny`j analiz texnologij polucheniya biotopliva dlya dizel`ny`x dvigatelej [Comparative analysis of biofuel production technologies for diesel engines]. Moscow, Rosinformagrotex, 2013, 94 p.

6. Nagornov S. A., Zazulya A. N., Meshheryakova Yu. V., Fedorenko V. F., Golubev I. G. Tendencii razvitiya texnologij proizvodstva biodizel`nogo topliva [Trends in the development of technology for the production of bio-diesel fuel]. Moscow, Rosinformagrotex, 2017, 172 p.

7. Nagornov S. A., Kornev A. Yu., Meshheryakova Yu. V. Osnovny`e e`tapy` polucheniya biodizel`nogo topliva iz mikrovodoroslej [The main stages of obtaining biodiesel fuel from micro-growths]. *Povy`shenie e`ffektivnosti ispol`zovaniya resursov pri proizvodstve sel`skoxozyajstvennoj produkcii – novy`e texnologii i texnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva*, Tambov, Pershina R.V., 2015, pp. 243-246.

8. Nagornov S. A., Zazulya A. N., Meshheryakova Yu. V., Golubev I. G. Ispol`zovanie mikrovodoroslej v kachestve sy`r`ya dlya polucheniya biodizel`nogo topliva [The use of microalgae as raw material for the production of biodiesel fuel]. *Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK*, 2019, pp. 437-440.

Об авторах:

Нагорнов Станислав Александрович, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использова-

ния техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (392022, Россия, город Тамбов, переулок Ново-Рубежный, 28), доктор технических наук, профессор, snagornov@yandex.ru.

Зазуля Александр Николаевич, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (392022, Россия, город Тамбов, переулок Ново-Рубежный, 28), доктор технических наук, профессор, viitin-adm@mail.ru.

Мещерякова Юлия Владимировна, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (392022, Россия, город Тамбов, переулок Ново-Рубежный, 28), кандидат технических наук, viitin-adm@mail.ru.

Голубев Иван Григорьевич, заведующий отделом, главный научный сотрудник отдела научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК Российского научно-исследовательского института информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (141261, Московская область, Пушкинский р-н, р. п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60), доктор технических наук, профессор, golubev@rosinformagrotech.ru.

About the authors:

Stanislav A. Nagornov, Chief Research Officer, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (392022 Russia, Tambov, Novo-Rubezhny Lane, 28), D.Sc. (Engineering), professor, snagornov@yandex.ru.

Aleksandr N. Zazulia, Chief Research Officer, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (392022 Russia, Tambov, Novo-Rubezhny Lane, 28), D.Sc. (Engineering), professor, viitin-adm@mail.ru.

Yuliia V. Meshcheriakova, senior researcher, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (392022 Russia, Tambov, Novo-Rubezhny Lane, 28), Cand.Sc. (Engineering).

Ivan G. Golubev, Head of Department, Chief Researcher of the Department of Scientific and Information Support of Innovative Development of Agro-Industrial Complex Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on the Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex (141261, Moscow region, Pushkin district, Pravdinsky, st. Lesnaya, house 60), D.Sc. (Engineering), Professor, golubev@rosinformagrotech.ru.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА ТРАКТОРОВ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РОССИИ

П. И. Бурак¹, И. Г. Голубев²

¹ Департамент растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства России, (Москва, Российская Федерация)

² ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК» (п. Правдинский, Московская область, Российская Федерация)

Аннотация: Рассмотрены различные меры поддержки обновления парка тракторов, в том числе субсидии за счет средств федерального бюджета производителям сельскохозяйственной техники, программы льготного лизинга. Установлено, что в результате мер поддержки в 2019 году по сравнению с 2018 годом снизилась доля тракторов, с года выпуска которых прошло 10 и более лет с 59,83 до 58,22 %.

Ключевые слова: трактор; парк; обновление; меры поддержки; испытания; контролируемые параметры.

RESULTS OF UPDATING THE TRACTOR FLEET IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA

P. I. Burak^a, I. G. Golubev^b

^a Department of Plant Growing, Mechanization, Chemicalization and Plant Protection of the Ministry of Agriculture of Russia (Moscow, Russian Federation)

^b Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex (Pravdinsky, Moscow region, Russian Federation)

Abstract: Various measures to support the renewal of the tractor fleet were considered, including subsidies from the federal budget to manufacturers of agricultural machinery, and preferential leasing programs. It was found that as a

result of support measures in 2019, compared to 2018, the share of tractors with a production year of 10 or more years has decreased from 59,83 to 58,22 %.

Keywords: tractor; park; renewal; support measures; tests; controlled parameters.

На конец 2019 года в АПК России в наличии находилось 225948 тракторов, включая тракторы, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины [1, с. 73]. Однако по таким показателям, как количество тракторов на 1000 гектаров пашни Россия отстает от США, Китая, Германии, Франции, Аргентины, Канады, Беларуси, Казахстана. Например, в России на 1000 га пашни приходится 3 трактора, а в Канаде – 16 [2, 3]. Количество тракторов, которое приходится на 1000 га пашни в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика количества тракторов, которое приходится на 1000 га пашни в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации, шт.

№ пп	Наименование	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
1	Всего, в том числе:	3	3	3	3
2	Центральный федеральный округ	3	3	3	3
3	Северо-Западный федеральный округ	6	6	5	5
4	Южный федеральный округ	4	4	4	3

Поэтому техническая модернизация агропромышленного комплекса предусматривает обновление его базы отечественной сельскохозяйственной техникой. Этому способствуют различные меры государственной и региональной поддержки приобретения сельскохозяйственными товаропроизводителями отечественной сельскохозяйственной техники, в том числе субсидии за счет средств федерального бюджета производителям сельскохозяйственной техники на возмещение затрат на производство техники, реализуемой сельскохозяйственным товаропроизводителям со скидкой в размере и по перечню, которые утверждаются постановлением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2012 г. № 1432 «Об утверждении Правил предоставления субси-

дий производителям сельскохозяйственной техники» (Правила № 1432) [4].

За 2013-2019 годы в ходе реализации Правил № 1432 было поставлено 7045 тракторов. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 8 мая 2020 г. № 650 «О внесении изменений в Правила предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники и отмене Постановления Правительства Российской Федерации от 14 декабря 2018 г. № 1555» с 2020 года субсидии производителям сельскохозяйственной техники предоставляет Минпромторг России. Внесены также изменения касающиеся наличия, начиная с 2021 года, решения о соответствии сельскохозяйственной техники и оборудования критериям Перечня критериев определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации [5, 6].

В целях определения эффективности используются данные, полученные по результатам испытаний сельскохозяйственной техники и оборудования, проводимых находящимися в ведении Министерства сельского хозяйства Российской Федерации машиноиспытательными станциями, и данные, указанные производителем сельскохозяйственной техники (оборудования) в технической и эксплуатационной документации. Приказом Минсельхоза России от 18 декабря 2018 года № 573 «Способы проведения испытаний для определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования федеральными государственными бюджетными учреждениями, осуществляющими проведение испытаний машин и оборудования агропромышленного комплекса, находящимися в ведении Министерства сельского хозяйства Российской Федерации» определено наименование контролируемых параметров. Например, для тракторов контролируются такие показатели как транспортная скорость движения, максимальная конструктивная скорость движения (для универсальных тракторов), номинальное тяговое усилие, буксование при максимальном тяговом КПД, максимальное давление движителей на почву, агротехнический просвет, удельный расход топлива двигателем при эксплуатационной мощности, относительный расход масла двига-

телем на угар, наработка на отказ II и III группы сложности единичного изделия [7].

В настоящее время Минсельхозом России во исполнение приказа Минсельхоза России от 21 марта 2017 г. № 136 подготовлен план проведения работ по определению функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования [8].

Обновлению парка тракторов также способствовали программы льготного лизинга АО «Росагролизинг». В 2019 году АО «Росагролизинг» поставлено на условиях лизинга 1360 тракторов. Динамика количества техники, поставленной в 2019 году на условиях лизинга, показана на рисунке 1.

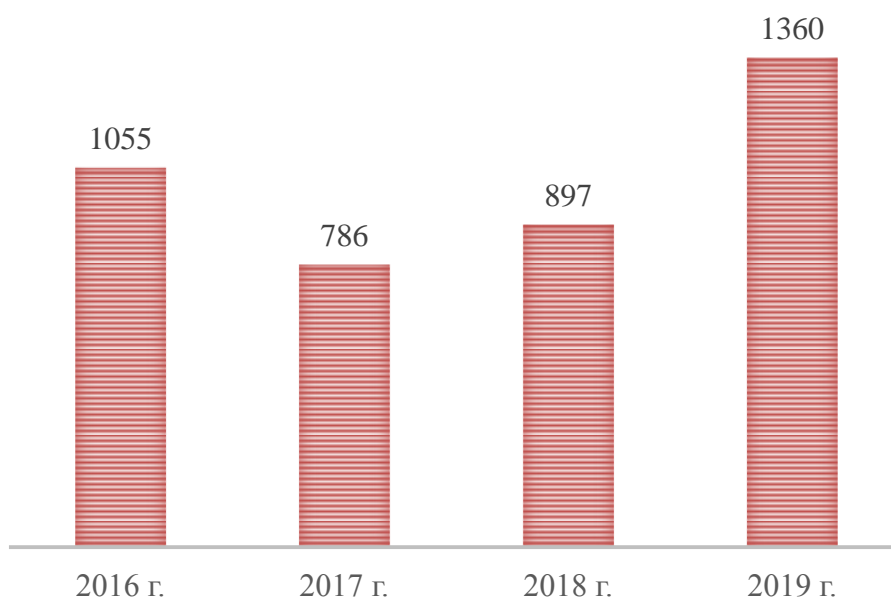


Рисунок 1 – Динамика количества тракторов, поставленных по федеральному лизингу, шт.

Результаты различных мер поддержки оказали влияние на обновление парка тракторов. По данным субъектов Российской Федерации, в 2019 году сельскохозяйственными товаропроизводителями по всем каналам реализации было приобретено 10714 тракторов, а их доля в парке, с года выпуска которых прошло более 10 лет по сравнению с 2018 годом снизилась с 59,83 до 58,22 % [9, 10]. По предварительной информации в 2020 году уже приобретено более 12 тыс. тракторов, что больше уровня 2019

года, за счет действовавших и новых мер поддержки. Так в 2020 году Росагролизинг запустил ряд антикризисных предложений по поставке техники, включая тракторы на льготных условиях. Прогноз приобретения тракторов на 2021 год не ниже показателей 2020 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агропромышленный комплекс России в 2019 году. Сборник на основе данных Росстата и Минсельхоза России. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 562 с.

2. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники / П. И. Бурак, И. Г. Голубев, В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, В. Я. Гольдяпин. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 156 с.

3. Бурак П. И., Голубев И. Г. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2019. № 10. С. 2-5.

4. Бурак П. И., Голубев И. Г. Результаты реализации мер поддержки обновления парка сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2020. № 6. С. 2-5.

5. Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования : Постановление Правительства Российской Федерации от 1 августа 2016 г. № 740. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420368978>.

6. Приказ Минсельхоза России от 21 марта 2017 г. № 136 «Об утверждении порядка регистрации заявок производителей сельскохозяйственной техники (оборудования) или их уполномоченных представителей и форм документов, предусмотренных пунктами 6, 11 и 21 Положения об организации работ по определению функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования, утвержденного постановлением правительства российской федерации от 1 августа 2016 г. № 740 «Об определении функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=298022>.

7. Приказ Минсельхоза России от 18 декабря 2018 года № 573 «Способы проведения испытаний для определения функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования [Электронный ресурс]. Режим доступа: legalacts.ru/doc/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-18122018-n-573-ob-utverzhenii.

8. План проведения работ по определению функциональных характеристик (потребительских свойств) и эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/medialibrary/ff4/> КопияПланиспытанийна2021год (дата обращения: 11.01.2021).

9. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 180 с.

10. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2019 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 162 с.

REFERENCES

1. Agropromy`shlenny`j kompleks Rossii v 2019 godu [Agro-industrial complex of Russia in 2019]. Moscow, Rosinformagrotex, 2020, 562 p.

2. Burak P. I., Golubev I. G., Fedorenko V. F., Mishurov N.P., Gol`tyapin V. Ya. Sostoyanie i perspektivy` obnovleniya parka sel`skoxo-zyajstvennoj texniki [State and prospects of renewal of the agricultural machinery park]. Moscow, Rosinformagrotex, 2019, 156 p.

3. Burak P. I., Golubev I. G. Sostoyanie i perspektivy` obnovleniya parka sel`skoxozyajstvennoj texniki [State and prospects of renewal of the agricultural machinery park]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2019, no. 10, pp. 2-5.

4. Burak P. I., Golubev I. G. Rezul`taty` realizacii mer podderzhki obnovleniya parka sel`skoxozyajstvennoj texniki [Results of the implementation of measures to support the renewal of the agricultural machinery fleet]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2020, no. 6, pp. 2-5.

5. Ob opredelenii funkcional'nyh harakteristik (potrebitel'skih svojstv) i jeffektivnosti sel'skhozajstvennoj tehnik i oborudovanija [On the definition of functional characteristics (consumer properties) and efficiency of agricultural machinery and equipment]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/420368978>.

6. Prikaz Minsel'hoza Rossii ot 21 marta 2017 g. № 136 «Ob utverzhdenii porjadka registracii zajavok proizvoditelej sel'skhozajstvennoj tehnik i oborudovanija) ili ih upolnomochennyh predstavitelej i form dokumentov, predusmotrennyh punktami 6, 11 i 21 Polozhenija ob organizacii rabot po opredeleniju funkcional'nyh harakteristik (potrebitel'skih svojstv) i jeffektivnosti sel'skhozajstvennoj tehnik i oborudovanija, utverzhdenного postanovleniem pravitel'stva rossijskoj federacii ot 1 avgusta 2016 g. № 740 «Ob opredelenii funkcional'nyh harakteristik (potrebitel'skih svojstv) i jeffektivnosti sel'skhozajstvennoj tehnik i oborudovanija» [On approval of the procedure for regis-

tration of applications of manufacturers of agricultural machinery (equipment) or their authorized representatives and forms of documents provided for in paragraphs 6, 11 and 21 of the Regulations on the organization of work to determine functional characteristics (consumer properties) and efficiency of agricultural machinery and equipment, approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated August 1, 2016 No. 740 «On the definition of functional characteristics (consumer properties) and efficiency of agricultural machinery and equipment». Available at: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=298022>.

7. Prikaz Minsel'khoza Rossii ot 18 dekabrya 2018 goda № 573 «Sposoby` provedeniya ispy`tanij dlya opredeleniya funkcional`ny`x karakteristik (potrebitel`skix svojstv) i e`ffektivnosti sel`skoxozyajstvennoj texniki i oborudovaniya [Test methods for determining functional characteristics (consumer properties) and efficiency of agricultural machinery and equipment] Available at: legalacts.ru/doc/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-18122018-n-573-ob-utverzhenii.

8. Plan provedeniya rabot po opredeleniyu funkcionalny`x karakteristik (potrebitel`skix svojstv) i e`ffektivnosti sel`skoxozyajstvennoj texniki i oborudovaniya [Work Plan for Determination of Functional Characteristics (Consumer Properties) and Efficiency of Agricultural Machinery and Equipment]. Available at: <https://mcx.gov.ru/upload/medialibrary/ff4/КопияПланиспытанийна2021год>.

9. Nacional`ny`j doklad «O xode i rezul`tatax realizacii v 2018 godu Gosudarstvennoj programmy` razvitiya sel`skogo xozyajstva i regulirovaniya ry`nkov sel`skoxozyajstvennoj produkcii, sy`r`ya i prodovol`stviya» [On the progress and results of the implementation in 2018 of the State Program for the Development of Agriculture and Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials and Food]. Moscow, Rosinformagrotex, 2019, 180 p.

10. Nacional`ny`j doklad «O xode i rezul`tatax realizacii v 2019 godu Gosudarstvennoj programmy` razvitiya sel`skogo xozyajstva i regulirovaniya ry`nkov sel`skoxozyajstvennoj produkcii, sy`r`ya i prodovol`stviya» [On the progress and results of the implementation in 2019 of the State Program for the Development of Agriculture and the Regulation of Markets for Agricultural Products, Raw Materials and Food]. Moscow, Rosinformagrotex, 2020, 162 p.

Об авторах:

Бурак Павел Иванович, заместитель директора Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства России (107996, Москва, Орликов переулок, 1/11), доктор технических наук, p.burak@mcx.gov.ru.

Голубев Иван Григорьевич, заведующий отделом, главный научный сотрудник отдела научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК Российского научно-исследовательского института

информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (141261, Московская область, Пушкинский р-н, р. п. Правдинский, ул. Лесная, д. 60), доктор технических наук, профессор, golubev@rosinformagrotech.ru.

About the authors:

Pavel I. Burak, Deputy Director of the Department of Crop Production, Mechanization, Chemicalization and Plant Protection of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, (107996, Moscow, Orlikov Lane, 1/11), D.Sc. (Engineering), p.burak@mcx.gov.ru.

Ivan G. Golubev, Head of Department, Chief Researcher of the Department of Scientific and Information Support of Innovative Development of Agro-Industrial Complex Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Research on the Engineering and Technical Support of the Agro-Industrial Complex (141261, Moscow region, Pushkin district, Pravdinsky, st. Lesnaya, house 60), D.Sc. (Engineering), Professor, golubev@rosinformagrotech.ru.

УДК 631.37

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Н. Н. Пуляев, Д. Г. Асадов, А. И. Сучков

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В статье рассмотрены перспективные типы мобильных энергетических средств для нужд сельского хозяйства и силовых установок, применяемых на технике, эксплуатируемой в организациях АПК. Также освещены вопросы применения инновационных технологий в агропромышленном комплексе.*

***Ключевые слова:** инновационное сельское хозяйство; электрический трактор; развитие АПК; перспективные тракторы; гибридное транспортное средство.*

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL TRACTORS

N. N. Pulyaev, Dz. G. Asadov, A. I. Suchkov

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The article discusses the promising types of mobile energy resources for the needs of agriculture and power plants used on equipment operated in agricultural organizations. The issues of application of innovative technologies in the agro-industrial complex are also highlighted.*

***Keywords:** innovative agriculture; electric tractor; agricultural development; promising tractors; hybrid vehicle.*

Как известно, агропромышленный комплекс – это крупнейший межотраслевой комплекс, объединяющий несколько отраслей экономики, направленный на производство и переработку сельскохозяйственного сырья и доведения продукции до конечного потребителя, то есть до населения. Одновременно с этим он играет большую роль в продовольственной безопасности страны.

Проводя анализ состояния его материально-технической базы, можно сказать, что обеспеченность сельхозтоваропроизводителей техникой недостаточна. Та техника, что имеется, физически и морально устарела, а это является причиной сокращения посевных площадей, а также выведения части плодородных земель из севооборота [1, 2].

Однако, развитие сельского хозяйства немислимо без развития транспортно-технологических машин и комплексов.

Одним из перспективных направлений является применение газомоторного топлива, как реально применимого из альтернативных топлив. В этом случае решаются проблемы и экологической и экономической направленности [3, 4].

Второе направление – использование биотоплив. Большинство сельскохозяйственной техники оснащено дизельными двигателями, поэтому использование биодизеля в агропромышленном комплексе возможно.

В чистом виде биодизель применяется редко, и служит основой для смешанного топлива. Для его использования не требуется переоборудование или модернизация техники [5].

Еще одним направлением является разработка различных схем мобильных электроагрегатов, разновидностью которых являются и гибридные схемы, в том числе электротрактора и гибридные самоходные машины [6].

Полностью электрические транспортные средства оснащаются силовой установкой, приводимой в действие за счет энергии аккумуляторов или конденсаторов. Преимуществами подобной техники являются отсутствие вредных выбросов, снижение трудоемкости работ по ремонту и высокие значения крутящего момента.

Гибридное транспортное средство в дополнении к аккумулятору имеет двигатель внутреннего сгорания, что позволяет проводить зарядку аккумуляторов без использования внешних источников энергии. Однако такие средства менее экономичны и экологичны.

В настоящее время у каждого уважающего себя производителя сельскохозяйственной техники есть проект гибридного или электрического трактора.

Голландской компанией «Voessenkool» создан трактор-гибрид. Особенность модели «Multi Tool Trac» - наличие полностью электрического силового агрегата.



Рисунок 1 – Трактор-гибрид Multi Tool Trac

Компания John Deere сконструировала полностью электрический трактор SESAM мощностью 402 л. с. В качестве силовой установки используются два электродвигателя по 150 кВт и аккумуляторные блоки на 130 кВт·ч. Полный заряд батареи обеспечивает работу на протяжении 4 часов при нормальных условиях.



Рисунок 2 – Литий-ионные батареи электрического трактора John Deere Sesam

Роботизированные и автономизированные тракторы – еще один тренд сельскохозяйственного машиностроения [7]. Это бескабинные тракторы, управление которыми может осуществляться в дистанционном режиме, с планшета или персонального компьютера. Также существуют тракторы с автопилотом, подключенного к актуаторам. Они помогают выполнять повторяющиеся операции, подруливают машину, оптимизируют расход топлива и устраняют повторную обработку почвы на краях обрабатываемой полосы.

На Минском тракторном заводе считают, что трактор-беспилотник – это завтрашний день, день сегодняшний сосредоточен на тракторах-гибридах. В гибридах большинство механических узлов заменены на автоматику. Уже сейчас с конвейера сошло несколько экспериментальных образцов, внешне не отличающихся от традиционных тракторов, но внутри это совершенно новая машина [8]. С 2019 года трактор на электромеханической тяге «Беларус-3032» проходит полевые испытания на подготовке почвы под сев кукурузы и на других операциях. Дизельный двигатель раскручивает ротор, который передает ток на электромотор, приводящий в движение трактор [9].



Рисунок 3 – Трактор МТЗ-3023 с электромеханической трансмиссией

В настоящее время сельское хозяйство, как и любая современная отрасль экономики, характеризуется огромным информационным потоком [10].

Современный сельскохозяйственный трактор или комбайн имеет большое количество разнообразных датчиков, которые собирают и имеют возможность передавать множество информации. Эта информация уже сейчас позволит создать цифровую копию трактора или его цифрового двойника. Подобные технологии уже давно используются в автомобилестроении при проектировании новых автомобилей, в промышленности и в других отраслях. Они позволяют предсказать, как будет вести себя система или объект в тех или иных обстоятельствах.

Создание цифрового двойника сельскохозяйственной машины позволит выбрать наиболее оптимальные режимы работы, установить уровень износа узлов и агрегатов, вероятность выхода их из строя и, соответственно, сократить расходы на профилактику и ремонт.

Применение инновационных технологий в сельском хозяйстве позволит снизить риски, связанные с человеческим фактором, уменьшить время обслуживания, организовать производственные процессы в автоматическом режиме и снизить затраты на производство продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чутчева Ю. В., Коротких Ю. С., Пуляев Н. Н. К вопросу обновления парка тракторов в Российской Федерации // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 5. С. 19-24.
2. Планирование автотранспортных перевозок в сельском хозяйстве / Ю. Н. Ризаева, В. Л. Пильщиков, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. М. : ООО «УМЦ «Триада», 2018. 70 с.
3. Дидманидзе О. Н., Гузалов А. С., Большаков Н. А. Современный уровень развития двигателейс газомоторной и электрической силовой установками на транспортно-тяговых средствах // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 4. С. 52-59.
4. Хакимов Р. Т., Дидманидзе О. Н., Какава Л. О. Энергоэффективность газового двигателя внутреннего сгорания // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 47. С. 42-47.
5. Использование смесей дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла в качестве моторного топлива / В. А. Марков,

С. Н. Девянин, Е. А. Улюкина, Н. Н. Пуляев // Грузовик. 2016. № 1. С. 37-48.

6. Зарикеев А. Р., Пуляев Н. Н. Тенденции развития моторов для электромобилей и экологическая безопасность их производства // Наука без границ. 2020. № 4 (44). С. 42-45.

7. Роботизированные трактора. Каталог [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://robotrends.ru/robopedia/robotizirovannye-traktora>.

8. Трактора будущего [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://garden-shop.ru/selskohozyajstvennye-bespilotniki.html>.

9. Гибридный трактор от МТЗ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agrobase.ru/news/selxozmashinostroenie/14510-gibridnyij-traktor-ot-mtz>.

10. Industrial transformation of kazakhstan in digitalization's era / Agumbayeva A., Chmyshenko E., Pulyaev N., Bunkovsky D., Kolesov K., Amirova E. // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2019. Т. 10. № 6 (44). С. 1861-1867.

REFERENCES

1. Chutcheva Yu. V., Korotkikh Yu. S., Pulyaev N. N. К вопросу обновления парка тракторов в Россииской Федератсии [On the issue of updating the tractor fleet in the Russian Federation]. *Ekonomika sel'skogo khoziaistva Rossii*, 2020, no. 5, pp. 19-24.

2. Rizaeva Y. N., Pil'shchikov V. L., Korotkikh Yu. S., Pulyaev N. N. Planirovanie avtotransportnykh perevozk v sel'skom khoziaistve [Planning of road transport in agriculture]. Moscow, ООО «UMTs «Triada», 2018, 70 p.

3. Didmanidze O. N., Guzalov A. S., Bol'shakov N. A. Sovremenniy uroven' razvitiia dvigateleis gazomotornoi i elektricheskoi silovoi ustanovkami na transportno-tiagovykh sredstvakh [The current level of development of engines with gas-engine and electric power plants on transport and traction vehicles]. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*, 2019, no. 4, pp. 52-59.

4. Khakimov R. T., Didmanidze O. N., Kakava L. O. Energoeffektivnost' gazovogo dvigatelya vnutrennego sgoraniia [Energy efficiency of a gas-fired internal combustion engine]. *Izvestiia Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniia*, 2019, no. 47, pp. 42-47.

5. Markov B. A., Devianin C. N., Uliukina E. A., Pulyaev N. N. Ispol'zovanie smesei dizel'nogo topliva i metilovogo efira podsolnechnogo masla v kachestve motornogo topliva [Use of mixtures of diesel fuel and sunflower oil methyl ether as motor fuel]. *Gruzovik*, 2016, no. 1, pp. 37-48.

6. Zarikeev A. R., Pulyaev N. N. Tendentsii razvitiia motorov dlia elektromobilei i ekologicheskaiia bezopasnost' ikh proizvodstva [Trends in the development of motors for electric vehicles and the environmental safety of their production]. *Nauka bez granits*, 2020, no. 4 (44), pp. 42-45.

7. Robotizirovannye traktora. Katalog [Robotic tractors. Catalog]. Available at: <http://robotrends.ru/robopedia/robotizirovannye-traktora>.
8. Traktora budushchego [Tractors of the future]. Available at: <https://garden-shop.ru/selskohozyajstvennye-bespilotniki.html>.
9. Gibridnyi traktor ot MTZ [Hybrid tractor from MTZ]. Available at: <https://www.agrobase.ru/news/selxozmashinostroenie/14510-gibridnyij-traktor-ot-mtz>.
10. Agumbayeva A., Chmyshenko E., Pulyaev N., Bunkovsky D., Kolesov K., Amirova E. Industrial transformation of kazakhstan in digitalization's era. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2019, vol. 10, no. 6 (44), pp. 1861-1867.

Об авторах:

Пуляев Николай Николаевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-4426>, inpo.msau@gmail.com.

Асадов Джабир Гусейнович, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, доцент.

Сучков Александр Игоревич, соискатель ученой степени кандидата технических наук кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Nikolay N. Pulyaev, Associate Professor, Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-4426>, inpo.msau@gmail.com.

Dzhabir G. Asadov, Professor, Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), Associate Professor.

Alexander I. Suchkov, candidate of the degree of candidate of technical sciences Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА В РОССИИ

Н. Н. Пуляев, В. С. Богданов, А. И. Сучков

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В статье рассмотрено использование природного газа как топливно-энергетического ресурса, в особенности как газомоторного топлива. Представлен рынок газомоторного топлива в России, а также существующие меры его стимулирования. Также предложены дополнительные меры, способствующие развитию ГМТ, такие как развитие заправочной сети и стимулирование спроса.*

***Ключевые слова:** газомоторное топливо; экология; ГМТ; природный газ; газозаправочная инфраструктура; господдержка.*

ON THE PROSPECTS OF USING GAS ENGINE FUEL IN RUSSIA

N. N. Pulyaev, V. S. Bogdanov, A. I. Suchkov

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The article considers the use of natural gas as a fuel and energy resource, especially as a gas engine fuel. The market of natural gas engine fuel in Russia, as well as the existing measures to stimulate it, is presented. Additional measures are also proposed to promote the development of GMT, such as the development of the gas station network and stimulating demand*

***Keywords:** gas engine fuel; ecology; GMT; natural gas; gas filling infrastructure; state support*

Природный газ, как СПГ, так и КПП, является важным энергетическим ресурсом. Он является прекрасным топливом и отличается высокой теплоотдачей в различных установках на предприятиях энергетической отрасли. Но его применение не ограничивается промышленных предприятий и в металлургии. Природный газ на сего-

дняшний день по совокупности факторов, в том числе вследствие более низкой себестоимости, представляется наиболее перспективной заменой автомобильного бензина и дизельного топлива [1].

Потребление природного газа на транспорте ежегодно растет, об этом говорят данные Минэнерго России, представленные на рисунке 1. По данным того же Минэнерго, ежегодный рост количества объектов заправочной инфраструктуры составляет порядка 20 %. Также увеличивается объемы производства транспортных средств, использующих природный газ в качестве моторного топлива. Эти данные свидетельствуют о том, что использование природного газа, компримированного и сжатого, в качестве моторного топлива является перспективным направлением развития автотранспортных средств.

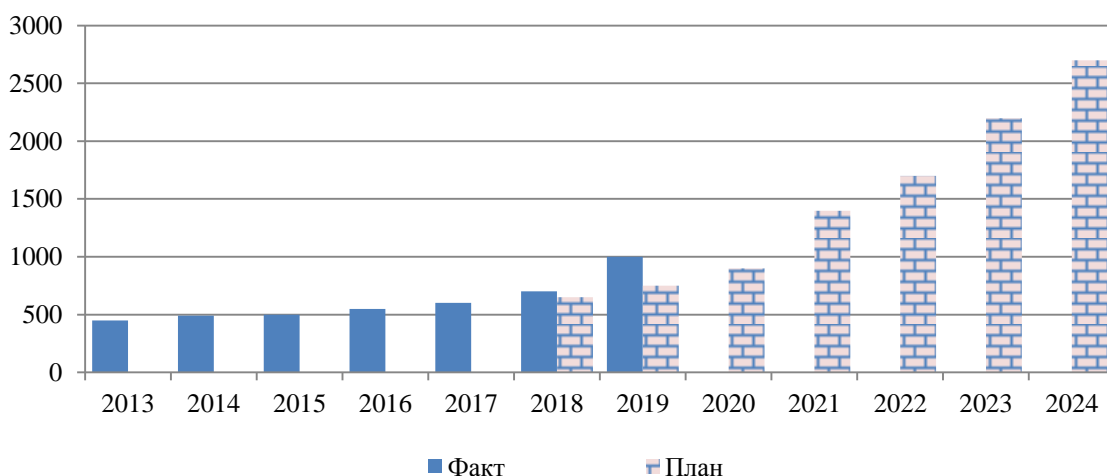


Рисунок 1 – Потребление природного газа на транспорте (КПГ и СПГ), млн м³

Рассматривая структуру подвижного состава, имеющих возможность использовать КПГ в качестве моторного топлива можно сказать, что наиболее часто для переоборудования или оснащения транспортного средства оборудованием для использования КПГ являются легковые автомобили – 57 % (102 тыс. шт.), в то время как грузовые автомобили – 33 %, а автобусы всего лишь 10 %. Как было сказано в начале статьи, применение природного газа в автомобильной технике снижает токсичность выхлопных газов, что положительно сказывается на экологической ситуации в стране, но его использование в коммерческом транс-

порте, также в технике, используемой в агропромышленном комплексе, может дать значительно больший эффект [2, 3, 4].

Исходя из сказанного, приходим к выводу, что увеличение использования природного газа необходимо стимулировать.

В настоящее время с целью стимулирования развития рынка газомоторных топлив в России уже действуют некоторые меры на различных уровнях: федеральном и региональном. Среди них можно отметить: субсидирование приобретения техники на КПП/СПГ, компенсация части затрат на строительство АГНКС, компенсация части затрат на переоборудование автотранспорта на газомоторное топливо, снижение (отмена) ввозных таможенных пошлин на отдельные компоненты газобаллонного оборудования, упрощение процедур техприсоединения к ГРС, корпоративные программы госкомпаний по переводу автопарка на КПП/СПГ и другие.

Но реализация этих направлений не дает должного эффекта от применения природного газа в технике, поэтому необходимы дополнительные меры. Проведя анализ рынка можно выделить несколько направлений для стимулирования рынка газомоторного топлива.

Первое: увеличение спроса на компримированный и сжатый природный газ, используемый в качестве моторного топлива, особенно для коммерческих автомобилей.

По этому направлению для каждого вида транспорта существуют свои специфические предложения, например для автомобильного транспорта здесь можно выделить такие пункты как совершенствование процедуры внесения изменений в конструкцию транспортных средств по установке ГМТ-оборудования. Также необходимо рассмотреть целесообразность увеличения компенсаций на переоборудованные транспортные средства и расширение числа субъектов РФ, получающих субсидии. На 2021 год запланировано 26 субъектов, которые получают поддержку от государства.

Для сельскохозяйственной техники требуется рассмотреть возможности стимулирования ее использования на КПП или СПГ для малых и средних хозяйств. Также нельзя забывать о поддержке предприятий, приобретающих мобильные АГНКС.

Подобные мероприятия необходимо проводить и для железнодорожного и водного транспорта.

Немаловажным направлением увеличения спроса является расширение программ информирования и популяризации газомоторного топлива. Национальная газомоторная ассоциация разработала информационную политику популяризации использования природного газа в качестве топлива для транспорта на 2020 год [5]. В ней рассмотрены мифы о газовом топливе, приведены преимущества и перспективы его использования.

Большую работу в популяризации природного газа проводит ПАО «Газпром» [6]. Компания активно развивает сеть газозаправочных станций, является координатором участников газомоторного рынка. Для информирования потенциальных потребителей компания использует весь спектр современных коммуникационных каналов от СМИ до социальных сетей.

Второе направление: развитие газозаправочной инфраструктуры. Основные проблемы в этом направлении связаны с недоработкой нормативной документации для проектирования современных автогазозаправочных станций. Для решения этих вопросов необходимо оптимизировать процедуры формирования земельного участка для строительства и требований к противопожарным расстояниям, регулирующих проектирование и строительство АГНКС и криоАЗС.

Ко всему этому необходимо стимулирование отечественных производителей оборудования для автогазозаправочных станций. В настоящее время в России производят оборудование не много компаний, сюда можно отнести НПК «Шельф», ООО «Кировский завод Газовые технологии», промышленная группа «Тегас», компания Graf, Синтэк и другие.

Третье направление: увеличение производства газомоторной техники и расширение предложений на рынке [7]. Для этого необходимо включение оборудования на КПП и СПГ и оборудования для комплексов по производству природного газа и основных технологий малотоннажного производства СПГ в перечни для применения налоговых льгот, а также отмена таможенных пошлин на импортные комплектующие, используемые для создания новых моделей техники, работающей на природном газе. Расширению предложений на рынке может поспособствовать

стимулирование развития производства газобаллонного оборудования, в том числе в помощь оптимизации процедуры его сертификации.

Четвертое: повышение качества сервисных услуг на рынке техники на природном газе.

Существующие сервисные центры по обслуживанию автомобильной техники с газобаллонным оборудованием в настоящее время не обеспечивают необходимый уровень качества, поэтому необходимо рассмотреть ряд мер для стимулирования дооснащения существующей сети подобных сервисных центров.

Наличие оборудования для использования газомоторного топлива является одной из характеристик транспортного средства, непосредственно влияющей на качество пассажирских перевозок. Данное положение закреплено в Федеральном законе № 480-ФЗ и позволяет компаниям-перевозчикам получить дополнительные баллы на конкурсах при распределении городских, муниципальных и других видов пассажирских маршрутов. Поэтому следующим шагом может стать введение обязательства по строительству или модернизации сервисных центров, а также обеспечению возможности сервисного обслуживания в существующих сервисных центрах техники на ГМТ.

Проведение указанных выше мероприятий влечет за собой и разработку правил безопасности объектов обслуживания, а также хранения транспортных средств на СПГ, т.е. переходит к пятому направлению: нормативному и методическому обеспечению эффективной и безопасной технической эксплуатации автомобильной техники на газомоторном топливе.

Таким образом, можно сказать, что газомоторное топливо имеет важное значение для развития экономики России вследствие его ценовой конкурентоспособности по сравнению с другими видами моторного топлива. Рассмотренные в статье перевод на ГМТ автомобильного транспорта также актуален и для морского и железнодорожного. Основным сдерживающим фактором использования газомоторного топлива является низкое развитие инфраструктуры газозаправочных станций. В связи с этим, мерами стимулирования его использования можно назвать развитие государственной поддержки, расширение государственных про-

грамм перевода техники на ГМТ и создание газозаправочной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Теоретические основы экологической безопасности на автомобильном транспорте / Д. Г. Асадов, Ю. Н. Ризаева, В. С. Богданов, Н. Н. Пуляев, Ю. С. Коротких. М. : УМЦ «Триада», 2017. 60 с.

2. Планирование автотранспортных перевозок в сельском хозяйстве / Ю. Н. Ризаева, В. Л. Пильщиков, Ю. С. Коротких, Н. Н. Пуляев. М. : ООО УМЦ «Триада», 2018. 70 с.

3. Белоусов М. Ю., Худашова А. И., Пуляев Н. Н. Экологическая концепция развития автомобильного транспорта // В сборнике: Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения. Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. Под редакцией О. Н. Дидманидзе. 2017. С. 182-188.

4. Чутчева Ю. В., Пуляев Н. Н., Коротких Ю. С. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 2-5.

5. О популяризации природного газа в качестве топлива для автомобильного транспорта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agnks.ru/methane/>.

6. Газомоторное топливо становится все более популярным в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/press/news/2019/march/article477066>.

7. Хакимов Р. Т., Дидманидзе О. Н., Парлюк Е. П. Определение метанового числа состава сжиженного природного газа // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 55. С. 150-159.

REFERENCES

1. Asadov D. G., Rizaeva Yu. N., Bogdanov V. S., Pulyaev N. N., Korotkih Yu. S. Teoreticheskie osnovy` e`kologicheskoy bezopasnosti na avtomobil`nom transporte [Theoretical Foundations of Environmental Safety in Automotive Transport]. Moscow, Triada, 2017, 60 p.

2. Rizaeva Yu. N., Pil`shnikov V. L., Korotkih Yu. S., Pulyaev N. N. Planirovaniye avtotransportny`x perevozk v sel`skom hozyajstve [Transportation planning in agriculture]. Moscow, Triada, 2018, 70 p.

3. Belousov M. Yu., Hudashova A. I., Pulyaev N. N. E`kologicheskaya koncepciya razvitiya avtomobil`nogo transporta [Environmental concept for the development of road transport]. *Aktual`ny`e problemy` v sovremennoj nauke i puti ix resheniya*, 2017, pp. 182-188.

4. Chutcheva Yu. V., Pulyaev N. N., Korotkih Yu. S. Perspektivny`e napravleniya razvitiya tyagovo-transportny`x sredstv dlya sel`skogo khozyajstva [Perspective directions of development of traction vehicles for agriculture]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2020, no. 9 (279), pp. 2-5.

5. O populyarizacii prirodnogo gaza v kachestve topliva dlya avtomobil`nogo transporta [On the promotion of natural gas as a fuel for road transport]. Available at: <https://www.agnks.ru/methane/>.

6. Gazomotorное топливо stanovitsya vse bolee populyarny`m v Rossii [Gas-powered fuel is becoming increasingly popular in Russia]. Available at: <https://www.gazprom.ru/press/news/2019/march/article477066>.

7. Hakimov R. T., Didmanidze O. N., Parlyuk E. P. Opredelenie metanovogo chisla sostava szhizhennogo prirodnogo gaza [Determination of methane number of liquefied natural gas composition]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2019, no. 55, pp. 150-159.

Об авторах:

Пуляев Николай Николаевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-4426>, inpo.msau@gmail.com.

Богданов Виталий Сергеевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, доцент.

Сучков Александр Игоревич, соискатель ученой степени кандидата технических наук кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Nikolay N. Pulyaev, Associate Professor, Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8984-4426>, inpo.msau@gmail.com.

Vitaliy S. Bogdanov, Professor, Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), Associate Professor.

Alexander I. Suchkov, candidate of the degree of candidate of technical sciences Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

УДК 665.753.4, 665.354

АНАЛИЗ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ РФ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

О. Н. Дидманидзе, С. М. Гайдар, С. А. Зыков
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** рассмотрены причины снижения объемов поставок ДТ и увеличения потребления топливных суррогатов и фальсификатов с/х организациями, проанализированы имеющиеся в РФ сырьевые ресурсы растительного происхождения для производства альтернативных моторных топлив по федеральным округам.*

***Ключевые слова:** сельскохозяйственные организации; дизельное топливо; масличные культуры; растительные масла; альтернативные моторные топлива.*

ANALYSIS OF THE RAW MATERIAL BASE OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR THE PRODUCTION OF ALTERNATIVE FUELS OF PLANT ORIGIN

O. N. Didmanidze, S. M. Gaidar, S. A. Zykov
*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The reasons for the decrease in the supply of diesel fuel and the increase in the consumption of fuel surrogates and counterfeit products by agricultural organizations are considered, raw materials of vegetable origin available in the Russian Federation for the production of alternative motor fuels in federal districts are analyzed.*

***Keywords:** agricultural organizations; diesel fuel; oilseeds; vegetable oils; alternative motor fuels.*

На начало 2020 года в АПК РФ насчитывалось 16,72 тыс. сельскохозяйственных организаций, из которых 15,9 % организаций являются убыточными. Так по данным Минсельхоза РФ кре-

диторская задолженность всех сельскохозяйственных организаций составляет 3395,8 млрд рублей или 111,6 % к выручке от продажи товаров, работ, услуг и др. [1, 2, 3].

В АПК РФ насчитывается 225,95 тыс. тракторов, 54,95 тыс. комбайнов зерноуборочных, 11,77 тыс. комбайнов кормоуборочных и 2,06 тыс. комбайнов свеклоуборочных. В таблице 1 приводятся объемы официальных поставок дизельного топлива (далее - ДТ) для эксплуатации данной техники по федеральным округам (далее - ФО) и всего по РФ [1, 2, 3].

Таблица 1 - Поставлено ДТ в ФО по годам, тыс. тонн

№ п/п	Федеральный округ	Год					
		2015	2016	2017	2018	2019	% к 2015 г.
1.	Центральный	826,0	816,4	827,7	860,9	828,7	+ 0,3
2.	Северо-Западный	116,4	111,1	112,3	116,3	102,2	- 12,2
3.	Южный	841,1	843,3	845,3	857,5	830,7	- 1,2
4.	Северо-Кавказский	259,9	245,4	261,2	238,6	253,8	- 2,3
5.	Приволжский	981,0	1008,9	1018,5	1014,0	1016,3	+ 3,6
6.	Уральский	292,5	280,9	281,1	280,2	273,4	- 6,5
7.	Сибирский	833,9	815,1	806,6	796,6	777,8	- 6,7
8.	Дальневосточный	123,6	137,2	134,9	142,5	140,5	+ 13,6
9.	Крымский	-	-	-	-	-	-
	Всего по РФ	4274,3	4258,4	4287,5	4306,5	4223,4	- 1,2

Анализ объемов поставок ДТ в ФО за период 2015-2019 годы показывает их несущественный рост от 0,3 % до 3,6 % (за исключением Дальневосточного ФО) и снижение объемов поставок от 1,2 % до 12,2 %, при том, что валовой внутренний продукт АПК увеличился с 83232,6 млрд руб. в 2015 году до 110046,1 млрд руб. в 2019 году или на 32,2 %. Снижение объемов поставок ДТ происходит из-за невозможности получения сельскохозяйственными организациями банковских кредитов для закупки моторных топлив вследствие кредиторской задолженности и постоянного повышения цен на нефтепродукты.

Повышение мелкооптовых цен происходит из-за вступления в силу на территории РФ регламента ТР ТС 013/2011 для производства моторных топлив более высоких экологических классов

К4, К5 [4]. Это потребовало вложения значительных финансовых средств в реновацию НПЗ, поэтому изготовители нефтепродуктов повысили мелкооптовые цены на ДТ (рисунок 1).

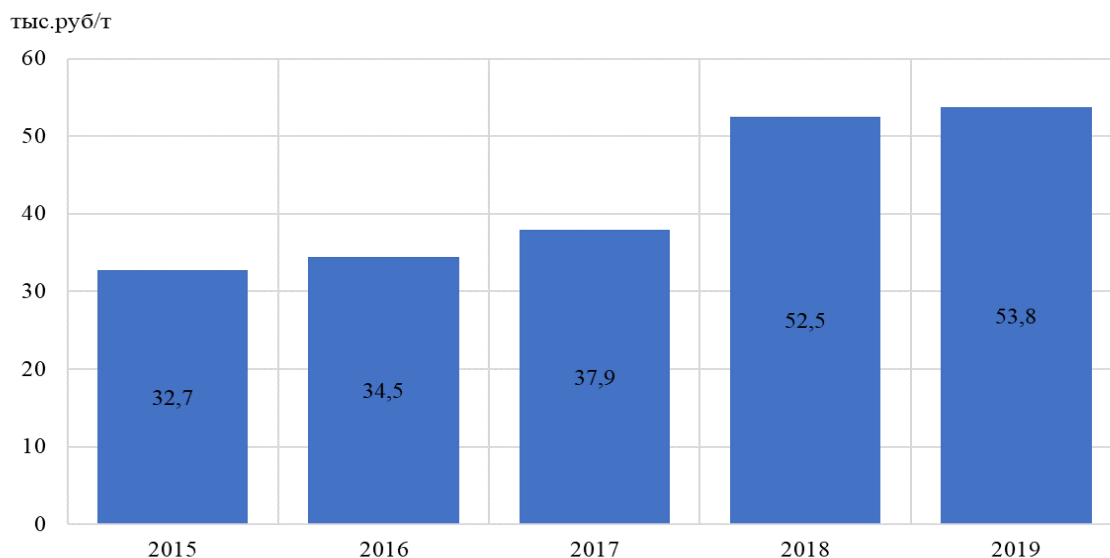


Рисунок 1 – Динамика роста мелкооптовых цен на ДТ в РФ по годам

Анализ мелкооптовых цен на ДТ в РФ показывает, что цены на летнее ДТ увеличились с 32,7 руб./л в 2015 году до 53,8 руб./л в 2019 году или на 64,5 % [5]. В результате значительного повышения мелкооптовых цен на ДТ увеличились серые поставки топливных суррогатов и фальсификатов ДТ и их потребление в сельскохозяйственном производстве. Так, по данным ООО «Исследовательская группа Петромаркет», а также Алтайской, Владимирской, Кировской, Кубанской, Поволжской, Северо-Западной, Северо-Кавказской и Сибирской МИС количество суррогатов и фальсификатов ДТ, потребляемых АПК за период с 2015 по 2019 годы выросло с 18,9 % до 33,6 % или в среднем по 2,9 % в год [6, 7].

Таким образом, значительный рост потребления различных суррогатов и фальсификатов в сельскохозяйственном производстве определяется следующими факторами:

- индифферентностью руководства хозяйств к качеству моторных топлив из-за отсутствия у с/х организаций финансовых средств (15,9 % хозяйств в АПК убыточны);

- наличия большого количества сельскохозяйственной техники, чей срок эксплуатации превышает 10 лет (60 % тракторов, 45 % зерноуборочных комбайнов и 43 % кормоуборочных комбайнов);

- дешевизной суррогатов и фальсификатов из-за отсутствия в их стоимости в отличие от стандартного ДТ акциза (7,35 тыс. руб./т в 2019 году).

Для уменьшения использования контрафактных и суррогатных топлив необходимо проведение диверсификации топливообеспечения сельских товаропроизводителей путем использования альтернативных топлив растительного происхождения (биодитов, смесевых, многокомпонентных и эмульгированных биодизельных топлив) [8].

Таким образом, во всех ФО РФ (исключение Крымский) выращиваются масличные культуры, пригодные для производства биодизельных топлив. Для определения перспектив использования различных сырьевых ресурсов растительного происхождения для производства альтернативных моторных топлив важна оценка имеющейся в стране сырьевой сельскохозяйственной базы масличных культур (таблица 2) [1, 2, 3].

Таблица 2 - Валовой сбор семян масличных культур в РФ по годам, млн тонн

№ п/п	Культура	Год					
		2015	2016	2017	2018	2019	% от 2015
1.	подсолнечник	9,289	11,015	10,481	12,756	15,379	+ 65,6
2.	рапс	1,015	1,001	1,510	1,989	2,060	+ 102,9
3.	кукуруза	13,138	1,528	13,208	11,419	14,282	+ 8,7
4.	соя	2,716	3,143	3,622	4,027	4,360	+ 60,5
	Всего по РФ						+ 59,4

Анализ валового сбора семян масличных культур всего по РФ за период 2015-2019 годы показывает средний рост 59,4 % или 11,9 % в год. С увеличением валового сбора масличных культур значительно вырос и объем производства нерафинированных растительных масел, как по ФО, так и в целом по РФ (таблица 3) [1, 2, 3].

Таблица 3 – Производство нерафинированного растительного масла в РФ, млн тонн

№ п/п	Федеральный округ	2015	2016	2017	2018	2019	% от 2015 года
1.	Центральный	1,377	1,670	1,671	1,690	1,870	+ 35,9
2.	Северо-Западный	-	0,549	0,587	0,633	0,901	+ 63,9
3.	Южный	1,432	1,427	1,622	1,662	1,749	+ 22,1
4.	Северо-Кавказский	0,047	0,037	0,043	1,333	0,102	+ 119,1
5.	Приволжский	0,999	1,219	1,448	1,437	1,773	+ 77,5
6.	Уральский	0,026	0,026	0,035	0,040	0,044	+ 71,1
7.	Сибирский	0,223	0,232	0,265	0,278	0,270	+ 21,1
8.	Дальневосточный	0,041	0,039	0,063	0,076	0,069	+ 70,3
9.	Крымский	-	-	-	-	-	-
	Всего по РФ	4,660	5,199	5,735	5,950	6,779	+ 48,7

Анализируя таблицу можно заметить, что значительное увеличение производства нерафинированных растительных масел за период 2015-2019 годы наблюдалось во всех ФО (исключение Крымский ФО), при этом наибольший рост производства был в Северо-Кавказском, Приволжском и Уральском ФО – соответственно на 119,1 %, 77,5 % и 71,1 %, при этом производство нерафинированных растительных масел всего по РФ увеличилось на 48,7 % или 9,7% в год.

Анализ динамики роста валового сбора семян масличных культур и рынка нерафинированных растительных масел, а также практика их использования показывает, что в условиях РФ наиболее перспективно производство биодизеля из рапсового, подсолнечного и соевого масел. Использование биодизеля снизит потребление топливных суррогатов и фальсификатов, поможет своевременному и качественному обеспечению сельскохозяйственной техники моторным топливом и сократит объем выбросов «парниковых газов».

Евросоюз планирует ввести с 2022 года трансграничный углеродный налог для ввозимых товаров в зависимости от размера их углеродного следа. Положение и параметры налога разрабатывает исследовательский центр «European Roundtable on Climate

Changeand Sustainable Transition», работу координируют правительства Германия и Франция.

Сельское хозяйство РФ является значительным источником «парниковых газов», так АПК за 2015 год выбросил 131,8 млн т. эквивалента CO₂ (5,6 % от общероссийских выбросов), поэтому при вводе трансграничного углеводородного налога в размере 15 долл. США/т эквивалента CO₂, ежегодные выплаты Евросоюзу экспортерами сельскохозяйственной продукции из РФ могут составить 120...154 млрд рублей.

Применение биодизеля в АПК значительно снизит выплаты по трансграничному углеводородному налогу, так как Евросоюз планирует предоставлять значительные скидки экспортёрам ввозимых товаров, если последние предоставят сведения об использовании «зеленых моторных топлив» и размеров эмиссии парниковых газов при производстве с/х продукции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агропромышленный комплекс России в 2017 году. Сборник. Департамент экономики и государственной поддержки АПК Минсельхоза России. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 560 с.

2. Агропромышленный комплекс России в 2018 году. Сборник. Департамент экономики и государственной поддержки АПК Минсельхоза России. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 554 с.

3. Агропромышленный комплекс России в 2019 году. Сборник. Департамент экономики и государственной поддержки АПК Минсельхоза России. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 562 с.

4. ТР ТС 013/2011 Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (с изменениями на 19 декабря 2019 года) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902307833>.

5. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2019 году государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы. М. : Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2020. 171 с.

6. Дидманидзе О. Н., Зыков С. А., Парлюк Е. П. Тенденции обеспечения агропромышленного комплекса моторными топливами. // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 3. С. 47-60.

7. Хомутов И. А., Баранов Н. Н., Кузнецов А. А. Суррогаты моторных топлив: как их победить? М. : ИГ «Петромаркет», 2019. 36 с.

8. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. А. Зыков, С. М. Гайдар. М. : НИЦ «Инженер», 2016. 292 с.

REFERENCES

1. Agropromy`shlenny`j kompleks Rossii v 2017 godu [Agro-industrial complex of Russia in 2017]. Moscow, Rosinformagrotex, 2017, 560 p.

2. Agropromy`shlenny`j kompleks Rossii v 2018 godu [Agro-industrial complex of Russia in 2018]. Moscow, Rosinformagrotex, 2018, 554 p.

3. Agropromy`shlenny`j kompleks Rossii v 2019 godu [Agro-industrial complex of Russia in 2019]. Moscow, Rosinformagrotex, 2019, 562 p.

4. TR TS 013/2011 «On requirements for automobile and aviation gasoline, diesel and ship fuel, jet fuel and fuel oil». Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902307833>.

5. Nacional`ny`j doklad o xode i rezul`tatax realizacii v 2019 godu gosudarstvennoj programmy` razvitiya sel`skogo xozyajstva i regulirovaniya ry`nkov sel`skoxozyajstvennoj produkcii, sy`r`ya i prodovol`stviya na 2013-2020 gody [National report on the progress and results of the implementation in 2019 of the state program for the development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and food for 2013-2020]. Moscow, Ministerstvo sel`skogo xozyajstva Rossijskoj Federacii, 2020, 171 p.

5. Didmanidze O. N., Zy`kov S. A., Parlyuk E. P. Tendencii obespecheniya agropromy`shlennogo kompleksa motorny`mi toplivami [Trends in providing the agro-industrial complex with motor fuels.]. *Mezhdunarodny`j tekhniko-e`konomicheskij zhurnal*, 2019, no. 3, pp. 47-60.

6. Xomutov I. A., Baranov N. N., Kuznecov A. A. Surrogaty` motorny`x topliv: kak ix pobedit [Motor fuel surrogates: how to defeat them?]. Moscow, Petro-market, 2019, 36 p.

7. Markov V. A., Devyanin S. N., Zy`kov S. A., Gajdar S. M. Biotopliva dlya dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Biofuels for internal combustion engines]. Moscow, Inzhener, 2016, 292 p.

Об авторах:

Дидманидзе Отари Назирович, заведующий кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, академик РАН, didmanidze@rgau-msha.ru.

Гайдар Сергей Михайлович, заведующий кафедрой «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, techmash@rgau-msha.ru.

Зыков Сергей Анатольевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, sabi@timacad.ru.

About the authors:

Otary N. Didmanidze, Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, didmanidze@rgau-msha.ru.

Sergey M. Gaidar, Head of the Department of Materials Science and Technology of Machine Building, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, techmash@rgau-msha.ru.

Sergey A. Zykov, associate professor of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, sabi@timacad.ru.

МАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ПРИ ХРАНЕНИИ

Г. В. Никитенко, А. А. Лысаков, А. Р. Крюков
*ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный
университет»
(г. Ставрополь, Российская Федерация)*

Аннотация: В статье рассматриваются результаты исследований магнитной обработки на качество картофеля при его длительном хранении. Потери картофеля, обработанные магнитным полем положительной полярности в диапазоне 330...350 мТл и временем обработки в диапазоне 60...600 секунд не превышают 12 процентов. Также рассматривается новая конструкция устройства магнитной обработки картофеля.

Ключевые слова: картофель; хранилище; снижение потерь продукции; постоянный магнит; продовольственная безопасность.

MAGNETIC PROCESSING OF POTATOES TO REDUCE STORAGE LOSSES

G. V. Nikitenko, A. A. Lysakov, A. R. Kryukov
*Stavropol State Agrarian University
(Stavropol, Russian Federation)*

Abstract: The article discusses the results of studies of magnetic processing on the quality of potatoes during long-term storage. The loss of potatoes treated with a magnetic field of positive polarity in the range of 330 ... 350 mT and a processing time in the range of 60 ... 600 seconds does not exceed 12 percent. A new design of a device for magnetic processing of potatoes is also considered.

Keywords: potatoes; storage; product loss reduction; permanent magnet; food security.

Наиболее распространенными способами хранения картофеля сегодня являются метод активного вентилирования и метод использования химических веществ – ингибиторов, также проводятся исследования по выращиванию генетически измененного (ГМО) картофеля, который не подвержен болезням и гниению.

Однако, по ряду причин эти способы имеют ряд недостатков экономического, технического и технологического характера [1, с. 28].

Экспериментальные исследования по использованию различных электромагнитных, магнитных, электрических эффектов в комбинации с оптическими и звуковыми воздействиями на растительные биообъекты проводятся давно, и результаты этих исследований позволяют сделать выводы об их положительном влиянии [2, с. 18].

Например, гамма-излучение также использовалось для подавления роста ростков в картофеле, и это было предложено в качестве альтернативы химическим подавителям ростков. Эти излучения взаимодействуют с веществом продукта, включая химические изменения, ионизацию и возбуждение, которые изменяют нормальный жизненный процесс живых клеток. Ионизирующее излучение может убивать бактерии, задерживать созревание, препятствовать прорастанию или нарушать размножение насекомых без нагревания или использования химических обработок. Однако облучение картофеля и лука обходится дороже, чем обработка химическими ингибиторами прорастания, такими как СІРС и МН. Однако, влияние гамма-излучения недостаточно изучено, поскольку гамма-излучение может накапливаться в пище и наносить вред здоровью человека.

Целью данного исследования было изучение влияния магнитного поля неодимового (NdFeB) магнита на прорастание ростков, потери массы при хранении и внутреннюю структуру картофеля. Влияние магнитного поля неодимового (NdFeB) магнита на картофель недостаточно изучено, также известно, что магнитное поле не наносит вреда человеку.

Экспериментальной обработке по воздействию магнитного поля постоянного магнита подвергались три распространенных сорта картофеля, используемых в Ставропольском крае Российской Федерации – «Аврора», «Рамона», «Жуковский». Магнитное воздействие осуществлялось при помощи 2-х различных типов неодимовых магнитов, имеющими разные значения магнитной индукции, данное значение у первого магнита составляло $\pm 330...350$ мТл, у второго магнита составляло $\pm 430...450$ мТл. Время нахождения картофеля в магнитном поле составляло 60,

180, 300, 600, 900 секунд. Для идентификации положительного и отрицательного магнитного полюса постоянных магнитов использовался магнитометр.

Для каждого варианта исследований была принята масса картофеля в 10 килограмм. Обработанный картофель размещался на хранение в закрытых пакетах в течение 20 дней. Во время хранения поддерживалась температура 25 °С и влажность 85 %. Указанные параметры были приняты для создания условий, при которых активизируются процессы уменьшения массы, гниения, а также увеличения ростков у клубней картофеля. Измерение массы необработанного картофеля, который являлся контролем, производилось для сравнения с результатами изменения массы у обработанных вариантов. В процессе эксперимента также фиксировалось появление ростков у картофеля, измерялась их длина.

В результате экспериментальных исследований установлено, что магнитная обработка картофеля влияет на изменение его массы при хранении, причем, важное значение имеет полярность магнитного поля, длительность воздействия, и величина индукции магнитного поля. Потери массы картофеля, измеренные на 20-й день хранения, показали, что клубни картофеля, обработанные магнитным полем положительной полярности 330...350 мТл и временем обработки 60...600 секунд не превышают 12 %, а минимальное значение потерь массы составляет 4 %.

Также у клубней картофеля, обработанных магнитным полем положительной полярности 330...350 мТл и временем обработки 60...600 секунд не наблюдалось появление ростков, а у других вариантов наблюдалось появление ростков на клубнях, длина ростков в конце эксперимента достигала 20...30 мм [3, с. 18].

Экспериментальные исследования по обработке картофеля отрицательным полем неодимового (NdFeB) магнита показали, что минимальные потери массы картофеля составляют 30 %, а максимальные потери массы достигают 60 %, также наблюдаются процессы гниения клубней и увеличение роста проростков.

Используя результаты экспериментальных исследований, авторы статьи предлагают новое устройство магнитной обработки картофеля, которое позволит снизить потери картофеля при хранении. Основным действующим элементом устройства являются постоянные неодимовые магниты, расположенные таким

образом, чтобы своим положительным полюсом осуществлять обработку клубней картофеля. Принципиальная схема работы устройства магнитной обработки клубней представлена на рисунке 1.

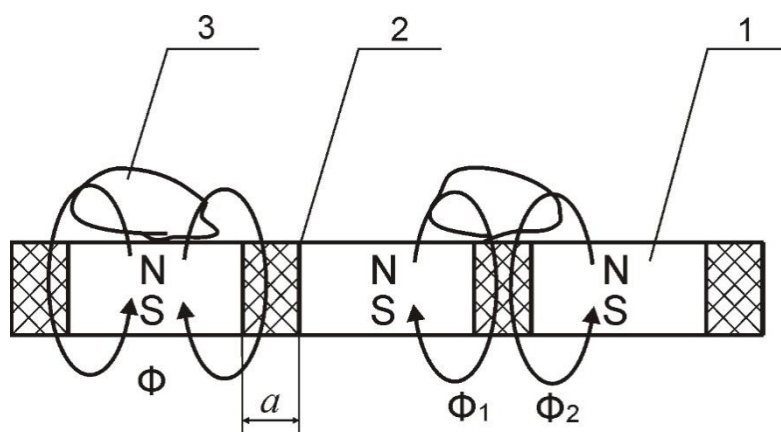


Рисунок 1 – Принцип работы устройства магнитной обработки клубней картофеля: 1 – постоянные магниты; 2 – транспортерная лента; 3 – клубень картофеля

Постоянные магниты 1 находятся внутри движущейся транспортерной ленты 2, на которой расположены клубни картофеля 3. На клубни картофеля воздействует магнитный поток Φ . Если клубень картофеля 3 оказывается между магнитами в промежутке a , на него действуют магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 находящихся рядом магнитов, направления и значения которых суммируются, что не снижает эффективности магнитной обработки. Скорость транспортерной ленты выбирается таким образом, чтобы время обработки картофеля составляло 60...600 секунд. Картофель, обработанный полем постоянного магнита, в дальнейшем отправляется в хранилище на долговременное хранение.

Обработка клубней в данном устройстве улучшает способность картофеля храниться длительное время без значительных потерь массы, порчи от микробиологических и физиологических заболеваний, предотвращает ухудшение товарных, пищевых и семенных качеств, повышает устойчивость к заболеваниям и механическим повреждениям.

Экспериментальные исследования по обработке полем постоянного магнита клубней картофеля установили, что магнитная обработка влияет на сохранность массы картофеля при хранении,

причем существенное значение оказывает полярность и длительность обработки. Временной диапазон, при котором магнитная обработка является эффективной и препятствует потере массы картофеля, больше при положительных значениях магнитного поля; поэтому при изготовлении устройства на постоянных магнитах для обработки картофеля, необходимо подбирать конфигурацию и размещение магнитов таким образом, чтобы обработка картофеля происходила при положительной полярности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электрофизические способы обработки картофеля при хранении / Г. В. Никитенко, А. А. Лысаков, В. Н. Авдеева, А. Г. Молчанов, Я. А. Тарасов // Сельский механизатор. 2019. № 12. С. 28-29.
2. Никитенко Г. В., Лысаков А. А., Тарасов Я. А. Влияние поля постоянного магнита на сохранность картофеля // Сельский механизатор. 2019. № 4. С. 18-19.
3. Никитенко Г. В., Лысаков А. А., Тарасов Я. А. Устройство для обработки картофеля на основе постоянных магнитов // Сельский механизатор. 2019. № 11. С. 18-19.

REFERENCES

1. Nikitenko G. V., Ly`sakov A. A., Avdeeva V. N., Molchanov A. G., Tarasov Ya. A. E`lektrofizicheskie sposoby` obrabotki kartofelya pri xranenii [Electrophysical methods of processing potatoes during storage]. *Sel`skij mexanizator*, 2019, no. 12, pp. 28-29.
2. Nikitenko G. V., Ly`sakov A. A., Tarasov Ya. A. Vliyanie polya postoyannogo magnita na soxrannost` kartofelya [Influence of the field of a permanent magnet on the preservation of potatoes]. *Sel`skij mexanizator*, 2019, no. 4, pp. 18-19.
3. Nikitenko G. V., Ly`sakov A. A., Tarasov Ya. A. Ustrojstvo dlya obrabotki kartofelya na osnove postoyanny`x magnitov [Device for processing potatoes based on permanent magnets]. *Sel`skij mexanizator*, 2019, no. 11, pp. 18-19.

Об авторах:

Никитенко Геннадий Владимирович, заведующий кафедрой применения электроэнергии в сельском хозяйстве ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355035, Российская Федерация, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), доктор технических наук, профессор, Nikitenko_GV@mail.ru.

Лысаков Александр Александрович, доцент кафедры применения электроэнергии в сельском хозяйстве ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355035, Российская Федерация, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), кандидат технических наук, доцент, s_lyakov@mail.ru.

Крюков Антон Радикович, аспирант ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» (355035, Российская Федерация, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12), KryukovAR@energomera.ru.

About the authors:

Gennady V. Nikitenko, Head of the Department of Electric Power Applications in Agriculture, Stavropol State Agrarian University (355035, Russian Federation, Stavropol, Zootechnical Lane, 12), D.Sc (Engineering), professor, Nikitenko_GV@mail.ru.

Alexander A. Lysakov, Associate Professor, Department of Electricity Applications in Agriculture, Stavropol State Agrarian University (355035, Russian Federation, Stavropol, Zootechnical Lane, 12), Cand.Sc (Engineering), Associate Professor, s_lyakov@mail.ru.

Anton R. Kryukov, graduate student, Stavropol State Agrarian University (355035, Russian Federation, Stavropol, Zootechnical Lane, 12), KryukovAR@energomera.ru.

УДК 621.43.

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЕМ ПРИ ОЦЕНКЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВПРЫСКИВАНИЯ

А. В. Неговора¹, Р. Ж. Магафуров¹, Е. П. Парлюк²

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

(г. Уфа, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(г. Москва, Российская Федерация)

Аннотация: В данной статье доказана возможность управления фактическим давлением в трубопроводе разработанного авторами измерительного модуля при оценке характеристики впрыскивания, необходимо для расширения диапазона измеряемых цикловых подач. Наиболее значимыми факторами при этом являются температура и остаточное давление в трубопроводе.

Ключевые слова: испытание форсунок; характеристика впрыска; топливная аппаратура.

PRESSURE CONTROL METHOD WHEN EVALUATING THE CHARACTERISTICS OF THE INJECTION

A. V. Negovora^a, R. Zh. Magafurov^a, E. P. Parlyuk^b

^aBashkir State Agrarian University

(Ufa, Russian Federation)

^bRussian Timiryazev State Agrarian University

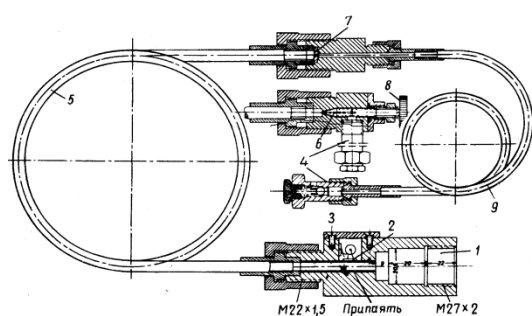
(Moscow, Russian Federation)

Abstract: This article proves the possibility of controlling the actual pressure in the pipeline of the measuring module developed by the authors when evaluating the injection characteristics necessary to expand the range of measured cyclic feeds. The most significant factors are the temperature and residual pressure in the pipeline

Keywords: test injectors; injection characteristics; fuel and equipment.

Жесткие требования по выполнению норм токсичности отработавших газов двигателей автотракторной техники заставляет конструкторов совершенствовать не только конструкцию топливной аппаратуры, но и приборы, а также технологии контроля ее технического состояния в эксплуатации. Одним из наиболее информативных диагностических параметров работы системы питания является характеристика впрыскивания топлива форсункой. Однако в широком использовании данный показатель не контролируется вследствие сложности оборудования и определенной квалификации диагноста. В этой связи актуальным становится вопрос разработки стенда и технологии оценки фактической характеристики топливоподачи на соответствие эталонной кривой в процессе эксплуатации и после ремонта отдельных компонентов системы питания[1].

На кафедре Автомобили и машинно-тракторные комплексы ведутся научно-исследовательские работы по разработке стенда для испытания компонентов топливных систем с возможностью оценки характеристики впрыскивания. За основу был взят предложенный фирмой Bosch [2] метод определения характеристики топливоподачи путем впрыскивания в длинный трубопровод показанный на рисунке 1. Этот метод наиболее прост, не требует использования подвижных и прецизионных деталей, надежен, а главное имеет близкую к линейной пропорциональную зависимость расхода топлива через сопла распылителя от регистрируемого давления.



а)



б)

Рисунок 1 – Устройства для оценки характеристики впрыскивания: а) R. Bosch (Германия), б) R. Bosch(Германия)

Разработанный нами измерительный модуль (рисунок 2) состоит из длинного трубопровода 8 определенной длины с датчиком температуры 7, адаптера впрыска 6 с тензометрическим датчиком давления, ресивера 10 с устройством регулировки остаточного давления 11, блока обработки сигналов 9 на основе программно логической интегральной схемы (ПЛИС) и управляющего оборудования 1 с гидродинамической системой для создания высокого давления и управления форсункой и датчиком тока управляющего сигнала форсунки.

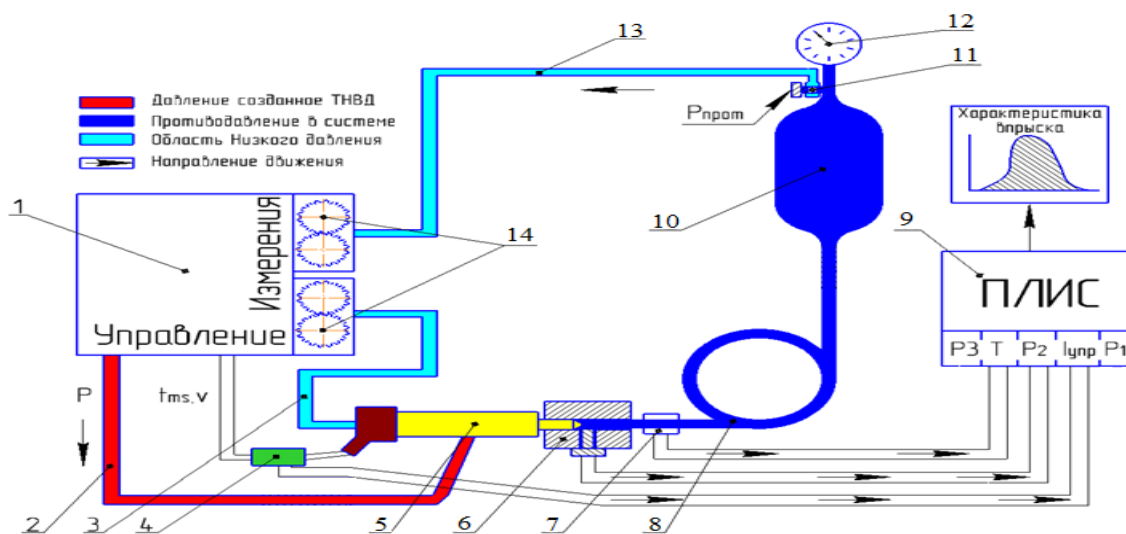


Рисунок 2 – Принципиальная схема разработанного измерительного модуля:

1 – управляющее оборудование; 2 – топливопровод высокого давления; 3 – топливопровод обратного слива; 4 – датчик тока управляющего сигнала форсунки; 5 – испытываемая форсунка; 6 – адаптер впрыска с датчиком давления; 7 – датчик температуры; 8 – трубопровод; 9 – программно-логическая интегральная схема; 10 – ресивер; 11 – клапан противодействия впрыску топлива; 12 – манометр; 13 – трубопровод низкого давления; 14 – расходомеры.

Для расширения диапазона измеряемых цикловых подач на разработанном измерительном модуле предусмотрена возможность изменения температуры тестовой жидкости и остаточного давления в трубопроводе с поддержанием заданного противодействия среды при впрыскивании топлива. Устройство 11 регулировки остаточного давления [3] одной стороной соединено с ресивером, на другой стороне установлен клапан грибка-

вого типа, нагруженный пружиной. Усилие пружины и ход клапана могут изменяться вращением регулировочных винтов и для изменения противодействия в ресивере, измерительном трубопроводе и камере впрыска. Клапан имеет резьбовое отверстие для установки манометра визуального контроля давления.

Использование разработанного измерительного модуля осложняется тем, что при испытании форсунки ее цикловая подача изменяется в широком диапазоне: от 1 мм³ до 150 мм³ и выше. Это вызывает большие колебания давления в трубопроводе и, соответственно, повышает требования как к датчику давления, так и к самому трубопроводу. Допустимый диапазон измеряемых подач, как и точность оценки характеристики впрыскивания, можно увеличить, управляя мгновенным давлением в трубопровод через совокупность конструктивно-режимных параметров измерительного модуля: диаметра и длины трубопровода, физических свойств рабочей жидкости, остаточного давления в трубопроводе и др. Наиболее просто это делать путем воздействия на систему управляющими факторами, которыми в нашем случае являются величина остаточного давления в трубопроводе и физические свойства тестовой жидкости. Если этого недостаточно, то возврат текущего давления в трубопроводе в допустимый для измерения диапазон возможен путем изменения корректирующих факторов, т.е. должна быть изменена конструкция измерительного модуля.

Для формирования алгоритма и закона воздействия управляющих факторов на систему были проведены расчетно-численные исследования с помощью математической модели на основе гидродинамического расчета процессов в разработанном измерительном модуле.

Математическая модель измерительного модуля базируется на решении уравнений движения и неразрывности нестационарного изотермичного течения вязкой сжимаемой жидкости в трубопроводе, пренебрегая кариолисовыми и гравитационными силами [3]:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t} [\rho f U] + \frac{\partial}{\partial x} [\rho f U^2] + f \frac{\partial P}{\partial x} = -K \cdot U; \\ \frac{\partial}{\partial t} [\rho f] + \frac{\partial}{\partial x} [\rho f U] = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где t – время, с; x – продольная координата, м; f – площадь поперечного сечения трубки, м²; U – скорость, м/с; P – давление, Па; ρ – плотность, кг/м³; K – диссипативный множитель, кг/м·с.

Решение, которое с учетом координаты начала трубопровода, когда $x = 0$, можно записать в форме Д'Аламбера:

$$\begin{cases} P_{x=0} = P_0 + F_{x=0} - W_{x=0}; \\ U_{x=0} = [F_{x=0} + W_{x=0}] / \alpha\rho \end{cases} \quad (2)$$

Конструктивно датчик давления в измерительном модуле находится в самом начале трубопровода, поэтому принимаем, что $P_{x=0} = P_1$. Кроме того, для нормальной работы модуля недопустимо, чтобы отраженные волны давления накладывались показания датчика, то есть необходимо, чтобы $W_{x=0} = 0$.

Учитывая эти требования система (2) запишется как:

$$\begin{cases} P_1 = P_0 + F_{x=0}; \\ U_{x=0} = (P_1 - P_0) / \alpha\rho \end{cases} \quad (3)$$

А характеристика впрыскивания будет определяться соотношением

$$Q(t) = \frac{f \cdot (P(t) - P_{\text{ост}})}{\alpha \cdot \rho} \quad (4)$$

Тогда текущее давление в адаптере впрыска можно представить как

$$P(t) = Q(t) \frac{\alpha \cdot \rho}{f} + P_{\text{ост}} \quad (5)$$

Из формулы видно, что давление в трубопроводе прямо пропорционально объемной цикловой подаче с учетом остаточного давления в трубопроводе, скорости распространения волны давления и плотности топлива и обратно пропорционально площади поперечного сечения трубопровода. Так как диаметр трубопровода в нашем случае не меняется, а остаточное давление является установочным параметром, то при заданной цикловой подаче давление в адаптере впрыска будет зависеть только от скорости звука и плотности.

Проанализируем влияние температуры тестовой жидкости и остаточного давления в трубопроводе на скорость распространения волны давления в трубопроводе. Исходя из определения α_∞ в бесконечной среде [4] скорость распространения волны давления можно оценить как

$$\alpha_{\infty} = \sqrt{\left(\frac{dP}{d\rho}\right)_{S=const}} = \sqrt{\frac{1}{\rho \cdot \beta}}, \quad (6)$$

где β – коэффициент сжимаемости среды, Па⁻¹.

Для решения выражения 5 необходимо вычисление текущей плотности и истинной скорости распространения волны давления в трубопроводе. Для расчетов можно применить уравнение связи двух важных для нас параметров: $\rho = f(P)$ и $t = f(P)$, аналогичное использованному в работе [5]:

$$\left(\frac{\rho}{\rho_{0t}}\right)^{\varkappa} = \frac{B + P_{ocm}}{B}. \quad (7)$$

И далее

$$\rho = \rho_{0t} \cdot \sqrt[\varkappa]{\frac{B + P_{ocm}}{B}} \quad (8)$$

Здесь ρ_{0t} – плотность при температуре t и атмосферном давлении, которую можно вычислить через ρ_{20} – плотность при нормальных условиях:

$$\rho_{0t} = \rho_{20} - (1,8 - 0,0013 \cdot \rho_{20}) \cdot (t - 20) \quad (9)$$

Аналогично можно вывести формулу для коэффициента сжимаемости:

$$\beta = \frac{1}{\varkappa B} \cdot \left(\frac{P + B}{B}\right)^{\frac{1-\varkappa}{\varkappa}}; \quad (10)$$

И далее с учетом выражения (5):

$$\alpha = \sqrt{\frac{\varkappa}{\rho_0} B^{\frac{1}{\varkappa}} (P + B)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}} \quad (11)$$

Таким образом, мы можем представить выражение (5) в следующем виде, пригодном для анализа

$$P = \frac{Q \cdot \rho_{0t}}{f} \cdot \sqrt[\varkappa]{\frac{B + P_{ocm}}{B}} \cdot \sqrt{\frac{\varkappa}{\rho_0} B^{\frac{1}{\varkappa}} (P_{ocm} + B)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} + P_{ост}} \quad (12)$$

Константы B и \varkappa принимаются из эмпирических зависимостей, определенных для конкретной рабочей жидкости. Например, для дизельного топлива, наиболее близкого по свойствам к тестовой жидкости, приняты значения:

$$\left. \begin{aligned} B &= 10^6 [222,3 - 1,26 \cdot (t - 20) + 0,62(\rho_{20} - 825)] \\ \varkappa &= 7,49 + 0,0086 \cdot (t - 20) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Таким образом, можно констатировать, что мгновенное давление у датчика при заданном диаметре трубопровода прямо

пропорционально объему тестовой жидкости, проходящей мимо датчика в единицу времени и обратно пропорционально диаметру трубопровода. Другими значимыми параметрами системы являются температура и остаточное давление в трубопроводе, влияние которых на выходные показатели неоднозначно и не имеет явно выраженной закономерности. Тем не менее, уравнение (12) показывает, что изменение температуры и остаточного давления в трубопроводе явно влияет на давление в адаптере впрыска, а значит предложенная нами гипотеза о возможности управления давлением в трубопроводе при оценке характеристики впрыскивания является рабочей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Неговора А. В. Улучшение эксплуатационных показателей автотракторных дизелей совершенствованием конструкции и технологии диагностирования топливоподающей системы : дисс. ... докт. техн. наук : 05.04.02 / Неговора Андрей Владимирович. Санкт-Петербург, 2004. 340 с.

2 Bosch Wilhelm. Der Einspritzgesetz-indikator, ein neues Meßgerät zur direkten Bestimmung des Einspritzgesetzes von Einzeleinspritzungen // Motortech, 1964, № 7, стр. 268-282.

3 Пат. № 179689 Российская Федерация, МПК F02M 35/00. Устройство противодействия впрыску топлива / Сафин Ф. Р., Баширов Р. М., Магафуров Р. Ж., Юльбердин Р. Р.; Патентообладатель Сафин Ф. Р. № 2017132750 ; заявл. 19.09.2017, опубл. 22.05.2018, Бюл. № 15.

4 Грехов Л. В. Программный комплекс ВПРЫСК: Версия – 3.3. Описание применения. Математическая модель подачи топлива. Описание пользовательского интерфейса. Москва, 2002.

5 Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учебное пособие; В 10 т. Т. VI – Гидродинамика. М. : Наука. 1986. 736 с.

REFERENCES

1. Negovora A. V. Uluchshenie ekspluatatsionnykh pokazatelei avtotraktornykh dizelei sovershenstvovaniem konstruksii i tekhnologii diagnostirovaniia toplivopodaiushchei sistemy [Improved performance of diesel engines by improving the design and diagnostic technology of the fuel supply system]. Doctor's degree dissertation. Saint-Petersburg, 2004. 340 p.

2. Bosch Wilhelm. Der Einspritzgesetz-indikator, ein neues Meßgerät zur direkten Bestimmung des Einspritzgesetzes von Ein-zeleinspritzungen [The injection

law indicator, a new measuring device for the direct determination of the injection law of individual injections]. *Motortech*, 1964, no. 7, pp. 268-282.

3. Safin F. R., Bashirov R. M., Magafurov R. Zh., Yulberdin R. R. Patent 179689 Russian Federation. Ustroistvo protivodavleniia vprysku topliva [Fuel injection backpressure device]. No. 2017132750 appl. 19.09.2017; publ. 22.05.2018. Bulletin No 15.

4. Grekhov L. V. Programmnyi kompleks VPRYSK: Versiia – 3.3. Opisaniie primeneniia. Matematicheskaiia model' podachi topliva. Opisaniie pol'zovatel'skogo interfeisa [VPRYSK software package: Version - 3.3. Application description. Mathematical model of fuel supply. User Interface Description]. Moscow, 2002.

5. Landau L. D., Lifshits E. M. Teoreticheskaiia fizika [Theoretical Physics]. Vol. VI – Hydrodynamics, Moscow, Science, 1986, 736 p.

Об авторах:

Неговора Андрей Владимирович, профессор кафедры «Автомобили и машинно-тракторных комплексы» ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), доктор технических наук, профессор, negovora@bsau.ru.

Магафуров Руслан Жамилевич, старший преподаватель кафедры «Автомобили и машинно-тракторных комплексы» ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), magafuroffruslan@yandex.ru.

Парлюк Екатерина Петровна, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат экономических наук, доцент, kparlyuk@rgau-msha.ru.

About the authors:

Andrey V. Negovora, Professor of the Department «Automobiles and Machine-Tractor Complexes», Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Fiftieth anniversary of October, 34), D.Sc. (Engineering), professor, negovora@bsau.ru.

Ruslan Zh. Magafurov, senior lecturer of the department «Automobiles and machine-tractor complexes», Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Fiftieth anniversary of October, 34), magafuroffruslan@yandex.ru.

Ekaterina P. Parlyuk, associate professor of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, kparlyuk@rgau-msha.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФОРМЫ БАЛЛОНОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА

А. В. Неговора, И. Р. Ахметьянов, Д. А. Гусев

*ФГБОУ «Башкирский государственный аграрный университет»
(г. Уфа, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В данной статье описаны варианты совершенствования формы баллонов высокого давления для хранения газомоторного топлива на борту автотракторной техники, рассмотрены примеры моделирования в программном комплексе КОМПАС АРМ-FEM нагрузок в баллонах высокого давления сложной формы.*

***Ключевые слова:** газомоторное топливо; компримированный природный газ; газобаллонное оборудование; баллоны сложной формы; компьютерное моделирование.*

IMPROVEMENT OF SHAPE OF HIGH-PRESSURE BALLONS FOR STORAGE OF GAS ENGINE FUEL

A. V. Negovora, I. R. Akhmetyanov, D. A. Gusev

*Bashkir State Agrarian University
(Ufa, Russian Federation)*

***Abstract:** This article describes options for improving the shape of high-pressure cylinders for storing gas-engine fuel on board automotive equipment, and considers examples of modeling loads in complex-shaped high-pressure cylinders in the COMPASS APM-FEM software package.*

***Keywords:** gas engine fuel; compressed natural gas; gas cylinder equipment; complex cylinders; computer modeling.*

Учитывая современные показатели добычи энергоносителей в России, одним из наиболее перспективных видов топлива для двигателей внутреннего сгорания становится газомоторное топливо на основе природного газа метана в сжатом (компримированном) состоянии (КПГ). Однако, главной проблемой широкого использования КПГ являются большая масса и размеры запра-

вочных ёмкостей – баллонов, работающих под большим (до 22 Мпа) давлением. Особенно это заметно на примере автобусов малого класса, легковых автомобилях и тракторах, где размещение баллонов вызывает затруднения. Примеры размещения запаса КПГ показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Примеры размещения запаса КПГ в автотракторной технике

Очевидно, что такое размещение баллонов сокращает размеры полезного пространства и снижает потребительские и технические характеристики техники. Научные коллективы ведут работы в данном направлении, но все известные на сегодняшний день попытки решения проблемы путем применения баллонов сложной формы: наборных цилиндрических (PPI, USA) и дисковидных (рисунок 2), не получили широкого распространения из-за недостаточной эффективности. Например, учёные Волжского политехнического института предложили баллон для метана дисковидной формы [1, 2]. PPI предлагает решить проблему применением модульной конструкции, алюминиевый сплав позволяет существенно снизить вес кассеты в сборе, однако при таком конструктиве затруднительно создание топливных ёмкостей более сложных форм. Дисковидный баллон выгоден для установки в нишу для запасного колеса, однако масса такого баллона объёмом 30 литров, приблизительно равно 35...40 кг [3], что существенно нагружает багажный отсек.

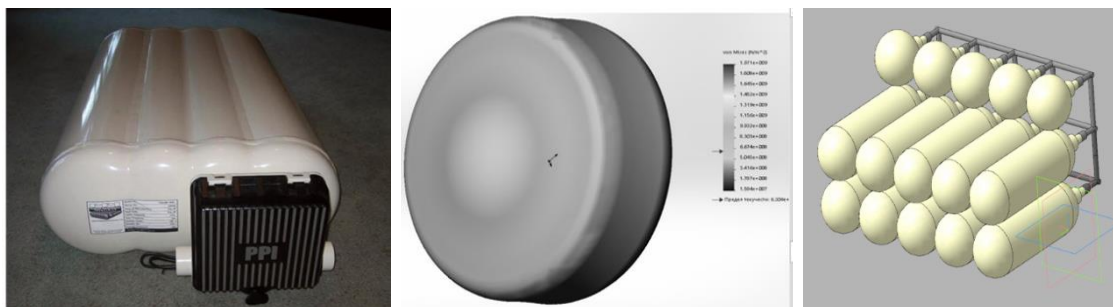


Рисунок 2 – Наборные баллоны фирмы PPI (USA), «диско-видный» баллон, массив из баллонов традиционных форм, повторяющая форму топливного бака легкового автомобиля

Одним из вариантов решения указанной проблемы является применение баллонов сложной формы, повторяющих конфигурацию свободных полостей в кузове автомобиля. Для изучения возможности производства таких баллонов необходимо провести предварительные расчетные исследования на основе спроектированных 3D-моделей.

Для моделирования нагрузок использовалась прикладная библиотека программы КОМПАС V17 АРМ FEM [4]. Расчёт в данной программе производится методом конечных элементов, толщина стенки, действующее давление для разных элементов выбраны идентичными, а материал – монолитным. Авторами предложен баллон сложной формы с распределёнными связями путем объемного армирования. На плоских поверхностях сосуда имеются выпуклости, повторяющие деформационные смещения наружной поверхности, показанные на рисунке 3.

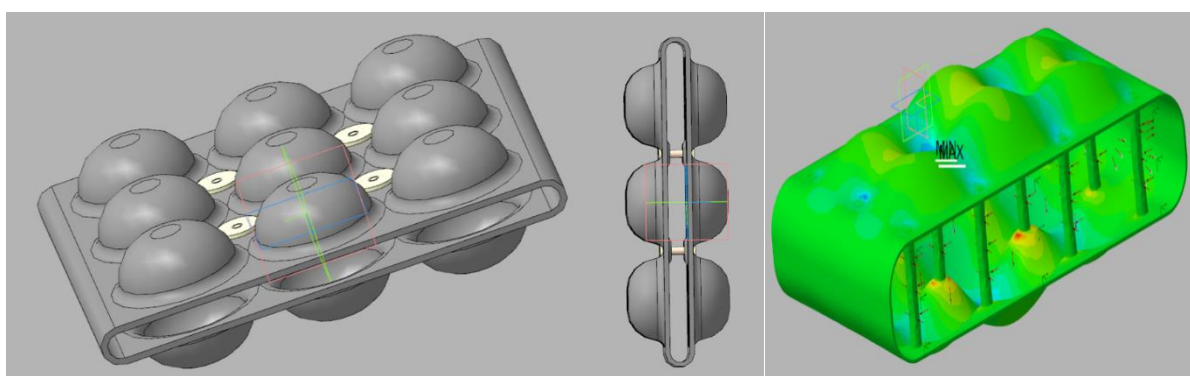


Рисунок 3 – Модель баллона с распределёнными связями с учётом деформаций

Распределение напряжений и деформаций в оболочке баллонов различных форм показано на рисунке 4. Классические баллоны (а) смоделированы полностью, баллоны сложной формы (б, в) представлены в виде кольцевых элементов.

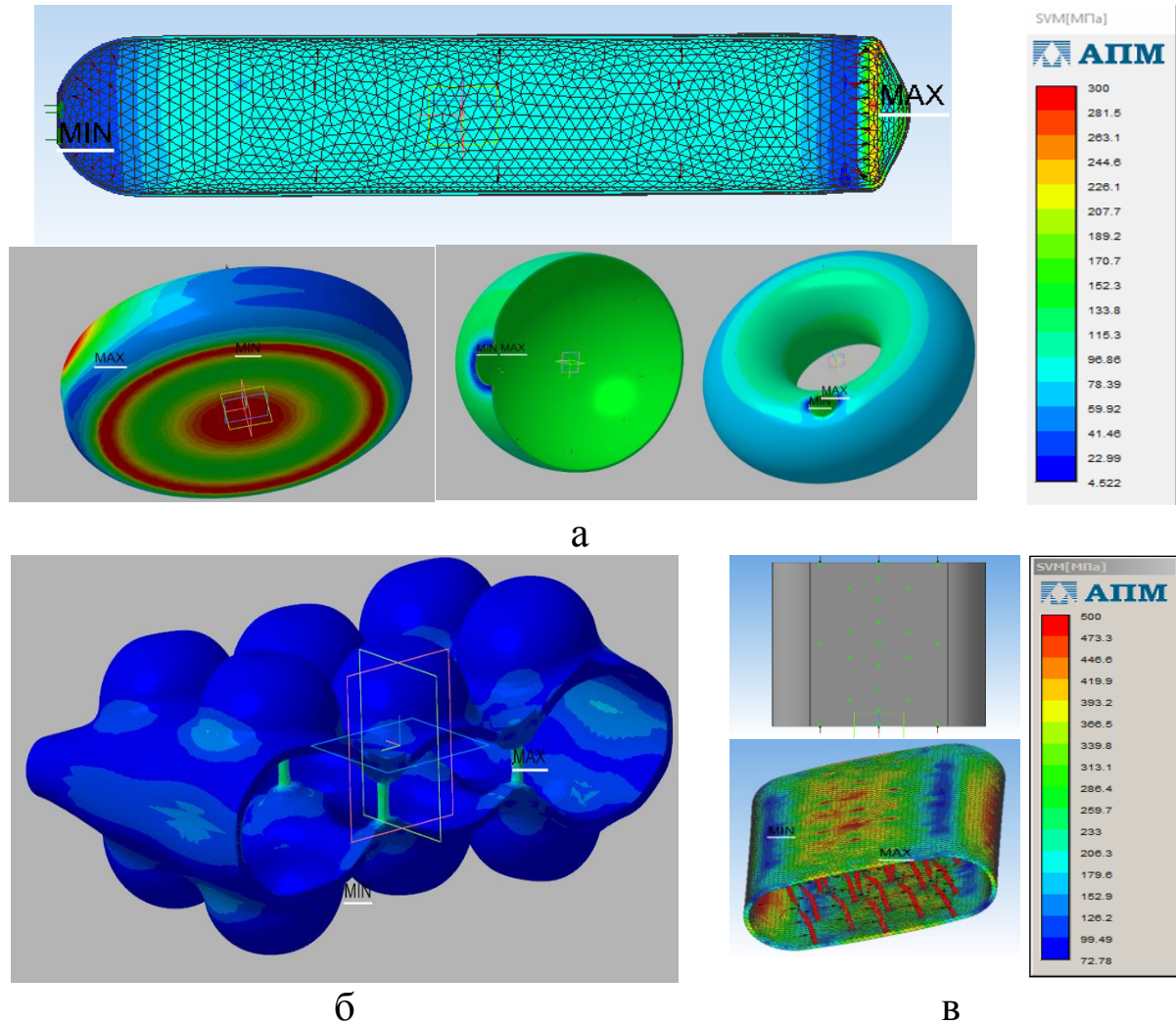


Рисунок 4: а – распределение напряжений в баллонах классической формы; б – распределение напряжений в баллоне с распределёнными связями с учётом деформаций; в – распределение напряжений в гладком баллоне с распределёнными связями

Сравнение результатов моделирования баллонов показало значительное увеличение напряжений, возникающих в элементах баллонов сложной формы и неравномерности их распределения, что видно из рисунка 4. Выявлено, что наиболее нагруженными оказались связующие элементы и область их закрепления на поверхности баллона. Однако формирование стенок баллона с учё-

том рассчитанных деформаций позволяет существенно понизить предельные значения напряжений и неравномерность их распределения.

Проведённая расчетная корректировка формы наружной стенки баллонов позволила значительно снизить напряжения в конечных элементах баллона, что позволяет использовать данные результаты при производстве топливных ёмкостей сложной формы, рассчитанных на высокое давление.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елпатьевский А. Н. Васильев В. В. Прочность цилиндрических оболочек из армированных материалов. М. : Машиностроение, 1972. 168 с.
2. Образцов И. Ф., Васильев В. В., Бунаков В. А. Оптимальное армирование оболочек вращения из композиционных материалов. М. : Машиностроение, 1977. 144 с.
3. Изготовление металлокомпозитных баллонов / С. П. Семенищев, В. П. Глухов, П. П. Мерзляков, О. В. Килина, В. К. Попов // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 3 (33). С. 19.
4. Неговора А. В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей : учебно-практическое пособие. Уфа : Башдизель, 2006. 150 с.
5. Application of modern software products for research of the process of thermal preparation of autotractor equipment / D. A. Gusev, A. R. Valiev, V. G. Urmanov, A. B. Kim // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. № 16. С. 82-86.
6. Optimal Design – Theory and Applications to Materials and Structures / V. V. Vasiliev, Z. Gurdal. Lancaster : Technomic, 1999. 320 p.
7. Vasiliev V. V., Morozov E. V. Mechanics and Analysis of Composite Materials. Amsterdam : Elsevier, 2001. 412 p.
8. Неметаллические конструкционные материалы. Энциклопедия Машиностроения. Т. 2-4 / Под ред. А. А. Кулькова, В. В. Васильева. М. : Машиностроение, 2005. 464 с.

REFERENCES

1. Elpat'evskiy A. N., Vasiliev V.V. Prochnost' tsilindricheskikh obolochek iz armirovannykh materialov [Strength of cylindrical shells from reinforced materials]. Moscow, Mashinostroenie, 1972, 168 p.
2. Obratsov I. F., Vasiliev V. V., Bunakov V. A. Optimal'noe armirovanie obolochek vrashcheniia iz kompozitsionnykh materialov [Optimal reinforcement of shells of rotation from composite materials]. Moscow, Mechanical Engineering, 1977, 144 p.
3. Semenishchev S. P., Glukhov V. P., Merzlyakov P. P., Kilina O. V., Popov V. K. Izgotovlenie metallokompozitnykh ballonov [Manufacturing of

metal-composite balloons]. *Transport on alternative fuel*, 2013, no. 3 (33), p. 19.

4. Negovora A. V. Toplivnaia apparatura avtotraktornykh dizelei [Fuel equipment of autotractor diesel engines]. Ufa, Bashdizel, 2006, 150 p.

5. Gusev D. A. Valiev A. R., Urmanov V. G., Kim A. B. Application of modern software products for research of the process of thermal preparation of autotractor equipment. *Journal of Advanced Research in Technical Science*, 2019, no. 16, pp. 82-86.

6. Optimal Design – Theory and Applications to Materials and Structures. Ed. V. V. Vasiliev, Z. Gurdal. Lancaster, Technomic, 1999, 320 p.

7. Vasiliev V. V., Morozov E. V. Mechanics and Analysis of Composite Materials. Amsterdam, Elsevier, 2001, 412 p.

8. Nemetallicheskie konstruktsionnye materialy. Entsiklopediia Mashinostroeniia [Non-metallic materials of construction. Encyclopedia of Mechanical Engineering]. Vol. 2-4. Ed. A. A. Kulkova, V. V. Vasilyeva. Moscow, Mashinostroenie, 2005, 464 p.

Об авторах:

Неговора Андрей Владимирович, профессор кафедры «Автомобили и машинно-тракторные комплексы» ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), доктор технических наук, профессор, negovora@bsau.ru.

Ахметьянов Ильшат Расимович, заведующий кафедрой механики и конструирования машин ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), кандидат технических наук, доцент, ahmetir@mail.ru.

Гусев Дмитрий Александрович, доцент кафедры механики и конструирования машин ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет» (450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34), кандидат технических наук, доцент, d-a-gusev@yandex.ru.

About the authors:

Andrey V. Negovora, professor of the Department «Automobiles and Machine-Tractor Complexes», Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Fiftieth anniversary of October, 34), D.Sc. (Engineering), professor, negovora@bsau.ru.

Ilshat R. Akhmetyanov, head of the department of Automobiles and Machine-Tractor Complexes, Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Fiftieth anniversary of October, 34), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, ahmetir@mail.ru.

Dmitry A. Gusev, associate professor of the Department «Automobiles and Machine-Tractor Complexes», Bashkir State Agrarian University (450001, Republic of Bashkortostan, Ufa, st. Fiftieth anniversary of October, 34), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, d-a-gusev@yandex.ru.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ШАГАЮЩИХ МАШИН С ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ

Ю. Г. Алейников, С. М. Гайдар

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В статье рассматриваются современные проблемы при разработке и применении шагающих машин с динамической устойчивостью. Их конструкционные достоинства и недостатки.*

***Ключевые слова:** шагающая машина; электроника; транспортные средства; механические нагрузки; алгоритмы движения.*

PROBLEMS AND PROSPECTS OF USING WALKING MACHINES WITH DYNAMIC STABILITY

U. G. Aleinikov, S. M. Gaidar

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The article deals with modern problems in the development and use of walking machines with dynamic stability. Their structural advantages and disadvantages.*

***Keywords:** walking machine; electronics; vehicles; mechanical loads; motion algorithms.*

В настоящее время создание шагающих машин с появлением микропроцессорных систем управления является новым направлением развития самоходных машин с шагающими движителями.

При движении в сложных условиях шагающие машины с компьютерным управлением могут быть более эффективными по сравнению с традиционными колесными и гусеничными транспортными средствами. Шагающие машины привлекательны тем, что они способны передвигаться на местности, неровности кото-

рой соизмеримы с размером всей машины имитируя движения насекомых и животных. Движение при помощи ног насчитывает миллионы лет в истории, а вот история колеса началась всего несколько тысяч лет назад. В то время как гусеничные и колесные средства передвижения могут преодолевать препятствия меньше, чем половина диаметра их колес и требуют наличия относительно ровных дорог. Кроме того, шагающие машины, благодаря маневренности своих опор, способны передвигаться по крутым склонам. Одним из основных недостатков шагающих машин является их невысокие скорости передвижения, динамические колебания корпуса машины во время движения и сложность алгоритмов управления. Шагающие машины имеют сложную механическую конструкцию с большим количеством степеней свободы. Каждая опора должна иметь возможность изгибаться и перемещать стопу в произвольную точку опоры в пределах рабочего пространства ограниченного длинами рычагов. Изгибающиеся шарниры опор должны иметь независимые приводы управляемые компьютером. Теоретическое проектирование шагающих машин позволяет создать виртуальные модели. Для их уточнения и совершенствования большое значение имеют натуральные макеты и стенды с недорогими универсальными компонентами. Шагающие машины с шести опорами и более могут обеспечивать высокую устойчивость и грузоподъемность [1, 2].

В настоящий момент не существует единой методологии, математического описания и универсального программного обеспечения и общепринятых стандартов для шагающих машин с динамической устойчивостью. Каждый разработчик создает собственную механику, электронику и программное обеспечение. Поэтому проблематика создания новых эффективных алгоритмов управления, сенсорной системы, математики, кинематики, механики и приводов является актуальной научной задачей [3-5].

Для создания шагающей механизма необходимо решить несколько проблем. Эти проблемы включают:

- конструкцию опоры, кинематику, материал и технологию для изготовления опоры;
- адаптивные алгоритмы движения по неровной поверхности;
- ударопрочность и устойчивость к механическим нагрузкам;

- создание алгоритмов для движения;
- выбор архитектуры бортовой вычислительной системы;
- создание человеко-машинного интерфейса;
- конструкцию сенсорной системы и алгоритмы первичной обработки данных;
- энергетику, обеспечение машины запасом электроэнергии или топливом для достаточно длительной автономной работы.

Конструкция опоры. Количество опор шагающей машины, их расположение на корпусе, его форма и конструкция отдельной ноги определяются условиями местности, по которой должна передвигаться машина и требуемыми режимами работы – скоростью движения переносимого груза, выполняемыми маневрами, габаритами [6].

Адаптивные алгоритмы движения. В настоящее время большое внимание уделяется исследованию алгоритмов движения машин с различным количеством опор. Главным направлением является развитие алгоритмов для движения по неровной поверхности и преодолении различных препятствий. Степень эффективности для таких алгоритмов можно оценить по затратам электроэнергии, скорости движения, тяговому усилию. Алгоритм движения описывает математическую модель пространственного положения опор во времени. Во время движения могут возникнуть непредвиденные ситуации когда машина может опрокинуться. Она должна иметь достаточную *ударопрочность* и быть *устойчивой к механическим нагрузкам* [7-8].

Для движения требуется сложная многофункциональная *система управления движением*, работающая в реальном времени. Система должна объединять в себе множество сенсоров, вычислительные средства, скоростные шины передачи данных между отдельными элементами, командные контроллеры и исполнительные механизмы. *Сенсорная система* собирает и обрабатывает данные об окружающем пространстве, положении машины, положении опор, контролирует запас и потребление электроэнергии. При помощи камер и дальномеров строит цифровую пространственную модель об окружающем машину мире. Контроллеры первичной обработки данных с сенсоров должны быть ско-

ростными, поскольку им необходимо обрабатывать огромные объемы данных за минимальное время.

Обеспечение машины достаточным запасом энергии является сложной задачей. Бортовая вычислительная система и сенсоры требуют постоянного электропитания. Алгоритмы движения и траектории перемещения опор должны быть наименее энергозатратными. Для приводов требуется значительно большее количество энергии, чем для электронно-вычислительных бортовых устройств [9]. Электроэнергию можно хранить в аккумуляторах, топливных элементах или генерировать при помощи двигателя внутреннего сгорания.

В статье рассмотрены основные проблемы шагающих машин, которые продолжают быть актуальными. Расширяется область применения шагающих машин: на земле, в воде, под землей, под водой, в космосе и на других планетах и спутниках. Опыт освоения космоса, планет и астероидов, наглядно показывает, что шагающая посадочная платформа является необходимым элементом оснащения космических миссий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акылбеков Е. Е. Проектирование кинематической схемы древовидного исполнительного механизма шестиногого шагающего робота // Политехнический молодежный журнал МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2016. № 4 (4). DOI: 10.18698/2541-8009-2016-4-33 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ptsj.ru/articles/33/33.pdf>.
2. Игнатъев М. Б., Кулаков Ф. М., Покровский А. М. Алгоритмы управления роботами-манипуляторами. Л. : Машиностроение, 1977. 248 с.
3. Метод проектирования пространственных древовидных исполнительных механизмов шагающих роботов / А. К. Ковальчук, Д. Б. Кулаков, С. Е. Семенов, В. В. Яроц, А. А. Верейкин, Б. Б. Кулаков, Л. А. Каргин // Инженерный вестник. 2014. № 7 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ainjournal.ru/file/out/736614>.
4. Буданов В. М. Алгоритмы планирования движений шестиногого шагающего аппарата // Фундаментальная и прикладная математика. 2005. Т. 11, № 7, С. 197-206.
5. Павловский В. Е. О разработках шагающих машин // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2013. № 101. 32 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-101>.

6. Motion control for the 6-legged robot in extreme conditions / Y .F. Golubev, V. V. Korianov, V. E. Pavlovsky, A. V. Panchenko // Proc. of the 16th Int. Conf. CLAWAR-2013. 14-17 July 2013, Sydney, Australia. pp. 427-434.
7. Locomotion analysis of hexapod robot / Xilun Ding, Zhiying Wang, Rovetta A., Zhu J.M. // Climbing and Walking Robots, 2010, InTech., pp. 291–309. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.intechopen.com/books/climbing-and-walking-robots>.
8. Moore E. Z. Leg Design and Stair Climbing Control for the RHex Robotic Hexapod. Department of Mechanical Engineering McGill University, 2002. p. 91.
9. Vidoni R., Gasparetto A. Efficient force distribution and leg posture for a bio-inspired spider robot // Robotics and Autonomous Systems. Vol. 59. Issue 2. February, 2011. pp. 142-150.

REFERENCES

1. Aky`lbekov E.E. Proektirovanie kinematicheskoy sxemy` drevovidnogo ispolnitel`nogo mexanizma shestinogogo shagayushhego robota [Designing a kinematic diagram of a tree-like actuator of a six-legged walking robot]. *Politexnicheskij molodezhny`j zhurnal MGTU im. N.E`. Bauman*, 2016, no. 4. DOI: 10.18698/2541-8009-2016-4-33, available at: <http://ptsj.ru/articles/33/33.pdf>.
2. Ignat`ev M. B., Kulakov F. M., Pokrovskij A. M. Algoritmy` upravleniya robotami manipulyatorami [Designing a kinematic diagram of a tree-like actuator of a six-legged walking robot]. Leningrad, Mashinostroenie, 1977.
3. Koval`chuk A. K., Kulakov D. B., Semenov S. E., Yarocz V. V., Verejkin A. A., Kulakov B. B., Karginov L. A. Metod proektirovaniya prostanstvenny`x drevovidny`x ispolnitel`ny`x mexanizmov shagayushhix robotov [Method of designing spatial tree-like executive mechanisms of walking robots]. *Inzhenerny`j vestnik*, 2014, no 7, available at: <http://ainjournal.ru/file/out/736614>.
4. Budanov V. M. Algoritmy` planirovaniya dvizhenij shestinogogo shagayushhego apparata [Algorithms for planning movements of the six-legged walking apparatus]. *Fundamental`naya i priklad-naya matematika*, 2005, vol. 11, no 7, pp. 197-206.
5. Pavlovskij V. E. O razrabotkax shagayushhix mashin [About the development of walking machines]. *Preprinty` IPM im. M.V. Keldy`sha*, 2013, no. 101, 32 p, available at: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2013-101>.
6. Golubev Y. F., Korianov V. V., Pavlovsky V. E., Panchenko A. V. Motion control for the 6-legged robot in extreme conditions. *Proc. of the 16th Int. Conf. CLAWAR-2013*, 14-17 July 2013, Sydney, Australia, pp. 427-434.
7. Xilun Ding, Zhiying Wang, Rovetta A., Zhu J. M. Locomotion analysis of hexapod robot. *Climbing and Walking Robots*, 2010, InTech., pp.

291-309, available at: <http://www.intechopen.com/books/climbing-and-walking-robots>.

8. Moore E. Z. Leg Design and Stair Climbing Control for the RHex Robotic Hexapod. Department of Mechanical Engineering McGill University, 2002, 91 p.

9. Vidoni R., Gasparetto A. Efficient force distribution and leg posture for a bio-inspired spider robot. *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 59, issue 2, February, 2011, pp. 142-150.

Об авторах:

Алейников Юрий Георгиевич, докторант ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, yuri@Aleyrobotics.com.

Гайдар Сергей Михайлович, заведующий кафедрой «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, techmash@rgau-msha.ru.

About the authors:

Yury G. Aleinikov, doctoral candidate Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), yuri@Aleyrobotics.com.

Sergey M. Gaidar, Head of the Department of Materials Science and Technology of Machine Building, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, techmash@rgau-msha.ru.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Г. Н. Темасова

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В статье предложено усовершенствовать технологию ремонта гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания путем внедрения в процесс приспособления для контроля биения опорной плоскости под бурт гильзы к оси отверстий посадочных поясков под гильзу блока цилиндров. Также был произведен расчет допустимой погрешности предложенного приспособления.*

***Ключевые слова:** показатели качества и конкурентоспособности; технология ремонта; приспособление для контроля биения; допустимая погрешность.*

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF REPAIR OF LINERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

G. N. Temasova

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The article proposes to improve the technology of repair of cylinder liners of internal combustion engines by introducing into the process of adaptation of the control of the runout of the reference plane under the sleeve sleeve to the axis of the holes of the seat belts under the cylinder liner. The permissible error of the proposed device was also calculated.*

***Keywords:** indicators of quality and competitiveness; the technology of repair; the device monitoring heartbeat; the margin of error.*

Вопросы оценки качества и конкурентоспособности сложной технической продукции вызывают большой интерес [1, 2], как производителей, так и ученых, работающих над проблемой обеспечения безопасности продукции. Конкурентоспособность и

качество сложной технической продукции оценивается различными показателями качества [3]. Одними из главнейших показателей качества техники являются надежность, долговечность, техническая готовность и ремонтпригодность [4, 5]. Стабильность характеристик показателей качества и конкурентоспособности, которые заложены в технике при изготовлении говорят о надежности и долговечности машины [6]. В процессе эксплуатации стабильность характеристик показателей качества и конкурентоспособности двигателя может нарушаться вследствие многих причин, вызывающих неисправности его механизмов и систем. Неисправности могут возникнуть в результате нарушения регулировок, устранимых в процессе эксплуатации, или вследствие естественного износа деталей сопряжений, не устранимого простой регулировкой, в этом случае требуется восстановление изношенных деталей или замена [7]. Это осуществляется процессом ремонта. Ремонт сложной технической продукции производится разными способами и выбор того или иного способа в конкретных условиях определяется или экономическими соображениями или производственными возможностями ремонтных предприятий (наличием соответствующего технологического оборудования). После ремонта также должны быть обеспечены показатели конкурентоспособности и качества сложной технической продукции, то есть после ремонта должны быть обеспечены ресурсы техники на уровне близком к тому, который был обеспечен производителем. Поэтому на различных предприятиях разработаны и усовершенствованы технологические процессы и оборудование, которые позволяют восстанавливать многие детали автомобилей прогрессивными методами. Научно-исследовательские и учебные институты проводят различные исследования в области совершенствования организации ремонта и восстановления деталей.

Соединение гильза цилиндра – поршень является одним из соединений, подвергающихся наибольшему износу в двигателях внутреннего сгорания. Поэтому разработка технологии ремонта гильз является важной задачей для улучшения качества ремонта двигателей.

Анализ причин возникновения несоответствий показал, что для снижения брака при ремонте двигателей необходимо контро-

лизовать биение опорной плоскости под бурт гильзы к оси отверстий посадочных поясков под гильзу блока цилиндров. Для этого предлагаем использовать приспособление для контроля биения опорной плоскости под бурт гильзы к оси отверстий посадочных поясков под гильзу блока цилиндров, которое представлено на рисунке 1.

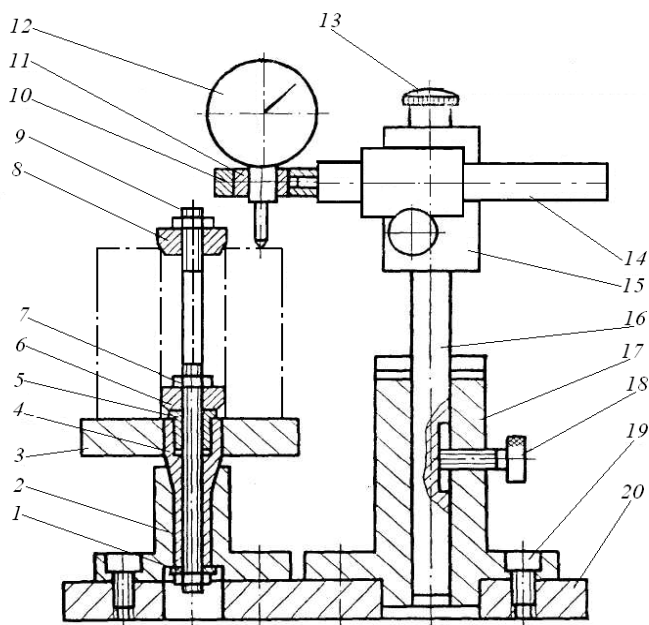


Рисунок 1 – Приспособление для контроля биения опорной плоскости под бурт гильзы к оси отверстий посадочных поясков под гильзу блока цилиндров

Приспособление устанавливается на контролируемую деталь и по отклонению стрелки индикатора определяется биение опорной плоскости под бурт гильзы к оси отверстий посадочных поясков под гильзу блока цилиндров. Приспособление можно перемещать по плоскости разъема контролируемой детали и измерять биение опорной плоскости под бурт гильзы к оси отверстий посадочных поясков под гильзу блока цилиндров во всех точках. Деталь считается годной, если отклонения не превышают технических требований. Приспособление состоит из шайбы – 1, кронштейна – 2, опоры – 3, оправки – 4, втулки – 5, нижнего вкладыша – 6, гайки – 7, верхнего вкладыша – 8, шпильки – 9, подвижной части – 10, втулки – 11, индикаторной головки – 12, винта – 13, скалки – 14, кронштейна – 15, стойки – 16, ступицы – 17, винта – 18, болта – 19, основания – 20.

К достоинствам данного приспособления относятся:

- применение высокоточных индикаторных головок позволяет контролировать величину отклонения радиуса с точностью до 4 мкм;
- простота установки приспособления на проверяемый объект, что значительно снижает затраты времени на контроль.

К недостаткам приспособления относятся:

- высокая трудоёмкость измерений;
- большая масса.

Для расчёта погрешности нам необходимо найти допустимую погрешность измерения, которая находится по формуле:

$$\delta = \frac{T}{3}, \quad (1)$$

где δ – допускаемая погрешность измерения; T – допуск на изготовление радиуса.

Условия для контроля: $\Delta Lim \leq \delta$.

ΔLim – погрешность суммарного измерения радиуса. Она находится по формуле:

$$\Delta Lim = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \dots + \Delta_n^2} = \sqrt{\sum_i^n \Delta_i^2}, \quad (2)$$

где Δ_i – погрешность каждого составного звена измерения; Δ_1 – погрешность базирования (3 мкм); Δ_2 – погрешность головки (8 мкм); Δ_3 – погрешность от контактной деформации (Существует в трёх точках и зависит от измерительного усилия, 0,8...1,2 Н и равна 4 мкм); Δ_4 – погрешность от изготовления измерительного рычага (неравноплечности рычага – 1,5 мкм).

$$\Delta Lim = 9,5 \text{ мкм.}$$

Предельная погрешность суммарного измерения радиуса удовлетворяет условиям.

Исходя из допустимой погрешности измерений, выбираем индикаторную головку часового типа ИЧ 10МН. $\Delta Lim = \pm 8$ мкм на участке в 1 мм.

Итак, нами предлагается усовершенствовать процесс ремонта гильз ДВС путем внедрения в производственный процесс приспособления для контроля биения опорной плоскости под бурт гильзы к оси отверстий посадочных поясков под гильзу блока

цилиндров. Был проведен конструкторский расчет допустимой погрешности предлагаемого приспособления и выбрана измерительная головка, погрешность которой удовлетворяет условию выбора средств измерений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарева Г. И. Оценка базовых издержек по процессу ремонта двигателей на предприятиях АПК // *Сельский механизатор*. 2020. № 2. С. 34-36.
2. Темасова Г. Н. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК. М. : Издательство ФГОУ ВПО МГАУ, 2010. 134 с.
3. Леонов О. А. Методология оценки издержек на контроль при ремонте машин // *Инновации в АПК: проблемы и перспективы*. 2019. № 3 (23). С. 37-43.
4. Леонов О. А., Капрузов В. В., Темасова Г. Н. Стандартизация : учебное пособие. М. : Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. 191 с.
5. Леонов О. А., Темасова Г. Н., Вергазова Ю. Г. Управление качеством : учебник. СПб. : Издательство «Лань», 2019. 180 с.
6. Бондарева Г. И., Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж., Вергазова Ю. Г. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса : монография. М. : Издательство ФГБОУ РГАУ-МСХА, 2016. 161 с.
7. Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж., Темасова Г. Н. Статистические методы в управлении качеством : учебное пособие. СПб. : Издательство «Лань», 2019. 144 с.

REFERENCES

1. Bondareva G. I. Ocenka bazovy`x izderzhok po processu remonta dvigatelej na predpriyatiyax APK [Estimation of basic costs for the process of engine repair at agricultural enterprises]. *Sel`skij mexanizator*, 2020, no 2, pp. 34-36.
2. Temasova G. N. Organizaciya sistemy` kontrolya zatrat na kachestvo na predpriyatiyax texnicheskogo servisa APK [Organization of quality cost control system at agro-industrial complex technical service enterprises]. Moscow, FGOU VPO MGAU, 2010, 134 p.
3. Leonov O. A. Metodologiya ocenki izderzhok na kontrol` pri remonte mashin [Methodology for estimating machine repair monitoring expenses]. *Innovacii v APK: problemy` i perspektivy*, 2019, no. 3 (23), pp. 37-43.

4. Leonov O. A., Kapruzov V. V., Temasova G. N. Standartizaciya [Standardization]. Moscow, Rossijskij gosudarstvenny`j agrarny`j universitet - MSXA im. K.A. Timiryazeva, 2015, 191 p.
5. Leonov O. A., Temasova G. N., Vergazova Yu. G. Upravlenie kachestvom [Quality management]. Saint Petersburg, Lan`, 2019, 180 p.
6. Bondareva G. I., Leonov O. A., Shkaruba N. Zh., Vergazova Yu. G. Razrabotka sistemy` menedzhmenta kachestva dlya predpriyatij texnicheskogo servisa [Development of a quality management system for technical service enterprises]. Moscow, FGBOU RGAU-MSXA, 2016, 161 p.
7. Leonov O. A., Shkaruba N. Zh., Temasova G. N., Statisticheskie metody` v upravlenii kachestvom [Statistical Methods in Quality Management]. Saint Petersburg, Lan`, 2019, 144 p.

Об авторе:

Темасова Галина Николаевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат экономических наук, доцент, temasova@rgau-msha.ru.

About the author:

Galina N. Temasova, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Economic), associate professor, temasova@rgau-msha.ru.

ТРИБОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦИФРОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

Аннотация: Дана характеристика изменения технического состояния по параметрам трибометрических нагрузок. Предложена методика трибометрического контроля работоспособности машин с внедрением цифровых систем учета состояния, применяемых при управлении ресурсным потенциалом машин на всем сроке службы.

Ключевые слова: технологические машины; техническое состояние; трибометрия; оцифровка; ресурс.

TRIBOMETRIC DIGITALIZATION OF TECHNICAL SYSTEMS AS A MECHANISM OF ENSURING THE RESOURCE POTENTIAL OF TECHNOLOGICAL MACHINES OF NATURAL DEVELOPMENT

N. S. Sevryugina, A. S. Apatenko

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

Abstract: The characteristic of changes in the technical condition of the parameters of tribometric loads is given. A method of tribometric monitoring of machine performance with the introduction of digital state accounting systems is proposed, which is used to manage the resource potential of machines over the entire service life.

Keywords: technological machines; technical condition; tribometry; digitization; resource.

Эксплуатация технологических машин, функциональное назначение которых предусматривает выполнение работ приро-

дообустройства имеют определенную специфику, факторы воздействия которых снижают их работоспособность. Структурно, машины представляются набором технических систем, динамика которых обеспечивается через трибосоединения. Задача решения вопросов управления ресурсным потенциалом состоит в повышении качества элементов трения, снижению нагрузок путем применения соответствующих материалов, таких как масла или покрытия полиматериалами, вязкостные характеристики которых компенсируют нагрузки [1-5].

Цель исследований: разработка механизма управления ресурсным потенциалом технологических машин природообустройства путем учета трибометрического фактора средствами оцифровки элементной базы технических систем.

Методика трибометрирования. Надежность технических систем машины в местах трения сопрягаемых элементов исследуется с позиций основных положений трибологии, закладывая метрологические характеристики по условиям нормального функционирования. Современные датчики тензометрирования, расположенные в реперных точках сопряжения обеспечивают сбор информационно-аналитических данных по показателю трибологии (от греч. *tribos* – трение и *metreo* – измеряю) [6]. Базовые положения трибологии дают математическое описание сопряжения по критерию метрологической согласованности:

$$u_{np} = a + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i u_i, \quad (1)$$

где u_i – нормированная геометрическая характеристика сопряжения, как реперный информационный параметр базы данных технического состояния; α_i – коэффициент регрессии, оценивается персонифицированно и включает факторы влияния внешней среды и нагрузочные характеристики; $n-1$ – число согласованных реперных точек, обеспечивающих ресурсный потенциал соединения.

Расчетное значение ресурсного потенциала формируется по значению периода интенсивности изменения параметра $\xi(t)$ до уровня достижения его предельного значения $\xi(t_{пр})$:

$$t_{\text{ост}} = t \left[\left(\frac{\xi(t_{\text{пр}})}{\xi(t)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \quad (2)$$

где α – показатель степени, определяющий характер изменения параметра.

Установка тензометрических датчиков и применение программного аппарата сбора информации обеспечивает оцифровку технических систем на уровне элементарного сопряжения деталей, алгоритм представлен на рисунке 1 [7].

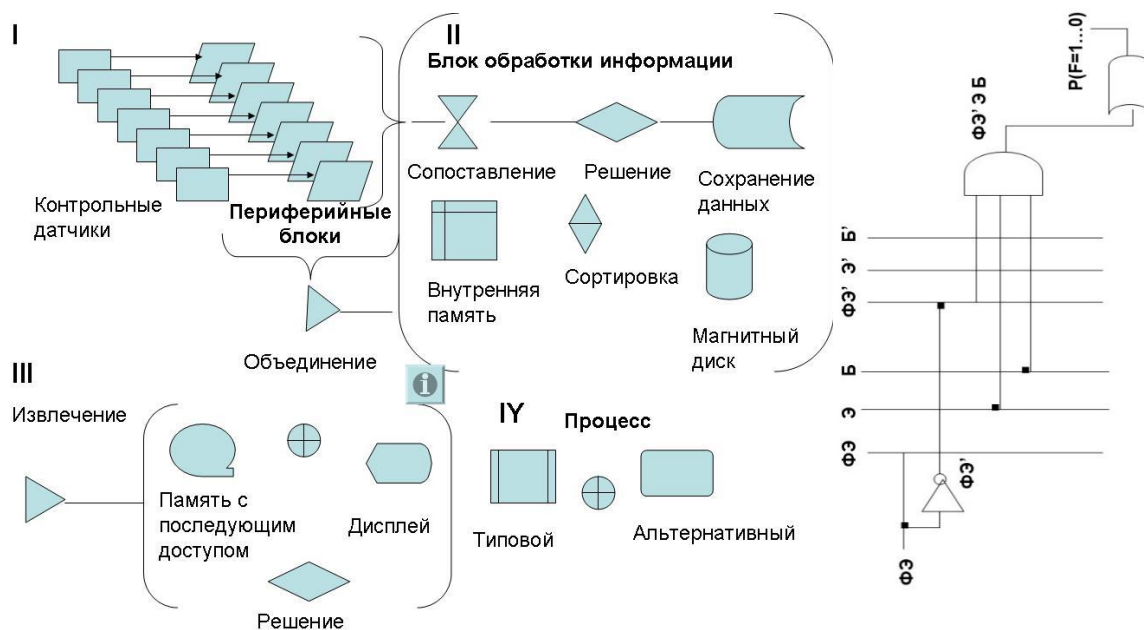


Рисунок 1 – Алгоритм оцифровки технической системы при контроле потенциала ресурса технологической машины

Имитационная модель представлена на примере изменения динамики осей крепления квик-каплера при нагрузках, вызываемых рабочим оборудованием, в частности установки ковшов различного объема.

Тензометрирование проведено на примере исследования напряженно-деформированного состояния рабочего органа технологической машины, в рассматриваемом случае ковша экскаватора с использованием быстросъемного (квик-каплера).

Таблица 1 – Динамика нагружений квик-каплера

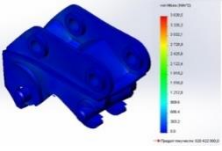
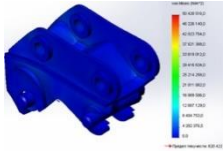
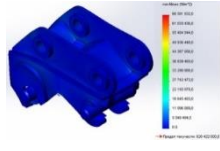
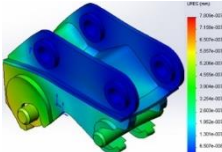
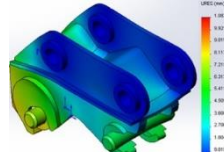
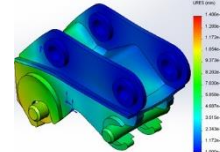
Объем ковша, м ³	0,65	0,77	1
Нагрузка, т	1,17	1,386	1,8
Карта напряжений. Максимальное значение напряжения, МН/м ²	 3,64	 50,4	 66,5
Карта перемещений. Максимальное значение перемещения, нм	 0,78	 1,08	 1,4



Рисунок 2 – Пример исследований ресурсного потенциала элементов рабочего органа технологической машины путем тензометрирования измерительной системой ZetLab

Результаты исследований позволили создать универсальный аппарат управления ресурсным потенциалом технических систем технологической машины на всем сроке службы при выполнении операций природообустройства в условиях повышенной влажности и запыленности внешней среды [8].

Выводы:

- Дана характеристика изменения технического состояния по параметрам трибометрических нагрузок с учетом факторов, проявляющихся при выполнении мелиоративных работ;
- Предложена методика трибометрического контроля работоспособности машин с внедрением цифровых систем учета состояния;
- Представлен алгоритм оцифровки технических систем машин, обеспечивающий управление ресурсным потенциалом на всем сроке их службы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе О. Н., Девянин С. Н., Парлюк Е. П. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 1. С. 74-85.
2. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники. Аналитический обзор : монография / И. Г. Голубев, Н. П. Мишуров, В. Я. Гольпяпин, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // М. : Российский НИИ информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК (Правдинский), 2020. 76 с.
3. Апатенко А. С. Методы эффективного использования машинно-тракторных агрегатов в мелиорации // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 113. С. 156-160.
4. Система автоматизированного контроля управления техническим состоянием машин и оборудования / И. Н. Кравченко, В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев, Т. А. Чеха // Сельский механизатор. 2016. № 9. С. 22-23.
5. Корнеев В. М., Катаев Ю. В. Система обеспечения работоспособности техники в агропромышленном комплексе // В сб.: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской НМК с международным участием, посвященной 100-летию академика Д. К. Беляева. 2017. С. 86-91.
6. Мороз В. П. Современная трибология и основные причины изнашивания деталей машин // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 4. С. 35-36.
7. Севрюгина Н. С., Апатенко А. С. Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве // Техника и оборудование для села. 2019. № 7 (265). С. 35-38.
8. Севрюгина Н. С., Капырин П. Д. Эффективность выбора средств механизации строительных и специальных строительных работ // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 59-64.

REFERENCES

1. Didmanidze O. N., Devyanin S. N., Parlyuk E. P. Traktor sel'skoxozyajstvennyj: vchera, segodnya, zavtra [Agricultural tractor: yesterday, today, tomorrow]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2020, vol. 21, no. 1, pp. 74-85.
2. Golubev I. G., Mishurov N. P., Gol'tyapin V. Ya., Apatenko A. S., Sevryugina N. S. Sistemy telemekhniky i monitoringa sel'skoxozyajstvennoj texniki. Analiticheskij obzor [Telemetry and monitoring systems for agricultural machinery]. Moscow, Rossijskij NII informacii i tekhniko-ekonomicheskix issledovanij po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu APK, 2020, 76 p.
3. Apatenko A. S. Metody effektivnogo ispol'zovaniya mashinno-traktornyx agregatov v melioracii [Methods for the effective use of machine-tractor units in land reclamation]. *Trudy GOSNITI*, 2013, vol. 113, pp. 156-160.
4. Kravchenko I. N., Korneev V. M., Kataev Yu. V., Chexa T. A. Sistema avtomatizirovannogo kontrolya upravleniya tekhnicheskimi sostoyaniem mashin i oborudovaniya [Automated control system for controlling the technical condition of machines and equipment]. *Sel'skij mexanizator*, 2016, no. 9, pp. 22-23.
5. Korneev V. M., Kataev Yu. V. Sistema obespecheniya rabotosposobnosti texniki v agropromyshlennom komplekse [System for ensuring the efficiency of equipment in the agro-industrial complex]. *Agrarnaya nauka v usloviyax modernizacii i innovacionnogo razvitiya APK Rossii*, 2017, pp. 86-91.
6. Moroz V. P. Sovremennaya tribologiya i osnovnyye prichiny iznashivaniya detalej mashin [Modern tribology and the main reasons for the wear of machine parts]. *Traktory i sel'xozmashiny*, 2012, no. 4, pp. 35-36.
7. Sevryugina N. S., Apatenko A. S. Cifrovyye sistemy i tochnost' upravleniya rabotosposobnost'yu tekhnologicheskix mashin v prirodoobustrojstve [Digital systems and accuracy of control over the performance of technological machines in the environment]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2019, no. 7 (265), pp. 35-38.
8. Sevryugina N. S., Kapurin P. D. Effektivnost' vybora sredstv mexanizacii stroitel'nyx i special'nyx stroitel'nyx rabot [The effectiveness of the choice of means of mechanization of construction and special construction work]. *Mexanizaciya stroitel'stva*, 2017, vol. 78, no. 11, pp. 59-64.

Об авторах:

Севрюгина Надежда Савельевна, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, sevryuginans@rgau-msha.ru.

Апатенко Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, доцент, a.apatenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Nadezhda S. Sevryugina, associate professor, Department of Technical Operation of Technological Tires and Environmental Equipment, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, sevryuginans@rgau-msha.ru.

Alexey S. Apatenko, Head of the Department of Technical Operation of Technological Machines and Environmental Equipment, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), associate professor, a.apatenko@rgau-msha.ru.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГОЗВЕННЫХ ТРАКТОРНЫХ ПОЕЗДОВ

А. Н. Кушнарев, Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет»

(г. Благовещенск, Российская Федерация)

Аннотация: В статье рассматривается вопрос формирования транспортного коридора при движении многозвенных тракторно-транспортных агрегатов, приводятся теоретические исследования по вычислению производительности и графический алгоритм для определения оптимальных значений параметров поворота экспериментального МТТА.

Ключевые слова: многозвенный тракторно-транспортный агрегат; поворот; транспортный коридор; производительность; эффективность.

FEATURES OF THE OPERATION OF ITERATIVE TRACTOR TRAINS

A. N. Kushnarev, E. E. Kuznetsov, S. V. Shchitov

Far Eastern State Agrarian University

(Blagoveshchensk, Russian Federation)

Abstract: The article considers the formation of a transport corridor when moving iterativetractor-transport units, provides theoretical studies on performance calculation and a graphic algorithm to determine the optimal values of the parameters of the turn of the experimental MTTA.

Keywords: iterativetractor-transport units; turn; transport corridor; performance; efficiency.

В последние годы наблюдается сокращение импорта сельскохозяйственной продукции и увеличение объёмов её производства и экспорта. Особенно этот процесс заметен в ряде субъектов, где основным направлением формирования валового продукта региона является сельскохозяйственное направление. В структуре хозяйств Амурской области развитие и господдержку получили

крестьянско-фермерские хозяйства (КФХ), доля которых в объёме производимой продукции из года в год увеличивается.

Как показывает практика, основной проблемой для КФХ в данных условиях является транспортировка полученного урожая с полей, его доработка и хранение. Если вопрос хранения и доработки в последние годы находит своё решение за счёт постройки и ввода в эксплуатацию специального оборудования, то вопрос вывоза урожая с полей стоит достаточно актуально.

В связи с этим возникает необходимость более широкого применения для этих целей многозвенных тракторно-транспортных агрегатов (МТТА), обладающих более высокими тягово-цепными качествами в полевых условиях по сравнению с автомобильным транспортом. Главной же проблемой при движении является не соответствие используемых для этих целей полевых дорог 5 технической категории, имеющих ширину проезжей части в пределах 450 см., требованиям безопасной эксплуатации МТТА, так как происходит выдвигание второго прицепа на полосу встречного движения в повороте.

Решить данную проблему возможно за счёт использования специальных устройств, позволяющих более эффективно использовать имеющую безопасную ширину транспортного коридора. В Дальневосточном ГАУ для этих целей было разработано специальное устройство, на которое получен патент РФ № 2728162 [1].

Предложенное устройство позволяет использовать МТТА не только в выше названных условиях, но и даёт возможность повысить их производительность.

В работе [2] величину производительности на транспортных работах предлагается определять по формуле:

$$W = \left(\frac{\mu \cdot j}{L - V_T (1 - \delta) \mu t} \right) m_{\text{прс}} V_p, \quad (1)$$

где μ – коэффициент использования пробега; j – коэффициент использования грузоподъемности; L – длина ездки, км; V_p – рабочая скорость движения, км/ч; δ – коэффициент буксования; t – время простоя тракторного поезда на погрузочно-разгрузочных операциях, ч; $m_{\text{прс}}$ – масса перевозимого груза одним прицепом, т.

Рассмотрим траекторию движения многозвенного ТТА состоящего из энергетического средства и двух прицепов, представленную в виде схемы на рисунке 1.

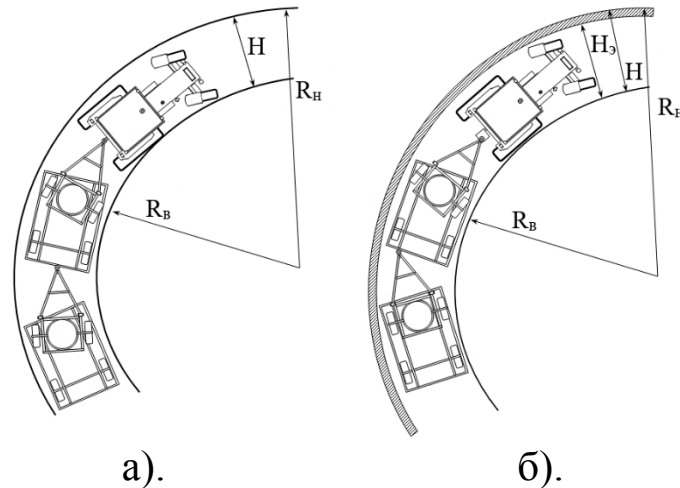


Рисунок 1 – Схема к определению ширины транспортного коридора:

а – серийный агрегат, б – экспериментальный агрегат

Рассмотрим составляющие радиуса поворота в данном случае:

$$R_{\text{н}} = R_{\text{в}} + H, \quad (2)$$

где $R_{\text{в}}$ – внутренний радиус поворота второго прицепа, м; $H_{\text{к}}$ – ширина транспортного коридора, м, $R_{\text{н}}$ – наружный радиус поворота ТТА, м.

Формула (2) показывает, что для снижения радиуса поворота необходимо уменьшать ширину транспортного коридора, образуемого вторым прицепом. Решить поставленную задачу возможно за счёт использования устройств позволяющих регулировать ширину транспортного коридора путём смещения точки соединения первого и второго прицепов. В результате ранее проведенных исследований [3] была получена зависимость позволяющая определить ширину транспортного коридора при использовании устройства установленного между первым и вторым прицепом

$$H = R_{\text{н}} - (R_{\text{в}} + L_1) = R_{\text{н}} - \left(R_{\text{в}} + R \arccos \frac{ab + \sqrt{(R^2 - b^2) \cdot (R^2 - a^2)}}{R^2} \right) \quad (3)$$

Анализ формулы (3) показывает, что с уменьшением ширины транспортного коридора радиус поворота тоже уменьшается.

Решая совместно уравнения 2 и 3 определим длину пути на преодолении поворотов, которая будет равна:

- для серийного МТГА:

$$L_2 = 2\pi(R_b + H_k). \quad (4)$$

- для МТГА с устройством:

$$L_2 = 2\pi \left(R_H + \left(R_b - R \arccos \frac{ab + \sqrt{(R^2 - b^2) \cdot (R^2 - a^2)}}{R^2} \right) \right) \quad (5)$$

Таким образом общая длина пути проходимая МТГА на поворотах будет равна:

- для серийного МТГА:

$$L = L_1 + L_2 = L_1 + 2\pi(R_H + H) \quad (6)$$

- для МТГА с устройством:

$$L = L_1 + L_2 = L_1 + 2\pi \left(R_H - \left(R_b - R \arccos \frac{ab + \sqrt{(R^2 - b^2) \cdot (R^2 - a^2)}}{R^2} \right) \right) \quad (7)$$

Анализируя формулы 6 и 7 можно отметить, что за счёт использования предлагаемого устройства общая длина пути, проходимая МТГА при выполнении транспортных работ будет меньше.

С учётом выше сказанного величина производительности будет равна:

- для серийного МТГА:

$$W = \left(\frac{\mu \cdot j}{L_1 + 2\pi(R_H + H) - V_T(1 - \delta)\mu t} \right) m_{\text{прс}} V_p, \quad (8)$$

- для экспериментального МТГА с устройством:

$$W = \left(\frac{\mu \cdot j}{L_1 + 2\pi \left(R_H - R \arccos \frac{ab + \sqrt{(R^2 - b^2) \cdot (R^2 - a^2)}}{R^2} \right) - V_T(1 - \delta)\mu t} \right) m_{\text{прс}} V_p \quad (9)$$

Сравнивая между собой производительность серийного МТГА (формула 8) и производительность с установленным устройством (формула 9), можно отметить, что установка устройства для корректировки ширины транспортного коридора позволяет повысить производительность МТГА за счёт снижения длины пути, затраченного на повороты.

При проведении экспериментальных исследований ставилась задача определить оптимальные значения параметров поворота при помощи программ «Sigma Plot 11.0». Полученный графический алгоритм определения оптимальных параметров представлен на рисунке 2.

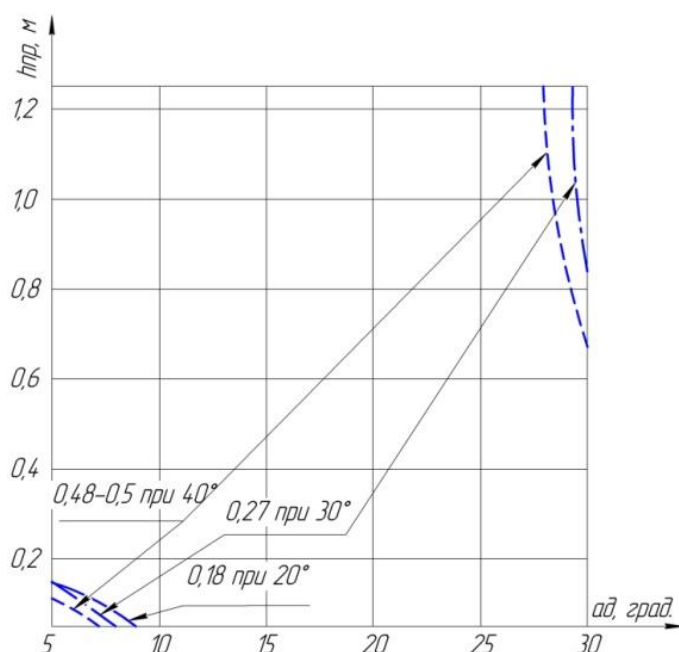


Рисунок 2 – Графический алгоритм для определения оптимальных значений параметров поворота экспериментального МТГА

Проведенными исследованиями установлено, что использование предлагаемого устройства позволяет повысить производительности МТГА за счёт снижения длины ездки (формула 9) и определить оптимальные параметры поворота (рисунок 2).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2728162 Российская Федерация. Гидрорегулируемое буксирное устройство колёсного трактора / Щитов С. В, Кузнецов Е. Е.;

заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ. № 2018114603; заявл. 13.07.2018; опубл. 28.07.2020. Бюл. № 22.

2. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Даль-ГАУ, 2017. 272 с.

3. Кушнарев А. Н., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Совершенствование использования многозвенных тракторно-транспортных поездов // Техника и оборудования для села. 2020. № 6 (276). С. 14-17.

REFERENCES

1. Shhitov S. V, Kuznecov E. E. [Wheel tractor hydroregulated towing device]: Patent 2728162 Russian Federation. No 2018114603; appl. 13.07.2018; publ. 28.07.2020. Bulletin No. 22.

2. Kuznecov E. E., Shchitov S. V. Povy`shenie e`ffektivnosti ispol`zovaniya mobil`ny`x e`nergeticheskix sredstv v tehnologii vozdeyv`vaniya sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur [Increasing the efficiency of the use of mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops]. Blagoveshensk, Dal`GAU, 2017, 272 p.

3. Kushnarev A. N., Kuznecov E. E., Shchitov S. V. Sovershenstvovanie ispol`zovaniya mnogozvenny`x traktorno-transportny`x poezdov [Improving the use of multi-link tractor-transport trains] // *Tekhnika i oborudovaniya dlya sela*, 2020, no. 6 (276), pp. 14-17.

Об авторах:

Кушнарев Алексей Николаевич, аспирант ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» (675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86), leha.kushnarev.79@gmail.com.

Кузнецов Евгений Евгеньевич, доцент кафедры эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» (675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86), доктор технических наук, доцент, ji.tor@mail.ru.

Щитов Сергей Васильевич, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» (675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86), доктор технических наук, профессор, shitov.sv1955@mail.ru.

About the authors:

Alexey N. Kushnarev, postgraduate student Far Eastern State Agrarian University (675005, Amur region, Blagoveshchensk, st. Polytechnic, 86), leha.kushnarev.79@gmail.com.

Evgeny E. Kuznetsov, associate professor of the Department of Operation and Repair of Transport and Technological Machines and Complexes, Far Eastern State Agrarian University (675005, Amur region, Blagoveshchensk, st. Polytechnic, 86), D.Sc. (Engineering), associate professor, ji.tor@mail.ru.

Sergey V. Shchitov, Professor of the Department of Transport and Energy Facilities and Mechanization of the Agro-Industrial Complex Far Eastern State Agrarian University (675005, Amur region, Blagoveshchensk, st. Polytechnic, 86), D.Sc. (Engineering), professor, shitov.sv1955@mail.ru.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ПОДВОДА МАСЛА К ПОДШИПНИКАМ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДИЗЕЛЯ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ

Е. П. Барыльникова, А. Т. Кулаков, И. Р. Фахруллин
*Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»
(г. Набережные Челны, Российская Федерация)*

Аннотация: Отказы двигателя КамАЗ с проворотом шатунных вкладышей разные авторы связывают с попаданием абразивных частиц в подшипники или ухудшением условий смазки при эксплуатационных износах. В статье приводятся методика и результаты исследования баланса располагаемого притока масла Q , проходящего на смазку шатунных подшипников и необходимого потребного расхода R при номинальных и максимальных зазорах в коренных и шатунных подшипниках.

Ключевые слова: износ; центробежная сила; разрыв потока; коренные и шатунные подшипники.

METHODOLOGY AND RESULTS OF STUDYING MODES OF OIL SUPPLY TO THE BEARINGS OF A KNEE SHAFT OF A DIESEL DURING WEAR

E. P. Barylnikova, A. T. Kulakov, I. R. Fakhrullin
*Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal
University
(Naberezhnye Chelny, Russian Federation)*

Abstract: Investigating the defect of the KAMAZ engine, the rotation of the connecting rod inserts was established due to the ingress of abrasive particles into the bearing or deterioration of the lubrication conditions during operational wear. Studies of the available oil inflow Q , passing to the lubrication of connecting rod bearings and the required flow rate R at nominal and maximum liner clearances are carried out.

Keywords: centrifugal force; flow break; main and connecting rod bearings.

Опыт эксплуатации двигателей на автомобилях КамАЗ показывает, что эффективность их работы, сроки и объемы капи-

тальных ремонтов в значительной степени определяются техническим состоянием деталей кривошипно-шатунного механизма, среди которых наиболее ответственные и быстро изнашиваемые подшипники коленчатого вала (ПКВ). До 25 % отказов двигателей обусловлено проворачиванием шатунных вкладышей и это является одной из основных причин преждевременного ремонта, причем аварийные дефекты могут проявляться уже на малых пробегах, когда еще нет оснований говорить о предельных эксплуатационных износах [1, с. 15], [2, с. 17].

Исследованиями аналогичных дефектов на двигателях КамАЗ авторами [3, с. 4], [4, с. 6], установлено, что проворот шатунных вкладышей наступает из-за попадания абразивных частиц в подшипник или ухудшения условий смазки при эксплуатационных износах. В процессе эксплуатации дизеля износы шатунных и коренных шеек и вкладышей приводят к увеличению зазоров в подшипниках от номинального 0,086 мм до максимального 0,4 мм. Одновременно изменяется баланс подвода масла к шатунным подшипникам.

Подача смазки к шатунным подшипникам осуществляется от коренных подшипников через отверстия в коленвале. Сложностями подвода являются потери давления, имеющие место при ускорении масла до скорости вращения поверхности шейки центробежных сил, действующих на масло, а также в перепускных каналах. Они возрастают пропорционально квадрату частоты вращения коленвала и становятся значимыми при высоких оборотах.

Подвод масла к шатунным подшипникам определяется давлением в точке 3 (рисунок 1). До этой точки, кроме обозначенных выше суммарных потерь давления до входа масла в коленчатый вал, обусловленных действием центробежных сил в каналах коленчатого вала, большое значение имеет давление в кольцевом канале 1 (рисунок 1), а оно определяется величиной зазора и изнашиванием поверхностей коренного подшипника.

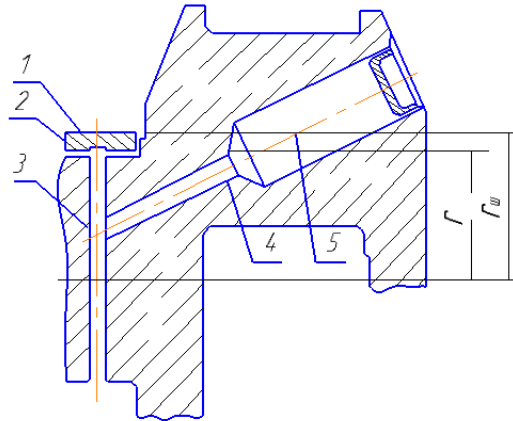


Рисунок 1 – Схема подвода масла к шатунным подшипникам:

1 – кольцевой канал, 2 – канал в коренной шейке, 3 – вход в канал подвода к шатунной шейке, 4 – канал подвода, 5 – полость

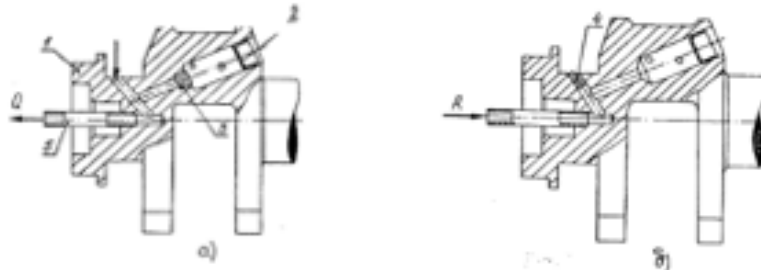


Рисунок 2 – Схема определения расхода масла через 1-ю коренную шейку (а) и схема определения расхода масла через первую шатунную шейку (б) (3, 4 установленные заглушки; 5 – трубка, установленная в носок 1 коленвала для подвода и отвода масла; 2 – заглушка штатная центробежной ловушки

Отказ шатунных подшипников может наступать из-за разрыва потока масла и опорожнения шатунной полости. Для изучения этого явления проведены исследования, в ходе которых на работающем двигателе КамАЗ-740 измерялся располагаемый приток масла Q , проходящий на смазку шатунных подшипников (рисунок 2а) и необходимый потребный расход R (рисунок 2б). При различных эксплуатационных режимах и давлениях в системе смазки объем выходящего (рисунок 2а) и входящего (рисунок 2б) масла измерялся счётчиком ШЖУ-25 за одну минуту на одном двигателе после съема и установки соответствующих заглушек 3 и 4. Коленчатый вал специально был доработан для подвода масла со второй коренной шейки в первую шатунную шейку

при установленной заглушке 3, а также для измерения количества масла через трубку 5.

На рисунке 3 показаны притоки Q и расходы R на номинальном режиме работы двигателя при $n = 2600 \text{ мин}^{-1}$. При номинальных зазорах в коренных и шатунных подшипниках они изображены соответственно кривыми 2.1 и 1.1. Номинальные зазоры (0,1 мм) получены путем установки в двигатель новых коленчатого вала, коренных и шатунных вкладышей. Максимальные зазоры до 0,4 мм получены установкой изношенных вкладышей после эксплуатации. Увеличение зазоров в коренных подшипниках приводит к снижению притоков (2.2). Увеличение зазоров в шатунных подшипниках приводит к возрастанию расходов (1.2). Из рисунка 3 видно, что благодаря центробежному насосному действию расход через шатунные подшипники при предельном зазоре 0,4 мм в шатунных подшипниках возрастает почти в 10 раз.

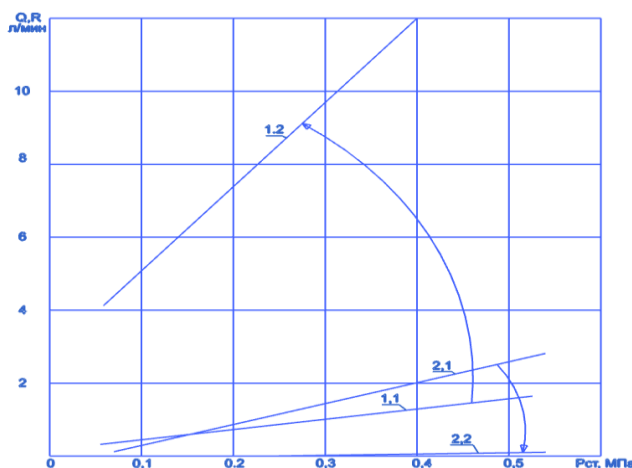


Рисунок 3 – Соотношение расходов масла по располагаемому притоку Q (2) и фактическому расходу R (1) к первой шатунной шейке на номинальном режиме работы двигателя в зависимости от увеличения зазоров от номинальных (1.1; 2.1) до предельных (1.2; 2.2) при различных давлениях в системе смазки

Из представленного графика на рисунке 3 видно, что разрыв потока (равенство прихода и расхода) может наступать при нормальном давлении в системе смазки 0,4...0,5 МПа при зазорах в шатунных и коренных подшипниках порядка 0,18...0,19 мм. В условиях разорванного потока подвод масла к шатунным подшипникам осуществляется не по расчетным режимам, а только

под давлением, создаваемым инерционными силами в центробежной ловушке с неопределенным распределением между двумя соседними подшипниками. Это является причиной выхода из строя одного из шатунных подшипников.

Выводы: в процессе эксплуатации, изнашивание коренных и шатунных подшипников приводит к изменению соотношения расходов и притоков и условия смазки шатунных подшипников.

Рекомендации:

- в эксплуатации при снижении давления в системе смазки осуществлять предупредительную замену коренных и шатунных вкладышей на номинальные;
- увеличить давление в системе смазки до 0,7 МПа и сдвинуть разрыв потока из эксплуатационного диапазона износов для предотвращения проворачивания шатунных подшипников;
- разработать методики и изучить гидродинамические явления в каналах подвода масла во вращающемся коленчатом вале созданием виртуальных моделей с использованием ПО Ansys, SiemensNX, STAR-CMM+.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барыльникова Е. П. Повышение ресурса автомобильных двигателей стабилизацией режима смазывания шатунных подшипников в эксплуатации : дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Барыльникова Елена Петровна. Оренбург, 2013. 140 с.
2. Барун В. Н. и др. Причины и устранение случаев задира и проворачивания вкладышей подшипников коленчатого вала дизеля КАМАЗ // Двигателестроение. 1983. № 4. С. 3-5.
3. Барун В. Н., Григорьев М. А., Шестаков А. А. Определение причин задира и проворачивания шатунных вкладышей коленчатого вала двигателей КАМАЗ-740 // Протокол 37.104.05.1039-79, 1979. 7 с.
4. Кулаков А. Т., Денисов А. С. Обеспечение надежности автотракторных двигателей. Саратов : Саратовский гос. технический ун-т, 2007. 416 с.

REFERANCES

1. Baryl'nikova E. P. Povyshenie resursa avtomobil'nykh dvigatelei stabilizatsiei rezhima smazyvaniia shatunnykh pod-shipnikov v ekspluatatsii [Increasing the service life of automotive engines by stabilizing the lubrication

mode of connecting rod bearings in operation]. Ph. D. thesis. Orenburg, 2013, 140 p.

2. Barun V. N. et al. Prichiny i ustranenie sluchaev zadira i provorachivaniia vkladyshei podshipnikov kolenchatogo vala dizelia KAMAZ [Causes and elimination of cases of jamming and turning of bearings of diesel crankshaft bearings KAMAZ]. *Dvigatelistroenie*, 1983, no. 4, pp. 3-5.

3. Barun V. N., Grigor'ev M. A., Shestakov A. A. Opredelenie prichin zadira i provorachivaniia shatunnykh vkladyshei ko-lenchatogo vala dvigatelyi KAMAZ-740 [Determination of causes of cranking and cranking of crankshaft of engines KAMAZ-740]. *Protokol 37.104.05.1039-79*, 1979, 7 p.

4. Kulakov A. T., Denisov A. S. Obespechenie nadezhnosti avtotraktornykh dvigatelyi [Обеспечение надежности автотракторных двигателей]. Saratov, Saratovskii gos. tekhnicheskii un-t, 2007, 416 p.

Об авторах:

Барыльникова Елена Петровна, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), кандидат технических наук, доцент.

Кулаков Александр Тихонович, заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), доктор технических наук, профессор.

Фахруллин Ильшат Рафисович, аспирант Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), fakhruллин.95@mail.ru.

About the authors:

Elena P. Barylnikova, associate professor of the department «Operation of road transport», Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), Cand.Sc. (Engineering), associate professor.

Alexander T. Kulakov, Head of the Department «Operation of Road Transport», Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), D.Sc. (Engineering), professor.

Ishat R. Fakhrullin, graduate student Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), fakhruллин.95@mail.ru.

РОЛЬ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМЕ ОНЛАЙН-МОНИТОРИНГА ТРАКТОРОВ

А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев

*ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Рассмотрены аспекты выбора и обоснования датчиков, которые используются для преобразования сигналов, поступающих от контролируемых параметров двигателя внутреннего сгорания тракторов при онлайн-мониторинге его технического состояния. Выявлено, что в качестве измерительных датчиков необходимо применять аналоговые и цифровые преобразователи.*

***Ключевые слова:** датчики; интеллектуальные технологии; онлайн-мониторинг; техническое состояние; диагностика.*

THE ROLE OF SENSORS IN THE ONLINE MONITORING SYSTEM OF TRACTORS

A. S. Dorokhov, Yu. V. Kataev

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The aspects of the selection and justification of sensors that are used to convert signals from the monitored parameters of the internal combustion engine of tractors during online monitoring of its technical condition are considered. It was revealed that analog and digital converters must be used as measuring sensors.*

***Keywords:** sensors; intelligent technologies; online monitoring; technical condition; diagnostics.*

Важнейшим составляющим повышения эффективности использования энергетических средств, сокращения средств на ремонт и техническое обслуживание является диагностика техники. Определение технического состояния машины без разборки является актуальной и важной задачей при проведении технического обслуживания.

С помощью современных интеллектуальных технологий, применяемых при диагностике техники, достигается высокое качество послепродажного технического обслуживания: вся информация о параметрах технического состояния считывается датчиками и в автоматическом режиме проводится ее анализ [1, 2].

Датчики – это первичные элементы средств диагностики и через них устанавливается связь непосредственно с объектом диагностирования. Главное предназначение датчиков состоит в конвертации контролируемых физических величин в соответствующие этим величинам электрические сигналы, которые подразделяются на аналоговые и цифровые.

Поэтому, для количественной оценки технического состояния машины требуется определить необходимые первичные элементы контрольно-диагностического средства (датчики), в первую очередь, с учетом погрешности измерения датчиков, а также с возможностью физического онлайн-мониторинга контролируемых параметров на технике.

Основные требования, которые предъявляются к датчикам [3]:

- 1) минимальная погрешность измерения;
- 2) простота в настройке и эксплуатации;
- 3) минимальная трудоемкость измерения диагностических параметров с учетом подготовительных операций;
- 4) обеспечение измерения диагностических параметров различных марок техники, например, отечественных тракторов всех марок;
- 5) небольшая стоимость диагностирования.

Для оптимального выбора датчиков применительно к простому, сложному диагностированию необходимо руководствоваться критерием минимальных издержек [4]:

$$C_{(д)} = \min_{1 \leq j \leq k} \left\{ \sum_{i=1}^n [\psi_{ij}(д) + B_{ij}(д)] \right\} \quad (1)$$

где $\psi_{ij}(д)$, $B_{ij}(д)$ – издержки от погрешности и стоимость проверки i -го структурного параметра с помощью измерения диагностических параметров j -го набора, руб./ед. наработки.

При определении стоимости проверки необходимо учитывать трудоемкость диагностических операций, стоимость устройства с учетом нормативного коэффициента экономической эф-

фективности, а также эксплуатационные издержки на диагностическое средство [2].

При формировании j -х наборов диагностических параметров в первую очередь анализируются наборы с универсальными методами измерения: виброакустического, спектрографического и др. Это гарантирует уменьшение числа присоединительных устройств, датчиков и, в целом, уменьшение трудоемкости и времени диагностирования.

В электрических системах при выборе j -го набора диагностических параметров, для уменьшения погрешности измерения одного параметра логично использовать несколько диагностических параметров, которые измеряются совместно. В данном случае значение структурного параметра необходимо определять, используя метод множественной корреляции.

Основные этапы разработки средств измерения:

- 1) Установление динамических и других характеристик контролируемых параметров;
- 2) Установление диапазона измерения измеряемой величины каждого контролируемого параметра;
- 3) установление частоты и максимальной амплитуды колебания измеряемой величины контролируемого параметра;
- 4) установление диапазонов одного электрического напряжения преобразуемой величины каждого контролируемого параметра;
- 5) обоснование датчиков для измерения диагностических параметров.

После окончательного выбора комплекта средств измерения проводятся исследования в лабораторных условиях в целях определения диапазона измерения контролируемых величин, их характеристик: частоты и максимальной амплитуды колебания, выбора характерных точек присоединения измерительных средств.

В современных высокотехнологичных тракторах для съема необходимой диагностической информации с электронного блока управления используется интерфейс CAN, через который передаются данные по последовательному интерфейсу от различных узлов техники или через диагностический разъем OBD-II бортовой системы управления машины [3].

Для подключения к CAN-шине диагностической системы обязательно используются интеллектуальные контроллеры, с помощью которых считываются данные с бортовой системы машины с помощью модуля CAN-LOG, в которых предусматриваются обширный потенциал по программированию и установке различных режимов работы, чтобы можно было диагностировать и вести онлайн-мониторинг до нескольких десятков параметров тракторов соответствии с требованиями ГОСТ 26655-85 и диагностики ISO [3].

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ ведется разработка системы дистанционного мониторинга технического состояния тракторов с использованием систем спутниковой навигации (ГЛОНАСС, GPS), которая будет включать в себя следующие основные функциональные возможности:

- удаленный онлайн-мониторинг параметров работы машины и агрегатов с помощью электронного блока управления в реальном времени с точной привязкой ко времени и координатам;
- получение реальной информации и отчетов в соответствии со спецификациями протоколов;
- определение контролируемых параметров и режимов работы машины и ее механизмов (точный перечень контролируемых параметров определяется маркой транспортного средства и годом его выпуска).

Методы и средства дистанционного мониторинга должны обеспечивать количественную оценку параметров технического состояния машин, а также предусматривать возможность контроля и оцифровки сигнала.

В разрабатываемой системе онлайн-мониторинга в качестве измерительных датчиков будут использоваться аналоговые и цифровые преобразователи.

В таблице 1 представлен перечень основных датчиков регистрации контролируемых параметров технического состояния дизельного двигателя отечественных марок тракторов.

Таблица 1 – Аналоговые и цифровые датчики контроля диагностических параметров двигателя тракторов

Параметр	Датчик	Диапазон измерений параметра/условия работы	Характеристика выхода интерфейса	
			цифровой	аналоговый
Расход картерных газов	Расхода газа	До 0...100 л/мин / диапазон рабочих температур 0...95 °С	RS-232; RS-485	-
Уровень масла в картере ДВС	Уровня	До 1000 мл / диапазон рабочих температур 0...95 °С	-	Диапазон изменения 0...33 В; максимальная частота 4 кГц
Крутящий момент	Бесконтактный крутящего момента	До 1000 Нм / диапазон рабочих температур – 40...55 °С	-	Диапазон изменения 0...33 В; максимальная частота 4 кГц
Наличие механических примесей	Загрязнения металлическими частицами MCS 1000	От 0,07...0,5 мм / диапазон рабочих температур 0...95 °С	RS-485	-
Угол поворота	Угла поворота вала	До 5 000 об/мин / диапазон рабочих температур – 40...55 °С	-	Диапазон изменения 0...33 В; максимальная частота 4 кГц
Сила тока на стартере в момент пуска ДВС	Измерения силы тока	До 800 А / диапазон рабочих температур – 40...95 °С	-	Диапазон изменения 0...33 В; максимальная частота 4 кГц
Массовый расход топлива	Дифференциальный расходомер топлива DFM 100 D	До 50 л/ч / диапазон рабочих температур – 20...60 °С	RS-232; RS-485; CAN2.0	Импульсный 0...32 В
Температура отработавших газов	Температуры DS18B20	55-125 °С/диапазон рабочих температур – 10...85 °С	1-Wire	-

В связи с тем, что через датчики осуществляется связь средств с объектом диагностирования, то для количественной оценки технического состояния машины необходимо их выбрать в соответствии основным требованиям, установленным для этих датчиков погрешностью измерения, а также с возможностью фи-

зического онлайн-мониторинга контролируемых параметров на объекте диагностирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А. Ю., Хорошенков В. К., Лужнова Е. С. Управление сельскохозяйственными мобильными агрегатами с использованием навигационной системы ГЛОНАСС/GPS // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. № 3. С. 15-20.
2. Дидманидзе О. Н., Дорохов А. С., Катаев Ю. В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // *Техника и оборудование для села*. 2020. № 11 (281). С. 39-43.
3. Алексеев В. В. Новые OBD-II GPS-трекеры серии Novatel MT3060 // *Беспроводные технологии*. 2014. № 1. С. 64-69.
4. Дидманидзе О. Н., Митягин Г. Е., Измайлов А. Ю. и др. Технологические процессы диагностирования и технического обслуживания двигателей транспортных и транспортно-технологических машин. М. : ООО «УМЦ «Триада». 2015. 109 с.

REFERENCES

1. Izmajlov A. Yu., Xoroshenkov V. K., Luzhnova E. S. Upravlenie sel'skoxozyajstvenny`mi mobil`ny`mi agregatami s ispol`zovaniem navigacionnoj sistemy` GLONASS/GPS [Management of agricultural mobile units using the GLONASS / GPS navigation system]. *Sel'skokhoziaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2015, no. 3., pp. 15-20.
2. Didmanidze O. N., Doroxov A. S., Kataev Yu. V. Tendencii razvitiya cifrovuy`x texnologij diagnostirovaniya texnicheskogo sostoyaniya traktorov [Trends in the development of digital technologies for diagnosing the technical condition of tractors]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2020, no. 11 (281), pp. 39-43.
3. Alekseev V. V. Novy`e OBD-II GPS-trekery` serii Novatel MT3060 [New OBD-II GPS trackers of the Novatel MT3060 series]. *Besprovodny`e tekhnologii*, 2014, no. 1, pp. 64-69.
4. Didmanidze O. N., Mityagin G. E., Izmajlov A. Yu. et al. Texnologicheskie processy` diagnostirovaniya i texnicheskogo obsluzhivaniya dvigatelej transportny`x i transportno-texnologicheskix mashin [Technological processes of diagnostics and maintenance of engines of transport and transport-technological machines]. Moscow, Triada, 2015, 109 p.

Об авторах:

Дорохов Алексей Семенович, заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), доктор технических наук, член-корреспондент РАН.

Катаев Юрий Владимирович, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0832-3608>, ykataev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Alexey S. Dorokhov, Deputy Director for Scientific and Organizational Work Corresponding, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), D.Sc. (Engineering), Member of the Russian Academy of Sciences.

Yury V. Kataev, leading researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0832-3608>, ykataev@rgau-msha.ru.

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

В. И. Кочергин

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

(г. Новосибирск, Российская Федерация)

***Аннотация:** В статье обоснована необходимость эксплуатационного контроля технического состояния систем автоматического регулирования частоты вращения и классифицированы основные неисправности регуляторов. Предложены методика и устройство для контроля технического состояния регуляторов частоты вращения. В качестве диагностического параметра предлагается использовать угловое ускорение коленчатого вала двигателя, регистрируемое в процессе свободного разгона двигателя.*

***Ключевые слова:** дизельный двигатель; регулятор частоты вращения; угловое ускорение коленчатого вала.*

MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE CRANKSHAFT SPEED REGULATORS

V. I. Kochergin

Siberian Transport University

(Novosibirsk, Russian Federation)

***Abstract:** The article justifies the need for operational control of the technical condition of automatic rotation hour control systems and classifies the main failures of regulators. Method and device for control of technical condition of speed regulators are proposed. As diagnostic parameter it is proposed to use angular acceleration of engine crankshaft recorded during free acceleration of engine.*

***Keywords:** diesel engine; speed controller; crankshaft angular acceleration.*

Энергетические установки машинно-тракторных агрегатов (МТА) можно представить в виде совокупности систем, имеющих соразмерное значение для обеспечения эффективности процессов её эксплуатации, а именно: подвижной механической си-

стемы двигателя, термодинамической системы и системы автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала (САРЧ) [1]. Регулирование частоты вращения обеспечивает эффективное функционирование двух первых составляющих дизельного двигателя, но, несмотря на это, вопросам совершенствования и организации технического контроля регуляторов частоты вращения уделяется недостаточное внимание.

Периодическое изменение внешней нагрузки требует своевременной реакции системы автоматического регулирования частоты вращения путем соответствующего изменения величины подачи топлива. Академиком В. Н. Болтинским одним из первых было установлено, что при увеличении момента сопротивления вследствие наличия зоны нечувствительности регулятора перемещение рейки топливного насоса начинается со сдвигом по времени на определенную величину. При этом начало изменения эффективного крутящего момента двигателя по отношению к началу перемещения рейки также происходит с некоторым запаздыванием. Несоответствие по времени между изменением величины момента сопротивления, частоты вращения коленчатого вала двигателя и крутящего момента двигателя при работе на неустановившихся режимах приводит к недоиспользованию мощности, которое может составлять существенную для обеспечения производительности МТА величину [2].

На качество поддержания требуемого скоростного режима работы влияют неисправности регуляторов частоты вращения, контроль технического состояния которых в эксплуатационных условиях в необходимом объеме не выполняется, в первую очередь, по причине отсутствия оперативных и достоверных методов диагностирования. Можно выделить следующие основные группы неисправностей различных типов регуляторов частоты вращения:

- износы деталей регулятора;
- изменение жесткости упругих элементов;
- повышенное сухое трение в приводе регулятора и механизмах перемещения рейки топливного насоса, заедание и перекосы в сопряжениях;

- механические повреждения и усталостные разрушения деталей;
- избыток, недостаток или загрязнение масла;
- неисправности электрических элементов и цепей управления.

В результате расчетов на основе использования экономического критерия периодичности обслуживания, то есть, зависимости удельных вероятностных издержек контроля степени неравномерности регулятора от периодичности контроля, доказано, что рекомендуемым режимом обслуживания регулятора частоты вращения является контроль с периодичностью не более 300 часов [3].

Неисправности механических элементов регуляторов частоты вращения оказывают влияние как на величину степени нечувствительности, так и степени неравномерности регулятора, причем степень неравномерности, связанная с износом сопряженных деталей и со старением упругих элементов, является более предпочтительным параметром технического состояния. Влияние величины степени неравномерности регулятора δ_p на характер переходных процессов показано на рисунке 1.

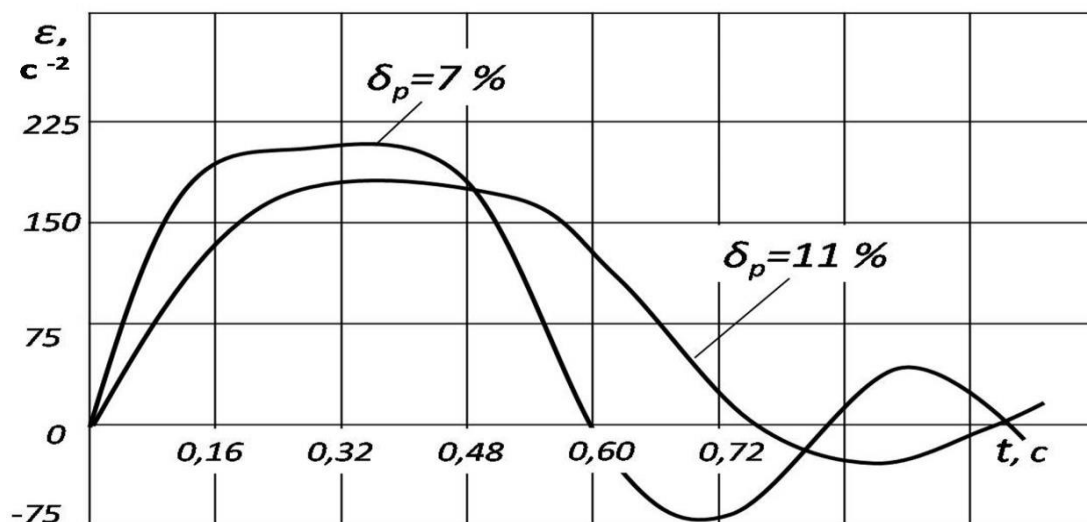


Рисунок 1 – Влияние технического состояния регулятора частоты вращения двигателя 4Ч 13/14 на характеристики переходного процесса, описываемого угловым ускорением свободного разгона

Именно параметры переходных процессов предлагается использовать для технического диагностирования регуляторов частоты вращения в условиях эксплуатации.

В результате анализа и выбора математической модели для описания совместного движения объекта регулирования и регулятора частоты вращения при различных возмущающих воздействиях в системах автоматического регулирования выбран наиболее эффективный вид возмущающего воздействия с целью оценки работоспособности элементов САРЧ. Таким воздействием можно считать свободный разгон двигателя. Наиболее информативным диагностическим параметром при этом является максимальная величина заброса (амплитуды первой отрицательной полуволны) углового ускорения коленчатого вала дизеля. На основании проведенных исследований разработана технология диагностирования технического состояния регуляторов частоты вращения и устройство для контроля технического состояния систем автоматического регулирования частоты вращения, обеспечивающее фиксацию численных значений параметров переходных процессов и сравнение полученных величин с нормативными значениями [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добролюбов И. П., Лившиц В. М. Динамический метод диагностики автотракторных двигателей. Часть 1. Принципы построения диагностических моделей переходных процессов. Новосибирск : Сиб. отделение ВАСХНИЛ, 1981. 86 с.
2. Болтинский В. Н. Тракторные и автомобильные двигатели. М. : Гос. изд-во сельскохоз. литературы, 1953. 592 с.
3. Кочергин В. И. Исследование оптимальной периодичности контроля технического состояния регуляторов частоты вращения // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2017. № 4. С. 7-15.
4. Пат. 178150. Российская Федерация. МПК G 01 M 15/00, G01P 3/00. Устройство для контроля систем автоматического регулирования частоты вращения / В. И. Кочергин, С. П. Глушков, А. Л. Манаков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО СГУПС. № 2017132123; заявл. 13.09.17; опубл. 26.03.18, Бюл. № 9.

REFERENCES

1. Dobrolyubov I. P., Livshicz V. M. Dinamicheskij metod diagnostiki avtotraktorny`x dvigatelej. Chast` 1. Principy` postroeniya diagnosticheskix modelej perexodny`x processov [Dynamic method for diagnostics of autotractor engines. Part 1. Principles of construction of diagnostic models of transients]. Novosibirsk, Siberian branch of VASKHNIL, 1981, 86 p.
2. Boltinskij V. N. Traktorny`e i avtomobil`ny`e dvigateli [Tractor and automobile engines]. Moscow, State Publishing House of Agricultural Literature, 1953, 592 p.
3. Kochergin V. I. Issledovanie optimal`noj periodichnosti kontrolya texnicheskogo sostoyaniya regulyatorov chastoty` vrashheniya [Investigation of the optimal frequency of monitoring the technical state of the speed controllers]. *Vestnik Astraxanskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya texnika i texnologiya*, 2017, no. 4, pp. 7-15.
4. Kochergin V. I., Glushkov S. P., Manakov A. L. Ustrojstvo dlya kontrolya sistem avtomaticheskogo regulirovaniya chastoty` vrashheniya [Device for control of automatic speed control systems]: Patent 178150 Russian Federation. No 2017132123; appl. 13.09.17; publ. 26.03.18. Bulletin No. 9.

Об авторе:

Кочергин Виктор Иванович, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения» (630049, Российская Федерация, Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191), кандидат технических наук, доцент, vkplus2011@yandex.ru.

About the author:

Viktor I. Kochergin, head of the department Transport engineering technology and machine operation, Siberian Transport University (630049, Russian Federation, Novosibirsk, Dusi Kovalchuk Str., 191), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, vkplus2011@yandex.ru.

АНАЛИЗ ПРОГРАММ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ

В. В. Быков, М. И. Голубев

*ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Мытищинский филиал
(г. Мытищи, Московская область, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Дан анализ программ восстановления деталей Reman ведущих зарубежных производителей лесной техники John Deere и Caterpillar. Показано, что они направлены на снижение затрат на ремонт и техническое обслуживание техники. Установлено, что высокое качество восстановленных деталей обеспечивается жесткими требованиями к изношенным деталям и эффективными технологиями устранения дефектов, в том числе с использованием упрочняющих покрытий. При финишной обработке деталей обеспечиваются параметры точности восстановленной поверхности как у новых деталей, а после сборки агрегатов с применением восстановленных деталей они проходят испытания по заводским технологиям.*

***Ключевые слова:** лесная техника; зарубежные производители; запасные части; программы восстановления деталей Reman; ремонтный фонд; технологии устранения дефектов.*

ANALYSIS OF PROGRAMS FOR THE RESTORATION OF PARTS OF FOREIGN MANUFACTURERS OF FOREST EQUIPMENT

V. V. Bykov, M. I. Golubev

*Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi branch
(Mytishchi, Moscow region, Russian Federation)*

***Abstract:** The analysis of Reman parts recovery programs of the leading foreign companies of forest equipment manufacturers John Deere and Caterpillar is given. It is shown that they are aimed at reducing the cost of repair and maintenance of equipment. It is established that the high quality of restored parts is ensured by strict requirements for worn parts and effective technologies for eliminating defects, including the use of strengthening coatings. When finishing*

parts, the accuracy parameters of the restored surface are provided as those of new parts, and after assembling the units using the restored parts, they are tested according to factory technologies.

Keywords: *forest equipment; foreign manufacturers; spare parts; Reman parts recovery programs; repair fund; defect elimination technologies.*

В Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года указано на недостаточный уровень его материально-технического обеспечения. Работающий парк машин и оборудования в лесной отрасли имеет большой износ, а зачастую морально устарел [1, с. 8]. Поэтому сохраняется рост эксплуатационных издержек, в том числе из-за увеличения доли затрат на запасные части, в том числе для импортной лесохозяйственной и лесозаготовительной техники. Снизить такие затраты можно путем совершенствования организации и технологии восстановления деталей [2, 3, 4]. Крупные зарубежные производители техники, в том числе лесной, активно развивают производства по восстановлению деталей [5, 6, 7]. Например, компания Caterpillar требует от своих дилеров в России и СНГ наличия сертифицированных (по стандартам Caterpillar) заводов по ремонту агрегатов.

Анализ программ восстановления деталей Reman компаний Caterpillar (выпускает тракторы, лесозаготовительные машины и др.) и JohnDeere (выпускает тракторы, валочно-пакетирующие машины, колесные и гусеничные харвестеры, форвардеры и др.) показал, что они включают следующие этапы: приемку бывших в употреблении агрегатов, сборочных единиц и деталей; контроль их состояния; восстановление на производственных мощностях производителя техники; реализацию восстановленных деталей потребителям [8, 9]. Технологии, которые применяются для устранения дефектов, обеспечивают ресурс восстановленных деталей на уровне новых (таблица). Например, при восстановлении штоков гидроцилиндров технологии AST позволяют получить долговечность в 3 раза выше, чем традиционное хромирование [9].

На восстановленные детали и сборочные единицы устанавливается более выгодная цена по сравнению с новыми запчастями. Номенклатура восстанавливаемых деталей охватывает все основные агрегаты машин (двигатели, трансмиссии, топливные

насосы, форсунки). Потребитель получает восстановленные запчасти, которые не уступают новым или близки к новым по качеству, надежности и функциональности. Программы Reman предусматривают гарантийный срок на восстановленные запасные части. Использование восстановленных деталей и сборочных единиц более выгодно для покупателя чем другие варианты ремонта – на собственном предприятии или сторонними организациями [8, 9].

Таблица – Технологии устранения дефектов некоторых деталей по программе CAT Reman

Номенклатура	Дефект	Технология
Гильза цилиндров	Износ зеркала	Расточка под ремонтный размер с последующим хонингованием
Коленчатые валы	Износ шеек	Шлифование под ремонтный размер с последующим полированием. Шейки коленчатых валов обрабатываются до достижения шероховатости поверхности и цилиндричности как у новых валов
Штоки гидроцилиндров	Износ	Нанесение газотермического покрытия
Блоки цилиндров		Нанесение газотермического покрытия
Головка блока		Нанесение газотермического покрытия
Шлицевые валы	Износ	Шлицы снимаются, а изношенные участки наплавляются дуговой наплавкой под флюсом или лазерной наплавкой. Все поверхности обрабатываются на станках до получения новых размеров

Таким образом, программы восстановления деталей Reman ведущих зарубежных компаний производителей лесной техники John Deere, Caterpillar и др. направлены на снижение затрат на ремонт и техническое обслуживание техники. Высокое качество восстановленных деталей обеспечивается жесткими требованиями к изношенным деталям и эффективными технологиями устранения дефектов, в том числе с использованием упрочняющих покрытий. При финишной обработке деталей обеспечиваются параметры точности восстановленной поверхности как у новых деталей, а после сборки агрегатов с применением восстановленных деталей

они проходят испытания по заводским технологиям. Технические характеристики отремонтированных агрегатов должны быть аналогичными показателям новых агрегатов. С учетом имеющегося опыта восстановления деталей в Российской Федерации аналогичные программы целесообразно иметь отечественным производителям сельскохозяйственной, лесохозяйственной, строительной и дорожной техники [10, 11].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2018 г. № 1989-р.
2. Черноиванов В. И., Голубев И. Г. Восстановление деталей машин (состояние и перспективы). М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 371 с.
3. Черноиванов В. И., Голубев И. Г., Лялякин В. П. Организация и технология восстановления деталей машин. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. 568 с.
4. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении / А. С. Апатенко, В. В. Быков, И. Г. Голубев, М. И. Голубев, В. А. Евграфов. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 144 с.
5. Программа по предложению восстановленных запасных частей AGCO Reman [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agco-rm.ru/aftersales/agco-parts/programma-po-predlozheniyu-vostranovlennyykh-zapasnykh-chastey-agco-reman>.
6. Программа восстановленных деталей CLAAS REMAN [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.claas.ru/servis/detali_i_prinadlezhnosti/vostranovlennyye_detali.
7. Программа CLAAS REMAN – быстрая и экономичная альтернатива ремонту сельхозтехники [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agro-max.ru/novosti/programma-claas-reman-bystraya-i-ekonomichnaya-alternativa-remontu-selxoztexniki>.
8. Восстановленные запасные части, компоненты и детали Reman [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.deere.ru/ru/запасные-части-и-сервисное-обслуживание/запасные-части-и-компоненты-reman>.
9. Восстановленные запасные части [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.zepelin.ru/upload/Cat_Remam_peremeshenie_grunta.pdf.
10. Голубев И. Г., Носихин П. И., Фадеев А. Ю. Опыт импортозамещения запасных частей зарубежной сельскохозяйственной техники. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 30 с.

11. Бурак П. И., Голубев И. Г. Реализация инновационных технологий технического сервиса. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 160 с.

REFERENCES

1. Strategiya razvitiya lesnogo kompleksa Rossijskoj Federacii do 2030 goda [Forest Development Strategy of the Russian Federation until 2030]. Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 20.09.2018. № 1989-р.

2. Chernoi Ivanov V. I., Golubev I. G. Vosstanovlenie detalej mashin (sostoyanie i perspektivy) [Restoration of machine parts (state and prospects)]. Moscow, Rosinformagrotex, 2010, 371 p.

3. Chernoi Ivanov V. I., Golubev I. G., Lyalyakin V. P. Organizaciya i texnologiya vosstanovleniya detalej mashin [Organization and technology of restoring machine parts]. Moscow, Rosinformagrotex, 2016, 568 p.

4. Apatenko A. S., Bykov V. V., Golubev I. G., Golubev M. I., Evgrafov V. A. Texnologiya i organizaciya vosstanovleniya detalej i sborochnyx edinic pri servisnom soprovozhdenii [Technology and organization of the restoration of parts and assembly units with service support]. Moscow, Rosinformagrotex, 2017, 144 p.

5. Programma po predlozheniyu vosstanovlennyx zapasnyx chastej AGCO Reman [AGCO Reman Refurbished Spare Parts Program]. Available at: agco-rm.ru/aftersales/agco-parts/programma-po-predlozheniyu-vosstanovlennykh-zapasnykh-chastej-agco-reman.

6. Programma vosstanovlennyx detalej CLAAS REMAN [CLAAS REMAN Restored Parts Program]. Available at: https://www.claas.ru/servis/detali_i_prinadlezhnosti/vosstanovlennye_detali.

7. Programma CLAAS REMAN – bystraya i ekonomichnaya alternativa remontu sel'xoztexniki [CLAAS REMAN program is a quick and economical alternative to repairing agricultural machinery]. Available at: <https://agro-max.ru/novosti/programma-claas-reman-bystraya-i-ekonomichnaya-alternativa-remontu-selxoztexniki>.

8. Vosstanovlennye zapasnye chasti, komponenty i detali Reman [Reman refurbished spare parts, components and parts]. Available at: <https://www.deere.ru/ru/zapasnye-chasti-i-servisnoe-obslyuzhivanie/zapasnye-chasti-i-komponenty-reman>.

9. Vosstanovlennye zapasnye chasti [Refurbished spare parts]. Available at: https://www.zepelin.ru/upload/CatRemanperemeshenie_grunta.pdf.

10. Golubev I. G., Nosixin P. I., Fadeev A. Yu. Opyt importozameshheniya zapasnyx chastej zarubezhnoj sel'skoxozyajstvennoj texniki [Experience in import substitution of spare parts for foreign agricultural machinery]. Moscow, Rosinformagrotex, 2010, 30 p.

11. Burak P. I., Golubev I. G. Realizaciya innovacionny`x texnologij texnicheskogo servisa [Implementation of innovative technical service technologies]. Moscow, Rosinformagrotex, 2014, 160 p.

Об авторах:

Быков Владимир Васильевич, профессор кафедры «Технология и оборудование лесопромышленного производства» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Мытищинский филиал (141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1), доктор технических наук, профессор, bykov@mgul.ac.ru.

Голубев Михаил Иванович, доцент кафедры «Технология и оборудование лесопромышленного производства» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Мытищинский филиал (141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1), кандидат технических наук, доцент, mgolubev@mgul.ac.ru.

About the authors:

Vladimir V. Bykov, professor of the department Timber production technology and equipment, Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi branch (141005, Moscow region, Mytishchi, st. 1 Institute, 1), D.Sc. (Engineering), professor, bykov@mgul.ac.ru.

Mikhail I. Golubev, associate professor of the department Timber production technology and equipment, Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi branch (141005, Moscow region, Mytishchi, st. 1 Institute, 1), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, mgolubev@mgul.ac.ru.

УДК 631.372.43.03.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕН- НЫХ МАШИН ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ЖИДКИХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ

Ш. В. Бузиков

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

(г. Киров, Российская Федерация)

***Аннотация:** В настоящее время все более актуальным становится применение жидких альтернативных топлив взамен традиционному нефтяному. Наиболее перспективным на сегодняшний день является применение жидких альтернативных топлив не в чистом виде, а в виде смесей с традиционным. Однако определение концентраций компонентов смесевоего топлива, состоящего из альтернативного и традиционного наиболее оптимального с точки зрения максимального улучшения эксплуатационных показателей, является актуальной задачей. В связи с этим целью настоящей работы является разработка способов определения оптимального состава смесевоего топлива, применяемого в дизельных двигателях сельскохозяйственных машин. В результате применения разработанных способов определения наиболее оптимальных концентраций компонентов смесевоего топлива, позволит определить для конкретного дизельного двигателя оптимальный состав смесевоего топлива с учётом особенностей его конструктивно-технологических параметров и полностью исключить поисковые экспериментальные исследования, что в свою очередь, значительно сократит время и даст ожидаемый результат.*

***Ключевые слова:** альтернативное топливо; эксплуатационные показатели; оптимальный состав.*

IMPROVING THE PERFORMANCE OF DIESEL ENGINES OF AGRICULTURAL MACHINES BY APPLYING OPTIMAL COMPOSITIONS OF LIQUID ALTERNATIVE FUELS

Sh. V. Buzikov

Vyatka State University

(Kirov, Russian Federation)

Abstract: *Currently, the use of liquid alternative fuels instead of traditional oil is becoming more and more relevant. The most promising today is the use of liquid alternative fuels not in pure form, but in the form of mixtures with traditional. However, the determination of the concentrations of components of a mixed fuel consisting of alternative and traditional most optimal from the point of view of maximum improvement of operational performance is an urgent task. In this regard, the purpose of this work is to develop methods for determining the optimal composition of mixed fuel used in diesel engines of agricultural machines. As a result of the application of the developed methods for determining the most optimal concentrations of mixed fuel components, it will allow determining the optimal composition of mixed fuel for a particular diesel engine, taking into account the features of its design and technological parameters, and completely exclude search experimental studies, which in turn will significantly reduce the time and give the expected result.*

Keywords: *alternative fuel; performance indicators; optimal compositionю*

В настоящее время все более актуальным становится применение жидких альтернативных топлив взамен традиционному нефтяному. Наиболее широко применяемыми являются возобновляемые источники энергии – топлива растительного происхождения, это и масла, и спирты, и эфиры масел, получаемые путём этерификации, а также некоторые другие виды [1-6]. Известно, что использование альтернативных топлив в дизельных двигателях сельскохозяйственных машин приводит к улучшению некоторых эксплуатационных показателей, в частности, уменьшаются концентрации вредных веществ в отработавших газах [4, 5, 7-9].

Основными трудностями применения тех или других видов жидких альтернативных топлив в чистом виде являются их разные физико-химические и механические свойства по сравнению с традиционным [3, 7]. Особенности конструктивно-технологических параметров систем питания, пуска, газораспределения, а также процессов смесеобразования и сгорания дизельных двигателей сельскохозяйственных машин также накладывают ряд ограничений на перечень применяемых жидких альтернативных топлив [8, 9].

Наиболее перспективным на сегодняшний день является применение жидких альтернативных топлив не в чистом виде, а в виде смесей с традиционным [5, 7-9]. Такие смеси по своим фи-

зико-химическим и механическим свойствам более близки к традиционному топливу [4, 5, 9]. Данное обстоятельство, в свою очередь, позволяет использовать их в штатных системах дизельных двигателей сельскохозяйственных машин без каких-либо существенных изменений конструктивно-технологических параметров. Однако определение концентраций компонентов смешанного топлива, состоящего из альтернативного и традиционного наиболее оптимального с точки зрения максимального улучшения эксплуатационных показателей, является актуальной задачей [10-11].

В связи с этим целью настоящей работы является разработка способов определения оптимального состава смешанного топлива, состоящего из альтернативного и традиционного, применяемого в дизельных двигателях сельскохозяйственных машин для максимального улучшения эксплуатационных показателей.

Во-первых, для достижения поставленной цели необходимо провести глубокий анализ научно-технической литературы, связанной с особенностями применения альтернативных топлив в дизельных двигателях, который позволит выявить зависимости физико-химических и механических свойств топлив на эксплуатационные показатели.

Во-вторых, на основании анализа полученных зависимостей разработать способы определения наиболее оптимальных концентраций компонентов смешанного топлива, состоящего из традиционного и альтернативного, позволяющие максимально улучшить эксплуатационные показатели рассматриваемых дизелей с учётом особенностей их конструктивно-технологических параметров.

В-третьих, провести экспериментальные исследования на дизельных двигателях сельскохозяйственных машин для апробации предложенных способов определения оптимального состава смешанного топлива, состоящего из альтернативного и традиционного.

В результате применения разработанных способов определения наиболее оптимальных концентраций компонентов смешанного топлива, состоящего из традиционного и альтернативного, позволяющие максимально улучшить эксплуатационные показатели рассматриваемых дизелей, позволит определить для кон-

кретного дизельного двигателя оптимальный состав смесового топлива с учётом особенностей его конструктивно-технологических параметров и полностью исключить поисковые экспериментальные исследования, что в свою очередь значительно сократит время и даст ожидаемый результат.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плотников С. А., Смольников М. В., Шишкин Г. П. Расчёт стабильности этанола-топливной эмульсии для применения в дизелях // Двигателестроение. 2019. № 1 (275). С. 24-27.
2. Кочеткова Е. А., Козляков В. В. Использование растительных масел в качестве топлив для дизельных двигателей // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 5 (69).
3. Плотников С. А., Бузиков Ш. В., Козлов И. С. Разработка методики исследования применимости растительных масел в качестве альтернативного топлива для дизелей / В сб.: Общество. Наука. Инновации (НПК-2017). Вятский государственный университет. 2017. С. 1800-1807.
4. Плотников С. А., Бузиков Ш. В., Козлов И. С. Исследование моторных свойств рапсового масла / В сб.: Общество. Наука. Инновации (НПК-2017). Вятский государственный университет. 2017. С. 1808-1816.
5. Марков В. А., Вальехо М. П. Р., Бирюков В. В. Спиртовые топлива для дизельных двигателей // Известия вузов. Машиностроение. 2015. № 11. 668 с.
6. Девянин С. Н., Марков В. А., Савастенко А. А. Биогаз как моторное топливо для дизеля / В сб.: 8-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. Сборник трудов Международной научно-технической конференции. 2019. С. 71-88.
7. Бузиков Ш. В. Оценка влияния добавок спирта на токсичность и дымность отработавших газов дизеля // В сб.: Общество, наука, инновации (НПК-2014). Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция: сборник материалов. Вятский государственный университет. 2014. С. 1636-1640.
8. Бузиков Ш. В. Влияния добавления низших спиртов в моторное топливо на токсичность и дымность отработавших газов дизеля // В сб.: Общество, наука, инновации (НПК-2015). Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция: Сборник материалов. Вятский государственный университет. 2015. С. 395-398.
9. Бузиков Ш. В. Анализ свойств жидких этанолсодержащих топлив // В сб.: Общество, Наука, Инновации (НПК-2016). Сборник статей. Вятский государственный университет. 2016. С. 1406-1411.

10. Определение состава смесового топлива / С. В. Романцова, С. А. Нагорнов, В. А. Гаврилова, Н. Г. Конькова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. № 1. С. 28-29.

11. Оптимизация состава смесового биотоплива / В. А. Марков, С. С. Лобода, В. В. Бирюков, А. С. Блинов, С. Н. Девянин // Двигатель-2017. Материалы международной научно-технической конференции, посвященная 110-летию специальности «Поршневые двигатели» МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2017. С. 45-46.

REFERENCES

1. Plotnikov S. A., Smol`nikov M. V., Shishkin G. P. Raschyot stabil`nosti e`tanolotoplivnoj e`mul`sii dlya primeneniya v dizelyax [Calculation of the stability of ethanol-fuel emulsion for use in diesel engines]. *Dvigatelstroenie*, 2019, no. 1 (275), pp. 24-27.

2. Kochetkova E. A., Kozlyakov V. V. Ispol`zovanie rastitel`ny`x masel v kachestve topliv dlya dizel`ny`x dvigatelej [The use of vegetable oils as fuels for diesel engines]. *Texnologii texnosfernoj bezopasnosti*, 2016, no. 5 (69).

3. Plotnikov S. A., Buzikov Sh. V., Kozlov I. S. Razrabotka metodiki issledovaniya primenimosti rastitel`ny`x masel v kachestve al`ternativnogo topliva dlya dizelej [Development of a methodology for studying the applicability of vegetable oils as an alternative fuel for diesel engines] *Obshhestvo. Nauka. Innovacii (NPK-2017). Vyatskij gosudarstvenny`j universitet*, 2017, pp. 1800-1807.

4. Plotnikov S. A., Buzikov Sh. V., Kozlov I. S. Issledovanie motorny`x svojstv rapsovogo masla [Investigation of the motor properties of rapeseed oil]. *Obshhestvo. Nauka. Innovacii (NPK-2017). Vyatskij gosudarstvenny`j universitet*, 2017, pp. 1808-1816.

5. Markov V. A., Val`exo M. P. R., Biryukov V. V. Spirtovy`e topliva dlya dizel`ny`x dvigatelej [Alcohol fuels for diesel engines]. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*, 2015, no. 11, 668 p.

6. Devyanin S. N., Markov V. A., Savastenko A. A. Biogaz kak motornoe toplivo dlya dizelya [Biogas as a motor fuel for diesel]. *8-e Lukaninskie chteniya. Problemy` i perspektivy` razvitiya avtotransportnogo kompleksa*, 2019, pp. 71-88.

7. Buzikov Sh. V. Ocenka vliyaniya dobavok spirta na toksichnost` i dy`mnost` otrabotavshix gazov dizelya [Assessment of the effect of alcohol additives on the toxicity and opacity of diesel exhaust gases]. *Obshhestvo. Nauka. Innovacii (NPK-2014). Vyatskij gosudarstvenny`j universitet*, 2014, pp. 1636-1640.

8. Buzikov Sh. V. Vliyaniya dobavleniya nizshix spirtov v motornoe toplivo na toksichnost` i dy`mnost` otrabotavshix gazov dizelya [Influence of the addition of lower alcohols to motor fuel on the toxicity and smokiness of

diesel exhaust gases]. *Obshhestvo. Nauka. Innovacii (NPK-2015)*. Vyatskij gosudarstvennyj universitet, 2015, pp. 395-398.

9. Buzikov Sh. V. Analiz svojstv zhidkix e`tanolsoderzhashhix topliv [Analysis of the properties of liquid ethanol-containing fuels]. *Obshhestvo, Nauka, Innovacii (NPK-2016)*. Vyatskij gosudarstvennyj universitet, 2016, pp. 1406-1411.

10. Romanczova S.V., Nagornov S.A., Gavrilova V.A., Kon`kova N.G. Opredelenie sostava smesevogo topliva [Determination of the composition of mixed fuel]. *Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel'skogo xozyajstva*, 2012, no. 1, pp. 28-29.

11. Markov V. A., Loboda S. S., Biryukov V. V., Blinov A. S., Devyanin S. N. Optimizaciya sostava smesevogo biotopliva [Optimization of the composition of blended biofuel]. *Dvigatel` - 2017*, 2017, pp. 45-46.

Об авторе:

Бузиков Шамиль Викторович, заведующий кафедрой машин и технологий деревообработки ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (610000, Российская Федерация, Кировская область, г. Киров, ул. Московская, 36), кандидат технических наук, доцент, shamilvb@mail.ru.

About the author:

Shamil V. Buzikov, Head of the Department of Machinery and Woodworking Technologies, Vyatka State University (610000, Russian Federation, Kirov region, Moskovskaia, 36), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, shamilvb@mail.ru.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

С. М. Гайдар, А. Ф. Наджи, П. В. Беззубцева

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Надежность ремонтно-технологического оборудования рассчитывается не только на стадии проектирования, но и в процессе эксплуатации и обслуживания с целью оценки прочности, деформаций, тепловых полей и других характеристик базовых деталей. Представленные математические модели позволяют прогнозировать их долговечность на основе характеристик лимитирующих надежность узлов.*

***Ключевые слова:** ремонтно-технологическое оборудование; надежность; безотказность; температурный режим; жесткость.*

INCREASING THE RELIABILITY OF TRANSPORTATION AND TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

S. M. Gaidar, A. F. Nadzhi, P. V. Bezzubtceva

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The reliability of repair and technological equipment is calculated not only at the design stage, but also during operation and maintenance in order to assess the strength, deformations, thermal fields and other characteristics of basic parts. The presented mathematical models make it possible to predict their durability based on the characteristics of the nodes limiting the reliability.*

***Keywords:** repair and technological equipment; reliability; reliability; temperature conditions; rigidity.*

Характер использования ремонтно-технологического оборудования (РТО) при современном уровне технического оснащения механизированных процессов в сельском хозяйстве во времени является прерывно-кратковременным. Рабочие циклы РТО в производственном цикле чередуются с агротехническими перерыва-

ми, позволяющими по своей продолжительности осуществлять в полном объеме ремонтно-обслуживающие воздействия (РОВ). Концентрация РОВ, осуществляемых оборудованию перед предстоящими рабочими циклами, интенсификация стационарного процесса технического обслуживания и ремонта (ТОР) с целью обеспечения дифференцированного ресурса составным частям (СЧ) узлов предопределяют увеличение разовой трудоемкости профилактических работ в несколько раз по сравнению с нормативами регламентного ТО и ремонта. Удельная трудоемкость (на единицу выполненной работы) РОВ за время производственного цикла использования оборудования при этом не должна превышать величины аналогичного показателя в существующем процессе ТОР [1-3].

Одновременное проведение предупредительных контрольно-диагностических (КДР) и ремонтных воздействий (РВ) улучшает характеристики безотказности. Другими словами, минимальным удельным издержкам соответствует оптимальный уровень безотказности по прогнозируемым отказам. Исходя из этого в качестве критерия совместной оптимизации допускаемых параметров технического состояния деталей РТО, и системы ТОР принят минимум суммарных удельных затрат СУД на проведение КДР, предупредительных ремонтов и устранение последствий отказов с учетом возможных потерь от вынужденных простоев и ухудшения функционирования оборудования:

$$C_{уд}(K_{уп}) = \min \frac{C_0 + U_K(K_{уп}) + U_{PP}(K_{уп}) + C_{зпч}(K_{уп}) + U_{ог}(K_{уп}) + C_{сп} \cdot P_{сп} + C_{БЖ}}{T_{сл}} \quad (1)$$

где $K_{уп}$ – комплекс управляющих параметров $\{S, P, R, П, D\}$, включающий: S – стратегию ремонта составной части, P – структуру и содержание ремонтных воздействий, R – критерии предельного состояния (КПС) и правила назначения вида ремонта, $П$ – правила определения рационального объема попутных ремонтных работ, D – технические требования на диагностирование и контроль параметров технического состояния; C_0 , $C_{сп}$ – средние затраты, связанные с приобретением и списанием рассматриваемого оборудования, руб.; $U_K(K_{уп})$ – издержки на проведение контрольно-диагностических работ, руб.; $U_{PP}(K_{уп})$ – издержки на проведение ремонтных работ, руб.; $C_{зпч}(K_{уп})$ – стоимость заме-

ненных запасных частей, руб.; $U_{OT}(K_{УП})$ – потери, связанные с устранением последствий отказов, руб.; $P_{СП}$ – вероятность списания оборудования; $C_{БЖ}$ – средние затраты, связанные с мероприятиями по безопасности жизнедеятельности и охране окружающей среды.

Предупреждение постепенных отказов в математической модели проводится путем определения оптимальных допустимых величин параметров состояния СЧ и межконтрольных наработок. Предупреждение внезапных отказов – установлением оптимальной наработки до плановых профилактик (попутно с плановым сложным ТО или текущим (ТР) и капитальными ремонтами (КР), назначаемыми по состоянию), при которой внезапно отказывающиеся элементы регламентно заменяются. Совместное обоснование сроков предупреждения постепенных и внезапных отказов формализованно может быть представлено следующей математической моделью:

$$\sum_{j=1}^m U_j = \min \left[\sum_{i_1=1}^{n_1} U_{TO}(D,t) + \sum_{i_2=1}^{n_2} U_{TP-1}(D,t) + \sum_{i_3=1}^{n_3} U_{TP-2}(D,t) + \dots + \sum_{i_N=1}^{n_N} U_{TP-N}(D,t) + \sum_{i_{N+1}=1}^{n_{N+1}} U_{KP}(D,t) + \sum_{z_1=1}^{k_1} U_{TO}(t) + \sum_{z_2=1}^{k_2} U_{TP-1}(t) + \sum_{z_3=1}^{k_3} U_{TP-2}(t) + \dots + \sum_{z_N=1}^{k_N} U_{TP-N}(t) + \sum_{z_{N+1}=1}^{k_{N+1}} U_{KP}(t) \right], \quad (2)$$

где $U_{TO}(D,t)$, $U_{TP-1}(D,t)$, $U_{TP-2}(D,t)$, ..., $U_{TP-N}(D,t)$, $U_{KP}(D,t)$ – характеризуют соответственно издержки при сложном ТО, разновидностях ТР и КР по i -м параметрам, обуславливающим постепенные отказы; $U_{TO}(t)$, $U_{TP-1}(t)$, $U_{TP-2}(t)$, ..., $U_{TP-N}(t)$, $U_{KP}(t)$ – издержки при сложном ТО, разновидностях ТР и КР по z -м внезапным отказам; $n_1, n_2, \dots, n_N, n_{N+1}$ – количество постепенных отказов по параметрам, контролируемым при сложном ТО, разновидностях ТР и КР; $k_1, k_2, \dots, k_N, k_{N+1}$ – количество внезапных отказов.

Одним из основных узлов РТО, в частности металлообрабатывающего станка модели 1А616, непосредственно влияющим на производительность обработки и точность восстанавливаемых деталей является шпиндельный узел (ШУ). Требования к ШУ по долговечности, безотказности, быстроходности и точности растут. Достижение высоких показателей зависит от многих факторов. Одними из важных показателей качества ШУ являются его жесткостные характеристики, а также температурные факторы,

поскольку они наиболее полно характеризуют качество его конструкции, изготовления и сборки.

На жесткость рассчитывают ШУ всех типов станков, используемых в ремонтных предприятиях АПК. При этом определяют упругое перемещение шпинделя в сечении его переднего конца, для которого производится стандартная проверка шпиндельного узла на жесткость. Это перемещение принимают в качестве упругого перемещения переднего конца шпинделя, определяющегося с учетом действия заземляющего момента:

$$\delta = P \cdot \left[\frac{a^2}{3 \cdot E \cdot I_1} + \frac{a^2 \cdot L \cdot (1 - \varepsilon)}{3 \cdot E \cdot I_2} + \frac{j_A \cdot a^2 \cdot (1 - \varepsilon) + j_B \cdot [L + a \cdot (1 - \varepsilon)]^2}{j_A \cdot j_B \cdot L^2} \right] \pm Q \cdot (1 - \varepsilon) \times$$

$$\times \left[\frac{j_B \cdot (L + a) - j_A \cdot (L - b)}{j_A \cdot j_B \cdot L^2} - \frac{a \cdot (b^3 + 2 \cdot b \cdot L^2 - 3 \cdot b^2 \cdot L)}{3 \cdot E \cdot I_2 \cdot L} \right] \quad (3),$$

где a – консоль переднего конца шпинделя, мм; ε – коэффициент заземления; b – расстояние от приводного элемента до передней опоры, мм; L – расстояние между передней А и задней В опорами шпинделя, мм; E – модуль упругости материала (сталь) шпинделя, Н/см²; j_A – радиальная жесткость передней опоры шпинделя, Н/см; j_B – радиальная жесткость задней опоры шпинделя, Н/см; P – радиальная составляющая силы резания, Н; Q – радиальная сила на приводном элементе, Н; I_1 – среднее значение осевого момента инерции сечения консоли, мм⁴; I_2 – среднее значение осевого момента инерции сечения шпинделя в пролете между опорами, мм⁴.

Температурные деформации технологической системы оказывают большое влияние на точность выполнения операций по восстановлению поверхностей деталей. В процессе механической обработки происходит нагрев технологической системы, а при перерывах в работе – ее охлаждение. Источниками нагрева являются: тепло, образующееся в зоне резания, тепло, выделяющееся в узлах станка, из-за потерь на трение, а также тепло от внешних источников [4-7]. Распределение температуры по длине шпинделей РТО от теплообразования в подшипниках для простой модели стержня бесконечной длины определяется по математической модели:

$$\vartheta_0 = Q_{\Pi} / \sqrt{k_T \cdot \lambda \cdot A \cdot U}, \quad (4)$$

где Q_{Π} – тепловой поток в шпиндель из подшипника, Вт; k_T – коэффициент теплоотдачи вращающегося вала, Вт/(м²·°С); $A = \pi d^2/4$ и $U = \pi d$ – площадь, м².

Изменение температуры деталей v и температурных деформаций Δl при внезапном скачкообразном изменении температуры окружающей среды (например, при переносе в другой цех) можно рассчитать по математической модели:

$$\vartheta_0 = \vartheta_0 = \vartheta_0 \cdot e^{-m\tau} \cdot u \cdot \Delta l = \alpha \cdot l \cdot \vartheta, \quad (5)$$

где v_0 – начальная избыточная температура детали по отношению к температуре окружающей среды сразу после скачка, °С; v – избыточная температура детали в момент времени τ от скачка, °С; $\tau = kT \cdot A / (c \cdot G)$; A – площадь теплоотдающей поверхности, м²; c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·°С); G – масса детали, кг; l – длина детали, м.

Таким образом, на стадии проектирования следует принимать конструктивные меры как по ликвидации перемещений, отрицательно влияющих на точность механической обработки и восстановление деталей, так по частичному или полному устранению температурных деформаций для обеспечения наиболее длительной безотказной работы всего узла РТО.

Анализ показывает, что полученные выходные характеристики обеспечивают достаточный коэффициент достоверности исследуемых параметров и позволяют сделать правильные решения при инженерных расчетах.

Таким образом, представленные математические модели и результаты анализа основных параметров надежности узлов ремонтно-технологического оборудования, позволяют оптимизировать конструкции шпинделей, а также прогнозировать их долговечность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комаров В. А., Григорьев А. В., Мартышкин А. П. Целевые функции оптимизации параметров точности технологического оборудования // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 7. С. 44-47.

2. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий / С. М. Гайдар, В. Н. Свечников, А. Ю. Усманов, М. И. Иванов // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 1. С. 4-8.
3. Гайдар С. М., Чумаков А. Г. Перспективы применения нанотехнологий в двигателестроении // Авиационно-космическая техника и технология. 2009. № 10 (67). С. 12-16.
4. Комаров В. А., Григорьев А. В. Прогнозирование параметрической надежности узлов технологического оборудования по выходным параметрам точности // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 8. С. 51-53.
5. Комаров В. А., Мачнев В. А., Григорьев А. В. Формирование надежности ремонтно-технологического оборудования на сервисных предприятиях // Техника и оборудование для села. 2015. № 5. С. 33-36.
6. Гайдар С. М., Карелина М. Ю. Инновационное техническое средство для нанесения защитной молекулярной пленки на поверхность машин // Техника и оборудование для села. 2015. № 3. С. 26-28.
7. Гайдар С. М., Петровская Е. А., Петровский Д. И. Повышение коррозионной стойкости оборудования, работающего в агрессивных средах АПК путем применения полифункциональных ингибиторов // Инновационные технологии и технические средства для АПК. 2016. С. 74-77.
8. Гайдар С. М., Быкова Е. В., Карелина М. Ю. Перспективы использования лакокрасочных материалов, модифицированных фторсодержащими поверхностноактивными веществами, для защиты сельхозтехники // Техника и оборудование для села. 2015. С. 34-38
9. Пат. 2553001 Российская Федерация. Консервационная консистентная смазка / Гайдар С. М., Дмитриевский А. Л., Петровский Д. И., Петровская Е. А. № 2014115955/04; заявл. 22.04.2014; опубл. 10.06.2015.

REFERENCES

1. Komarov V. A., Grigor`ev A. V., Marty`shkin A. P. Celevy`e funkicii optimizacii parametrov tochnosti texnologicheskogo oborudovaniya [Objective functions of optimization of parameters of precision of technological equipment]. *Traktory` i sel`xozmashiny*, 2013, no. 7, pp. 44-47.
2. Gajdar S. M., Svechnikov V. N., Usmanov A. Yu., Ivanov M. I. Uluchshenie e`kspluatacionny`x xarakteristik dvigatelya s primeneniem nanotexnologij [Improving the performance of the engine using nanotechnology]. *Trudy` GOSNITI*, 2013, vol. 111, no. 1. pp. 4-8.
3. Gajdar S. M., Chumakov A. G. Perspektivy` primeneniya nanotexnologij v dvigatelestroenii [Prospects for the use of nano-technologies in engine building]. *Aviacionno-kosmicheskaya texnika i texnologiya*, 2009, no. 10 (67), pp. 12-16.
4. Komarov V. A., Grigor`ev A. V. Prognozirovanie parametricheskoy nadezhnosti uzlov texnologicheskogo oborudovaniya po vy`hodny`m par-

ametram tochnosti [Prediction of the parametric reliability of technological equipment units based on the output accuracy parameters]. *Traktory` i sel`xozmashiny*, 2013, no. 8, pp. 51-53.

5. Komarov V. A., Machnev V. A., Grigor`ev A. V. Formirovanie nadezhnosti remontno-texnologicheskogo oborudovaniya na servisny`x predpriyatiyax [Formation of reliability of repair and technological equipment at service enterprises]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2015, no. 5, pp. 33-36.

6. Gajdar S. M., Karelina M. Yu. Innovacionnoe texnicheskoe sredstvo dlya naneseniya zashhitnoj molekulyarnoj plenki na poverxnost` mashin [Innovative technical means for applying a protective molecular film on the surface of machines]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2015, no. 3, pp. 26-28.

7. Gajdar S. M., Petrovskaya E. A., Petrovskij D. I. Povy`shenie korrozionnoj stojkosti oborudovaniya, rabotayushhego v agresivny`x sredax APK putem primeneniya polifunkcional`ny`x ingibitorov [Increasing the corrosion resistance of equipment operating in aggressive environments of the agro-industrial complex by using multifunctional inhibitors]. *Innovacionny`e texnologii i texnicheskie sredstva dlya APK*, 2016, pp.74-77.

8. Gajdar S. M., By`kova E. V., Karelina M. Yu. Perspektivy` ispol`zovaniya lakokrasochny`x materialov, modifitsirovanny`x ftorsoderzhashimi poverxnostnoaktivny`mi veshhestvami, dlya zashhity` sel`xoztexniki [Prospects for the use of paints and varnishes modified with fluorinated surfactants for the protection of agricultural machinery]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2015, pp. 34-38.

9. Gajdar S. M., Dmitrievskij A. L., Petrovskij D. I., Petrovskaya E. A. Konservacionnaya konsistentnaya smazka [Preservation grease]. Patent 2553001 Russian Federation. No, 2014115955/04; appl. 22.04.2014; publ. 10.06.2015.

Об авторах:

Гайдар Сергей Михайлович, заведующий кафедрой «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, techmash@rgau-msha.ru.

Наджи Наджм Абдулзахра Фархунд, аспирант кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), njem.abd12@yahoo.com.

Беззубцева Полина Вадимовна, магистр ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Sergey M. Gaidar, Head of the Department of Materials Science and Technology of Machine Building, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, techmash@rgau-msha.ru.

Abdulzakhra F. Nadzhi, Postgraduate student of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), njem.abd12@yahoo.com.

Polina V. Bezzubtseva, master's degree, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

УЛУЧШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. А. Емельянов, А. Б. Лагузин, А. М. Пикина
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

Аннотация: Для снижения величины и стабилизации условий трения, предотвращения интенсивного износа в узлы трения вводят различные смазочные среды. Однако в ряде случаев они не оказывают желаемого эффекта. Износ является одним из основных факторов, ухудшающих экономические, мощностные и экологические показатели двигателей внутреннего сгорания, а также ограничивающего надежность их работы в целом. В работе проведен выбор метода повышения износостойкости деталей пар трения, а также исследовано влияние его на экономические, мощностные и экологические показатели. Большой практический интерес для автотракторной техники представляет метод физико-химического воздействия на детали пар трения. В качестве объекта испытаний был использован двигатель внутреннего сгорания ВАЗ-11194 № 000094 в комплектации «ЕВРО-5». Результаты испытаний были зафиксированы после наработки двигателя 5, 50, 100 часов. Для оценки результатов влияния антифрикционной присадки испытания проводились в два этапа (без антифрикционной присадки и с добавлением в масляную систему).

Ключевые слова: антифрикционная присадка; моторное масло; двигатель внутреннего сгорания; испытания; выбросы вредных веществ; отработавшие газы (ОГ); экология; мощность; крутящий момент; расход топлива.

IMPROVING THE RELIABILITY OF MACHINES IN OPERATION CONDITIONS

A. A. Emelyanov, A. B. Laguzin, A. M. Pikina
*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

Abstract: To reduce the magnitude and stabilize the friction conditions, to prevent intense wear, various lubricating media are introduced into the friction

units. However, in some cases they do not have the desired effect. Depreciation is one of the main factors deteriorating the economic, power and environmental performance of internal combustion engines, as well as limiting the reliability of their operation in general.

The purpose of the work is to select a method for increasing the wear resistance of friction pair parts, as well as to study its effect on economic, power and environmental performance. The method of physicochemical action on parts of friction pairs is of great practical interest for automotive vehicles. An internal combustion engine VAZ-11194 No. 000094 in the EURO-5 configuration was used as a test object. The test results were recorded after 5,50,100 hours of engine operation. To assess the results of the effect of the antifriction additive, the tests were carried out in two stages (without antifriction additive and with the addition to the oil system).

Keywords: *antifriction additive; engine oil; internal combustion engine; testing; emissions of harmful substances; exhaust gases; ecology; power; torque; fuel consumption.*

Все современные моторные масла состоят из базовых масел и улучшающих их свойства присадок. Действие антифрикционных присадок направлено на увеличение ресурса двигателя, снижение шума и выбросов вредных веществ с отработавшими газами, улучшение смазочных свойств трущихся поверхностей и улучшение плавности работы двигателя, уменьшение температуры в зонах трения, снижение утечек масла и расхода топлива.

В работе в качестве присадки была использована перфторкарбоновая кислота, в молекуле которой атомы водорода заменены на фтор. Перфторкарбоновая кислота является «модификатором» контактирующих поверхностей и образует на них мономолекулярную пленку, которая предохраняет зону контакта от износа и уменьшает коэффициент трения на 30...40 % [1-5].

В исследованиях применялось моторное масло Лукойл Genesis 5W-30 производства ООО «ЛЛК-Интернешнл» на двигателе ВАЗ-11194 № 000094 в комплектации «ЕВРО-5» установленном на испытательный стенде.

Исследования проводились согласно ГОСТ 14846 «Двигатели автомобильные, методы стендовых испытаний», правилу ООН № 49 (выбросы оксида углерода, углеводородов, оксидов азота с отработавшими газами) и правилу ООН № 85 (мощностные показатели).

Результаты испытания двигателя ВАЗ-11194 на моторном масле Лукойл Genesis 5W-30 с добавлением антифрикционной присадки после наработки 5, 50, 100 часов приведены в таблице 1 и на рисунках 1-2.

Таблица 1 – Изменение показателей двигателя при работе с полностью открытым дросселем на внешней скоростной характеристике в течение 100-часовых испытаний

Период испытаний	Приведенный крутящий момент M_k , Н·м (4500 мин ⁻¹)	Приведённая мощность N_e , кВт (5000 мин ⁻¹)	Расход топлива G_T , кг/ч	Удельный расход топлива g_e , г/кВт·ч
До испытаний присадки	121,7	62,9	20,4	324,4
После 5 ч	124,8	64,8	19,58	302
После 50 ч	126,7	64,5	19,62	304,1
После 100 ч	124,7	64,4	19,82	307,7

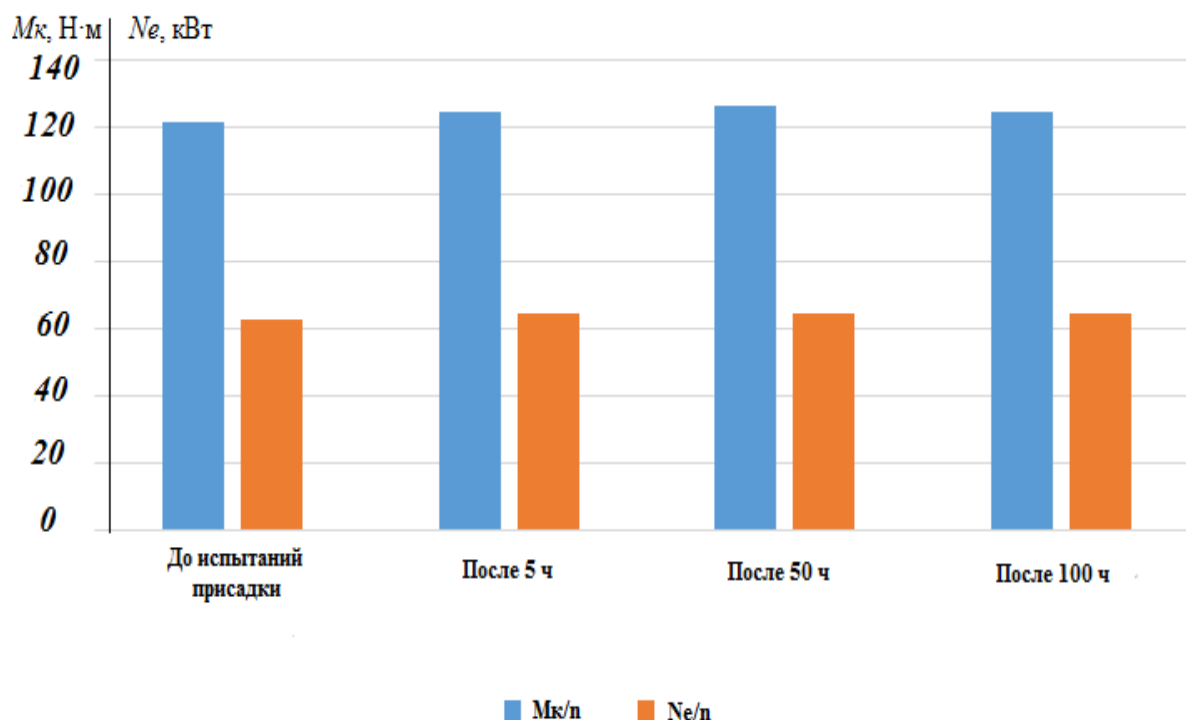


Рисунок 1 – Изменение мощности и крутящего момента двигателя

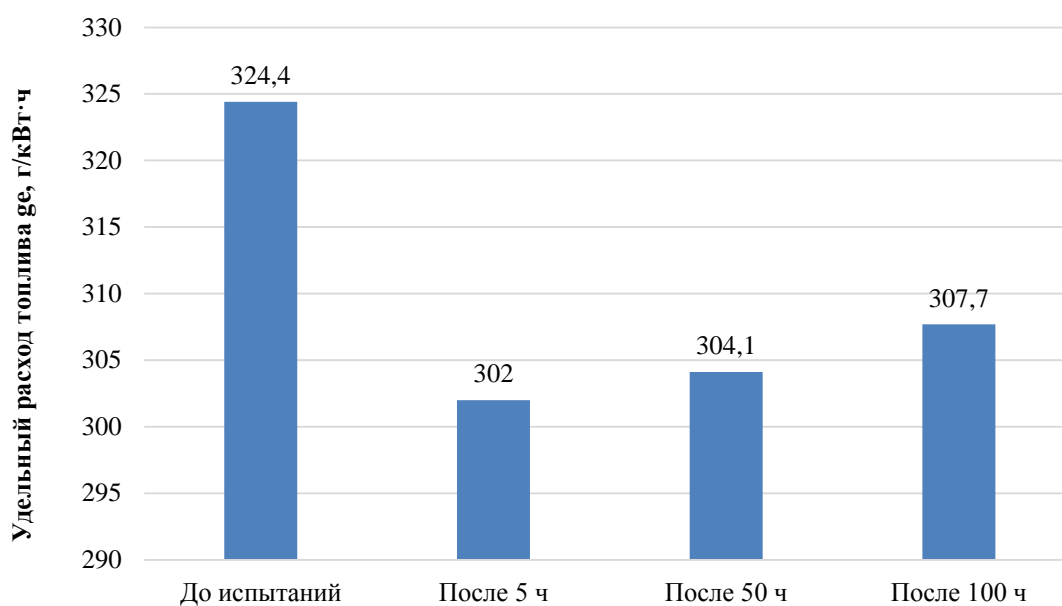


Рисунок 2 – Изменение удельного расхода топлива

В период испытаний двигатель работал устойчиво, его параметры оставались стабильными на протяжении практически всего периода испытаний. Перебоев и отказов в работе двигателя не наблюдалось, по окончании испытаний дефектов (задиров, натиров, следов изнашивания и т. п.) на деталях двигателя не обнаружено.

После добавления в моторное масло антифрикционной присадки согласно методике, зафиксировано изменение в виде прироста мощности и крутящего момента двигателя на 3,5...4,0 %, при уменьшении удельного расхода топлива на 6...7 %.

За период испытаний уменьшились выбросы вредных веществ в отработавших газах двигателя: CO до 21,6 %, CH до 18,3 %, NO_x до 27,6 %. Эффективность нейтрализатора по компонентам практически не изменилась.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2553001 Российская Федерация. Консервационная консистентная смазка : № 2014115955/04 ; заявл. 22.04.2014 ; опубл. 10.06.2015 / Гайдар С. М., Дмитриевский А. Л., Петровский Д. И., Петровская Е. А. ; заявитель и патентообладатель АО «ВНИКТИнефтехимоборудование».
2. 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.

3. Гайдар С. М. Этаноламиды карбоновых кислот как полифункциональные ингибиторы окисления углеводородов // *Химия и технология топлив и масел*. 2010. № 6 (562). С. 16-20.
4. Гайдар С. М., Кононенко А. С. Ингибированные составы для хранения сельскохозяйственной техники // *Техника в сельском хозяйстве*. 2011. № 3. С. 21-22.
5. Кононенко А. С., Гайдар С. М. Адгезионная прочность герметиков и нанокмпозиций на их основе // *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. 2011. № 6. С. 38-42.
6. Гайдар С. М., Пыдрин А. В., Карелина М. Ю. Технология консервации автотракторных дизелей рабочеконсервационным составом // *Техника и оборудование для села*. 2014. №12. С. 18-23.
7. Карелина М. Ю., Петровская Е. А., Пыдрин А. В. Оптимизация ингибированного состава для обеспечения сохраняемости сельскохозяйственной техники. *Труды ГОСНИТИ*. 2015. Т. 121. С. 89-93.
8. Пыдрин А. В. Повышение коррозионной стойкости низкоуглеродистых сталей применением полифункциональных ингибиторов // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина»*. 2016. № 4 (74). С. 46-50.

REFERENCES

1. Gajdar S. M., Dmitrievskij A. L., Petrovskij D. I., Petrovskaya E. A. [Preservation grease] Patent 2553001 Russian Federation. № 2014115955/04; appl. 22.04.2014; publ. 10.06.2015.
2. Gajdar S. M., By`kova E. V., Karelina M. Yu. Perspektivy` ispol`zovaniya lakokrasochny`x materialov, modifitsirovanny`x ftorsoderzhashhimi poverxnostnoaktivny`mi veshhestvami, dlya zashhity` sel`xoztexniki [Prospects for the use of paints and varnishes modified with fluorinated surfactants for the protection of agricultural machinery]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2015, no. 7, pp. 34-38.
3. Gajdar S. M. E`tanolamidy` karbonovy`x kislot kak polifunkcional`ny`e ingibitory` okisleniya uglevodorodov [Ethanolamides of carboxylic acids as polyfunctional inhibitors of hydrocarbon oxidation]. *Ximiya i texnologiya topliv i masel*, 2010, no. 6 (562), pp. 16-20.
4. Gajdar S. M., Kononenko A. S. Ingibirovanny`e sostavy` dlya xraneniya sel`skoxozyajstvennoj texniki [Inhibited formulations for storage of agricultural machinery]. *Texnika v sel`skom xozyajstve*, 2011, no. 3, pp. 21-22.
5. Kononenko A. S., Gajdar S. M. Adgezionnaya prochnost` germetikov i nanokompozitsij na ix osnove [Adhesive strength of sealants and nanocomposites based on them]. *Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya*, 2011, no. 6, pp. 38-42.

6. Gajdar S. M., Py`drin A. V., Karelina M. Yu. *Texnologiya konservacii avtotraktorny`x dizelej rabochekonservacionny`m sostavom* [Technology of conservation of autotractor diesel engines with working-conservation composition]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2014, no. 12, pp. 18-23.

7. Karelina M. Yu., Petrovskaya E. A., Py`drin A. V. *Optimizaciya ingibirovannogo sostava dlya obespecheniya soxranяaemosti sel`skoxozyajstvennoj texniki* [Optimization of the inhibited composition to ensure the preservation of agricultural machinery]. *Trudy` GOSNITI*, 2015, vol. 121, pp. 89-93.

8. Py`drin A. V. *Povy`shenie korrozionnoj stojkosti nizkouglerodisty`x stalej primeneniem polifunkcional`ny`x ingibitorov* [Increasing the corrosion resistance of low-carbon steels by using multifunctional inhibitors]. *Vestnik Federal`nogo gosudarstvennogo obrazovatel`nogo uchrezhdeniya vy`sšhego professional`nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvenny`j agroinzhenerny`j universitet imeni V. P. Goryachkina»*, 2016, no. 4 (74), pp. 46-50.

Об авторах:

Емельянов Александр Александрович, доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат химических наук.

Лагузин Алексей Борисович, аспирант кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

Пикина Анна Михайловна, аспирант кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Aleksandr A. Emel'ianov, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Chemical).

Aleksei B. Laguzin, postgraduate student, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Anna M. Pikina, postgraduate student, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЗЕЛЕННЫХ ИНГИБИТОРОВ КИСЛОТНОЙ КОРРОЗИИ

Т. И. Балькова, А. Ф. Наджи, П. В. Беззубцева
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

Аннотация: статья посвящена исследованию консервационных материалов на основе зеленых ингибиторов и их эффективности.

Ключевые слова: органические ингибиторы; защита от коррозии; «зеленые» ингибиторы; консервационные материалы; исследование; эффективность.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF PRESERVATION MATERIALS BASED ON GREEN INGI-BITORS OF ACID CORROSION

T. I. Balkova, A. F. Nadji, P. V. Bezzubtseva
*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

Abstract: the article is devoted to the study of conservation materials based on green inhibitors and their effectiveness.

Keywords: organic inhibitors; corrosion protection; «green» inhibitors; conservation materials; research; efficiency.

В последние годы из-за растущего интереса и внимания всего мира к защите окружающей среды и опасных последствий использования химических веществ в экологическом балансе, традиционный подход к ингибиторам коррозии постепенно изменился. В настоящее время существует ряд органических ингибиторов, относящихся к различным семействам химическим веществ, например, жирных амидов, пиридинов, имидазолинов и других 1,3-азолов, полимеров, которые показали отличную производительность как ингибиторы коррозии. В мире все большее

распространение получают экологически безопасные консервационные и смазочные материалы из альтернативных источников сырья, прежде всего растительного происхождения. Наиболее широко используются растительные масла различных видов маслосодержащего сырья, например рапсовое, подсолнечное, соевое и др. [1-3].

Целью добавления ингибиторов в низких концентрациях к агрессивным средам является задержка реакции между металлом и коррозионными веществами в среде. Они действуют путем адсорбции ионов или молекул на металлическую поверхность, как правило, снижая скорость коррозии, блокируя анодные и/или катодные реакции.

Ведутся исследования по поиску природных веществ, которые способны защитить металлы от коррозии. Было выяснено, что так называемыми «зелеными» ингибиторами кислотной коррозии являются многочисленны растения. В ходе экспериментов по снижению скорости кислотной коррозии установлены ингибирующие свойства у экстракта опунции, листьев алоэ веры, кожуры апельсина и авокадо, табака, черного перца, семян, клещевины, аравийской камеди, лигнина, кориандра, гибискуса, аниса, черного тмина, меди, лука, чеснока, горькой тыквы и других растений.

Окончательный выбор ингибитора для конкретного применения ограничивается несколькими факторами, включая повышение экологической осведомленности и необходимость поощрения экологически чистых процессов в сочетании со специфичной действия большинства кислотных ингибиторов, которые часто требуют совместного действия соединений для достижения эффективного ингибирования коррозии. Именно по этой причине в последние годы большие усилия были предприняты исследователями в этой области для разработки новых экологически чистых ингибиторов.

В последние 2 десятилетия ведутся интенсивные исследования по поиску и получению так называемых «зеленых» ингибиторов: более дешевых, легко доступных и снижающих риск воздействия на окружающую среду. Источники таких веществ – нетоксичные и возобновляемые растительные отходы. Описаны экстракты ряда растений, которые проявляют ингибирующие

свойства к различным металлам, но механизм их действия практически не изучен [7-8].

Первым свидетельством использования натурального продукта в качестве ингибиторов коррозии являются 1930-е годы. Когда экстракты *Chelidonium majus* (Celandine) и другие растения были впервые использованы с H_2SO_4 . Успешные разработки исследований для получения естественных ингибиторов коррозии растут так же быстро, как набирают силу осознание экологические проблемы.

Для ингибитора необходимо быть эффективным защитником металла от коррозии, его следует легко адсорбировать на металлической поверхности через процессы физасорбции или хемосорбции. Любой из этих процессов адсорбции зависит прежде всего от физико-химических свойств ингибиторной группы, такой как функциональные группы, электронной плотности на атоме-доноре, молекулярной структуры и т. д., например, органические молекулы, которые были широко применимы и были широко изучены и используемые в качестве ингибиторов коррозии, часто содержат атомы азота, кислорода и серы, а также множественные связи в их молекулах [3].

Природные продукты широко изучались как ингибиторы коррозии как в продукте смеси, экстрагированные из природных источников, таких как растения или, по существу, чистые продукты, полученные от животных или растений (т. е. витаминов и аминокислот).

Из экономической и экологической точек зрения экстракты растений являются отличной альтернативой как ингибиторы из-за их доступности и биоразлагаемости. Эти экстракты можно получить простым способом и дополнительная очистка не требуется. Экстракты обычно получают из дешевых растворителей, которые широко доступны по низкой цене и с низкой токсичностью; водный экстракт более облегчается из-за низкой растворимости многих натуральных продуктов в воде.

Недавно эта группа описала ингибирующее действие этанольных экстрактов из листьев в *Chlomolaena Odorata* L. в качестве экологически чистого ИК кислотной коррозии алюминия, с использованием эволюции водорода и термометрических мето-

дов; и совсем недавно, для коррозии мягкой стали в растворах H_2SO_4 [2-4].

Низкая токсичность делает эфирные масла пригодными для использования в качестве ингибиторов коррозии для различных металлов в различных средах. Однако только ограниченное количество масел было проверено в качестве ингибиторов коррозии для алюминия и его сплавов. Ингибирующее действие этих продуктов связано с образованием защитного слоя на поверхности стальных материалов.

В технических целях наиболее доступно из растительных масел рапсовое, которое является сырьем для получения биотоплива – метиловых эфиров жирных кислот. Проводятся исследования возможности использования продуктов переработки рапсового масла в качестве компонентов консервационных материалов, продукты его переработки для технических целей – олеин, метиловые эфиры жирных кислот, кубовый остаток метиловых эфиров и глицериновая фракция. Анализ химической структуры продуктов переработки рапсового масла свидетельствует, что они содержат значительное количество органических кислот и сложных эфиров, что позволяет предполагать довольно высокий уровень их защитной эффективности [7-9].

В результате оценки защитных свойств продуктов установлено, что все они значительно превосходят минеральное масло по этому показателю, при этом наиболее эффективными являются рапсовое масло и кубовый остаток производства метиловых эфиров, защитная способность которых в 10...20 раз выше, чем у масла. Уровень защитных свойств глицериновой фракции выше, чем у минерального масла в 3,5 раза, а метиловых эфиров – в 2 раза.

Учитывая сложность предмета изучения, можно сделать вывод о том, что на практике все еще существует «барьер» между исследованиями и применением. Необходимо провести гораздо больше аналитических исследований и оценки микробиологических характеристик растительных экстрактов, которые изучены как новые экологически чистые материалы. На сегодняшний день уже было проведено значительное количество исследований, но это по-прежнему относительно неизведанное направление исследований, с большим потенциалом для улучшения, особенно в от-

ношении методов, используемых для получения «зеленых» ингибиторов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2553001 Российская Федерация. Консервационная консистентная смазка : № 2014115955/04 ; заявл. 22.04.2014 ; опубл. 10.06.2015 / Гайдар С. М., Дмитриевский А. Л., Петровский Д. И., Петровская Е. А. ; заявитель и патентообладатель АООТ «ВНИКТИнефтехимоборудование».

2. 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.

3. Гайдар С. М. Этаноламиды карбоновых кислот как полифункциональные ингибиторы окисления углеводородов // Химия и технология топлив и масел. 2010. № 6 (562). С. 16-20.

4. Гайдар С. М., Кононенко А. С. Ингибированные составы для хранения сельскохозяйственной техники // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 3. С. 21-22.

5. Кононенко А. С., Гайдар С. М. Адгезионная прочность герметиков и нанокмпозиций на их основе // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2011. № 6. С. 38-42.

6. Гайдар С. М., Пыдрин А. В., Карелина М. Ю. Технология консервации автотракторных дизелей рабоче-консервационным составом // Техника и оборудование для села. 2014. № 12. С. 18-23.

7. Карелина М. Ю., Петровская Е. А., Пыдрин А. В. Оптимизация ингибированного состава для обеспечения сохраняемости сельскохозяйственной техники // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 89-93.

8. Пыдрин А. В. Повышение коррозионной стойкости низкоуглеродистых сталей применением полифункциональных ингибиторов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2016. № 4 (74). С. 46-50.

9. Карелина М. Ю., Гайдар С. М. Технология повышения износостойкости поверхностей трибосопряжений физико-химическим методом // Грузовик. 2015. № 3. С. 12-16.

REFERENCES

1. Gajdar S. M., Dmitrievskij A. L., Petrovskij D. I., Petrovskaya E. A. [Preservation grease] Patent 2553001 Russian Federation. № 2014115955/04; appl. 22.04.2014; publ. 10.06.2015.

2. Gajdar S. M., Bykova E. V., Karelina M. Yu. Perspektivy` ispol`zovaniya lakokrasochny`x materialov, modifitsirovanny`x ftorsoderzhashchimi poverxnostnoaktivny`mi veshhestvami, dlya zashchity` sel`xoztexniki [Prospects for the use of paints and varnishes modified with fluorine-containing surfactants to protect agricultural machinery]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2015, no. 7, pp. 34-38.
3. Gajdar S. M. E`tanolamidy` karbonovy`x kislot kak polifunktsional`ny`e ingibitory` okisleniya uglevodorodov [Ethanolamides of carboxylic acids as polyfunctional inhibitors of hydrocarbon oxidation]. *Ximiya i texnologiya topliv i masel*, 2010, no. 6 (562), pp. 16-20.
4. Gajdar S. M., Kononenko A. S. Ingibirovanny`e sostavy` dlya xraneniya sel`skoxozyajstvennoj texniki [Inhibited compositions for storage of agricultural machinery]. *Texnika v sel`skom xozyajstve*, 2011, no. 3, pp. 21-22.
5. Kononenko A. S., Gajdar S. M. Adgezionnaya prochnost` germetikov i nanokompozitsij na ix osnove [Adhesive strength of sealants and nanocompositions based on them]. *Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya*, 2011, no. 6, pp. 38-42.
6. Gajdar S. M., Py`drin A. V., Karelina M. Yu. Texnologiya konservatsii avtotraktorny`x dizelej rabochekonservatsionny`m sostavom [Technology of conservation of autotractor diesel engines by working and conservation personnel]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2014, no. 12, pp. 18-23.
7. Karelina M. Yu., Petrovskaya E. A., Py`drin A. V. Op-timizatsiya ingibirovannogo sostava dlya obespecheniya soxranyaemosti sel`skoxozyajstvennoj texniki [Optimization of the inhibited composition to ensure the persistence of agricultural machinery]. *Trudy` GOSNITI*, 2015, vol. 121, pp. 89-93.
8. Py`drin A. V. Povy`shenie korrozionnoj stojkosti nizkouglerodisty`x stalej primeneniem polifunktsional`ny`x ingibitorov [Improved corrosion resistance of low-carbon steels using polyfunctional inhibitors]. *Vestnik Federal`nogo gosudarstvennogo obrazovatel`nogo uchrezhdeniya vy`sshego professional`nogo obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvenny`j agroinzhenerny`j universitet imeni V. P. Goryachkina»*, 2016, no. 4 (74), pp. 46-50.
10. Karelina M. Yu., Gajdar S. M. Texnologiya povy`sheniya iznosostojkosti poverxnostej tribosopryazhenij fiziko-ximicheskim metodom [Technology of increasing wear resistance of surfaces of tribo-couplings by physical-chemical method]. *Gruzovik*, 2015, no. 3, pp. 12-16.

Об авторах:

Балькова Татьяна Ивановна, доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук.

Наджи Наджм Абдулзахра Фархунд, аспирант кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский госу-

дарственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), njem.abd12@yahoo.com.

Беззубцева Полина Вадимовна, магистр ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Tat'iana I. Bal'kova, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor

Abdulzakhra F. Nadzhi, postgraduate student of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), njem.abd12@yahoo.com.

Polina V. Bezzubtseva, master's degree, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРУЩИХСЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

А. А. Емельянов, Т. И. Балькова, А. М. Пикина
*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В данном исследовании коллективом авторов решается проблема повышения энергоэффективности силовых установок путем уменьшения потерь за счет снижения коэффициента трения. Данная проблема решается с помощью многофункциональной добавки к смазочным маслам, которые представляют собой поверхностно-активное вещество (ПАВ), которое способно при введении в небольшом количестве в трибосопряжение изменять условия трения контактирующих поверхностей. Испытания проводились на машине трения ИИ5018 на паре трения колодка-ролик. В процессе исследования определялся момент и коэффициент трения.*

***Ключевые слова:** силовые установки; коэффициент трения; трибосопряжение; поверхностно-активные вещества.*

IMPROVEMENT OF TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FRIDING SURFACES AS ONE OF THE WAYS TO IN- CREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF POWER PLANTS

A. A. Emelyanov, T. I. Balkova, A. M. Pikina
*«Russian Timiryazev State Agrarian University»
(Russian Federation, Moscow)*

***Abstract:** In this study, the team of authors solves the problem of improving the energy efficiency of power plants by reducing losses due to reducing the coefficient of friction. This problem is solved by a multifunctional additive to lubricating oils, which is a surfactant, which is capable of changing the friction conditions of the contacting surfaces when introduced in a small amount into triboscopy. Is-torture was carried out on a friction machine II5018 on a co-boat-*

roller friction pair. During the study, the moment and coefficient of friction was determined.

Keywords: *power plants; friction coefficient; tribosynthesis; Surface active substances.*

На сегодняшний день актуальной является проблема энергоэффективности силовых установок. Силовые установки становятся все более нагруженными, и в то же время к ним предъявляются повышенные требования по надежности и ресурсу.

Существует несколько направлений выполнения указанных требований [1]:

- изменение конструкции силовой установки;
- применение для изготовления деталей и узлов из новых материалов;
- использование различных видов покрытий (напыляемых, наплаваемых гальванических и др.)

Указанные методы, хоть и являются перспективными, требуют значительных затрат как на научные разработки, так и на испытания и последующее внедрение разработок в производство. В приведенном исследовании авторы пробуют решить поставленную задачу другим способом.

В данной работе коллективом авторов поставлена задача решить указанную проблему с помощью применения поверхностно-активных веществ (ПАВ). Данные вещества способны изменять поверхностную энергию, оказывая влияние на процессы, протекающие на границе раздела фаз. В частности, в данном исследовании применялись бораты этаноламидов карбоновых кислот (БЭКК) [2]. Эти вещества являются полифункциональными присадками к моторным и трансмиссионным маслам, имеют широкий спектр применения, например, способны значительно снизить трение и износ, повышать коррозионную стойкость черных и цветных сплавов [3-5]. В данной статье рассмотрена эффективность применения указанных соединений в качестве добавки к индустриальному маслу И-20А.

Для исследования были взяты два состава:

- Масло индустриальное И-20А
- Масло индустриальное И-20А с добавкой 10 % БЭКК.

Испытания проводились на машине трения ИИ5018, на паре

трения ролик-колодка. Колодка выполнена из стали 65, ролик из чугуна марки СЧ20. Исследуемые образцы в процессе исследования частично погружались в исследуемый состав, смазывание происходило путем захватывания масла из емкости с составом.

В процессе испытаний скорость вращения ролика была постоянной, изменялась сила прижима образцов от 200 до 800 Н с шагом 200 Н. Определялся момент силы трения, который в дальнейшем использовался для определения коэффициента трения.

Полученные данные сведены в таблицу 1, также построены зависимости момента трения и температуры от силы прижима образцов для исследуемых составов. Указанные зависимости представлены на рисунке 1 и 2.

Таблица 1 – Полученные экспериментальные данные

Состав	Сила прижима образцов F_N , Н	Момент трения $M_{тр}$, Н*м	Коэффициент трения k
Масло И-20А	200	1,05	0,21
	400	1,5	0,15
	600	2,25	0,15
	800	2,85	0,143
Масло промышленное И-20А с добавкой 10 % БЭКК	200	0,75	0,15
	400	0,9	0,09
	600	1,2	0,08
	800	1,5	0,075

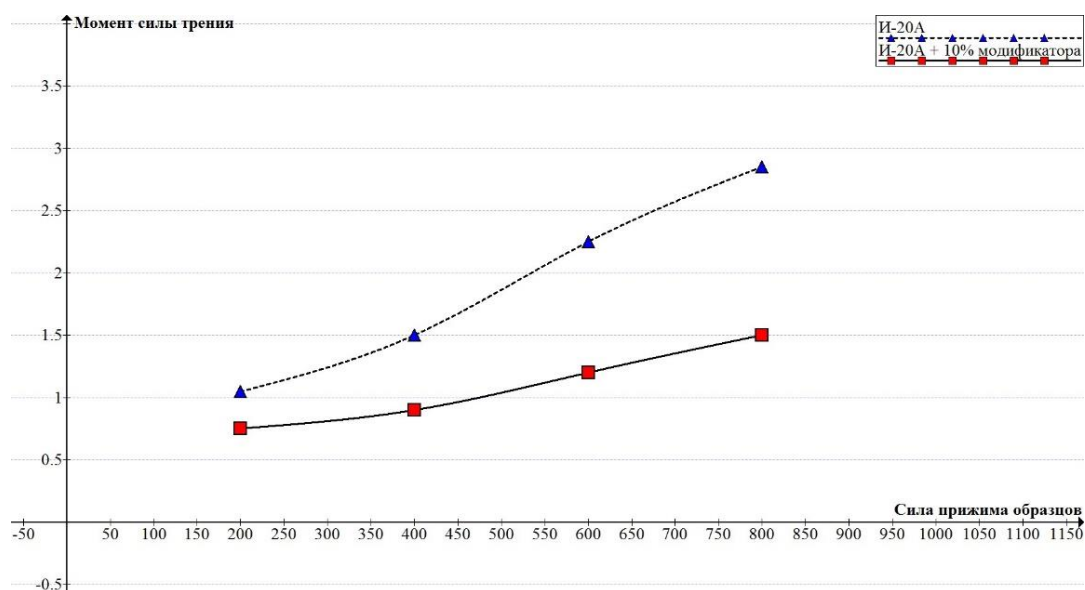


Рисунок 1 – Зависимость момента силы трения от силы прижима образцов

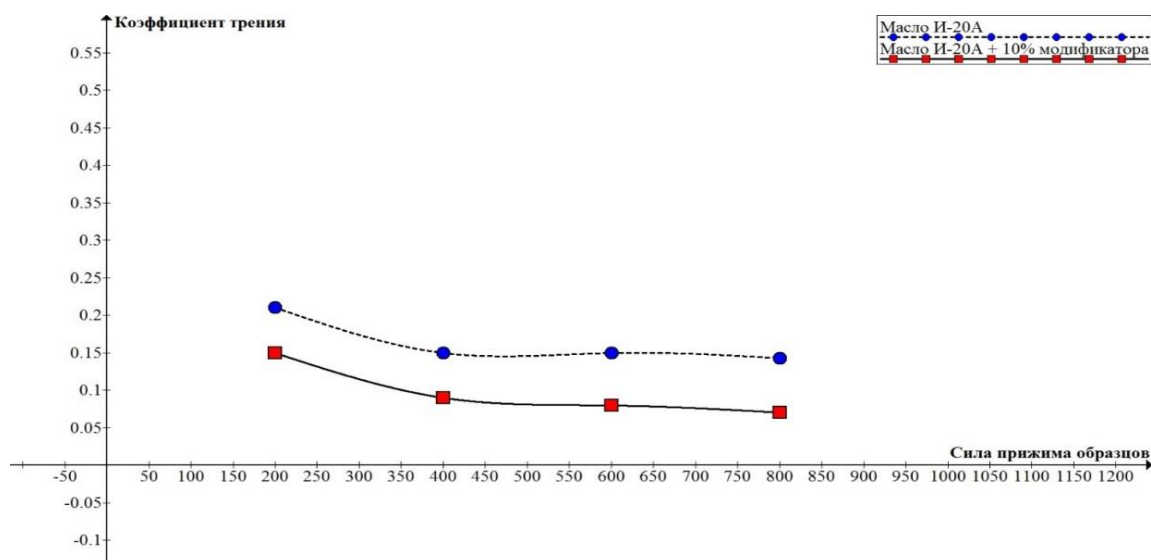


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента трения от силы прижима образцов

Из приведенных зависимостей видно, что использование БЭК в качестве добавки к смазочным маслам приводит к значительному уменьшению коэффициента трения, что, соответственно, приводит к увеличению КПД механизма.

В представленной работе наглядно показан способ уменьшения трения в трибосопряжениях с помощью использования ПАВ. Известно, что при уменьшении коэффициента трения также снижаются температура в узле, износ, повышается надежность. Для количественного определения указанных параметров и их зависимость от условий эксперимента требуется дополнительная серия экспериментов, результаты которых будут представлены авторами в будущих работах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гайдар С. М., Пыдрин А. В., Карелина М. Ю. Технология консервации автотракторных дизелей рабоче-консервационным составом // Техника и оборудование для села. 2014. № 12. С. 18-23.
2. Карелина М. Ю., Петровская Е. А., Пыдрин А. В. Оптимизация ингибированного состава для обеспечения сохраняемости сельскохозяйственной техники // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 89-93.
3. Пыдрин А. В. Повышение коррозионной стойкости низкоуглеродистых сталей применением полифункциональных ингибиторов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агро-

инженерный университет имени В. П. Горячкина». 2016. № 4 (74). С. 46-50.

4. Патент № 2553001 Российская Федерация. Консервационная консистентная смазка : № 2014115955/04 ; заявл. 22.04.2014 ; опубл. 10.06.2015 / Гайдар С. М., Дмитриевский А. Л., Петровский Д. И., Петровская Е. А. ; заявитель и патентообладатель АО «ВНИКТИнефтехимоборудование».

5. Гайдар С. М., Быкова Е. В., Карелина М. Ю. Перспективы использования лакокрасочных материалов, модифицированных фторсодержащими поверхностноактивными веществами, для защиты сельхозтехники // Техника и оборудование для села. 2015. № 7. С. 34-38.

6. Гайдар С. М. Этаноламиды карбоновых кислот как полифункциональные ингибиторы окисления углеводородов // Химия и технология топлив и масел. 2010. № 6 (562). С. 16-20.

7. Карелина М. Ю., Гайдар С. М. Технология повышения износостойкости поверхностей трибосопряжений физико-химическим методом // Грузовик. 2015. № 3. С. 12-16.

8. Гайдар С. М., Кононенко А. С. Ингибированные составы для хранения сельскохозяйственной техники // Техника в сельском хозяйстве. 2011. № 3. С. 21-22.

REFERENCES

1. Gaidar S. M., Pydrin A. V., Karelina M. Yu. Tekhnologiya konservatsii avtotraktornykh dizelei raboche-konservatsionnym sostavom [Technology of preservation of automotive diesel engines by working preservation staff]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*, 2014, no. 12, pp. 18-23.

2. Karelina M. Yu., Petrovskaia E. A., Pydrin A. V. Optimizatsiia ingibirovannogo sostava dlia obespecheniia sokhraniiaemosti sel'skokhoziaistvennoi tekhniki. [Optimization of the inhibited composition to ensure the preservation of agricultural machinery]. *Trudy GOSNITI*, 2015, vol. 121, pp. 89-93.

3. Pydrin A. V. Povyshenie korrozionnoi stoikosti nizkouglerodistykh stalei primeneniem polifunksional'nykh ingibitorov [Increasing the corrosion resistance of low-carbon steels by using polyfunctional inhibitors]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia vysshego professional'nogo obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V.P. Goriachkina»*, 2016, no. 4 (74), pp. 46-50.

4. Gajdar S. M., Dmitrievskij A. L., Petrovskij D. I., Petrovskaya E. A. [Preservation grease] Patent 2553001 Russian Federation. № 2014115955/04; appl. 22.04.2014; publ. 10.06.2015.

5. Gaidar S. M., Bykova E. V., Karelina M. Yu. Perspektivy ispol'zovaniia lakokrasochnykh materialov, modifitsirovannykh ftorsoderzhashchimi poverkhnostnoaktivnymi veshchestvami, dlia zashchity sel'khoztekhniki [Prospects for the use

of paints and varnishes modified with fluorine-containing surfactants for the protection of agricultural machinery]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*, 2015, no. 7, pp. 34-38.

6. Gaidar S. M. Etanolamidy karbonovykh kislot kak polifunktsional'nye ingibitory okisleniia uglevodorodov [Ethanalamides of carboxylic acids as polyfunctional inhibitors of hydrocarbon oxidation]. *Khimiia i tekhnologiiia topliv i masel*, 2010, no. 6 (562), pp. 16-20.

7. Karelina M. Yu., Gaidar S. M. Tekhnologiiia povysheniia iznosostoikosti poverkhnostei tribosopriazhenii fiziko-khimicheskim metodom [Technology of increasing the wear resistance of surfaces of tribo-couplings by the physicochemical method]. *Gruzovik*, 2015, no. 3, pp. 12-16.

8. Gaidar S. M., Kononenko A. S. Ingibirovannye sostavy dlia khraneniia sel'skokhoziaistvennoi tekhniki [Inhibited formulations for storage of agricultural machinery]. *Tekhnika v sel'skom khoziaistve*, 2011, no. 3, pp. 21-22.

Об авторах:

Емельянов Александр Александрович, доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат химических наук.

Балькова Татьяна Ивановна, доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук.

Пикина Анна Михайловна, аспирант кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Aleksandr A. Emel'ianov, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Chemical).

Bal'kova Tat'iana Ivanovna, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor

Anna M. Pikina, postgraduate student, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКИХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЯ

Ш. В. Бузиков

*ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»
(г. Киров, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В статье представлен обзор применения жидких альтернативных топлив. Проведен теоретический анализ скорости течения жидких альтернативных топлив в чистом виде и в смеси с дизельным топливом в зависимости от давления, температуры и объема оказывающих влияние на плотность.*

***Ключевые слова:** альтернативное топливо; смесевое топливо; элементарный объем.*

INVESTIGATION OF THE FLOW OF LIQUID ALTERNATIVE FUELS IN THE DIESEL POWER SYSTEM

Sh. V. Buzikov

*Vyatka State University
(Kirov, Russian Federation)*

***Abstract:** The article presents an overview of the use of liquid alternative fuels. A theoretical analysis of the flow rate of liquid alternative fuels in pure form and in a mixture with diesel fuel, depending on the pressure, temperature and volume that affect the density, is carried out.*

***Keywords:** alternative fuel; mixed fuel; elemental volume.*

На данный момент применяемые в дизелях топлива – это жидкие альтернативные топлива такие как растительные масла, спирты и эфиры растительных масел [1, 2]. Одним из главных преимуществ их применения является уменьшенный выброс токсичных компонентов, содержащихся в отработавших газах по сравнению с традиционным топливом [3, 4].

Основные физико-химические свойства жидких альтернативных топлив в чём-то схожи с ДТ, однако они обладают высокой или низкой вязкостью, скрытой теплотой парообразования,

высокой температурой воспламенения, низким цетановым числом, меньшей теплотворной способностью [5, 6].

Также достаточно перспективно использование в качестве топлива всевозможных смесевых топлив, получаемых путём предварительного смешивания товарного дизельного топлива (ДТ) и альтернативного [6, 7].

На данный момент времени имеется достаточный объём исследований по определению течения жидких альтернативных топлив различных составов [8, 9]. В то же самое время, учёт динамического изменения некоторых физико-механических параметров в зависимости от давления и температуры альтернативных топлив и их смесей с традиционным практически отсутствуют. В связи с этим исследование течения тех или иных жидких альтернативных топлив, а также их смесей является на сегодняшний день весьма актуальной задачей.

Рассмотрим элементарный объём топлива dV , протекающий по топливопроводу. Принимаем ограничение, что изменения данного объёма происходят только вдоль оси топливопровода, радиальные изменения отсутствуют. Запишем уравнение Ньютона для рассматриваемого элемента жидкости:

$$dS dx \rho \partial_t v(x, t) = \Delta p dS, \quad (1)$$

где $\rho(x, t)$ – плотность элементарного объёма топлива dV , кг/м³;
 Δp – разность давлений на стенки элементарного объёма, Па;

dS – площадь стенки элементарного объёма топлива dV , м²;
 dx – перемещение площади стенки элементарного объёма топлива dV , м;

$\partial_t v$ – частный дифференциал скорости перемещения от времени, м/с;

Дополним уравнение (1) уравнением неразрывности:

$$dS dx \Delta \rho = dS dx \partial_t \rho \Delta t = \Delta(\rho v) dS \Delta t, \quad (2)$$

где $\Delta \rho$ – изменение плотности топлива, кг/м³;

$\partial_t \rho$ – частный дифференциал плотности от времени, кг/м³·с;

Δt – промежуток времени изменения, с;

$\Delta(\rho v)$ – разность произведения плотности топлива на скорость движения элементарного объёма, в начальный момент времени и конечный, кг/м²·с.

Данные уравнения (2) перепишем в дифференциальной форме:

$$\rho \partial_t v = -\partial_x p \quad (3)$$

$$\partial_t \rho = -\partial_x (\rho v) \quad (4)$$

Выражение (3) представляет собой часть уравнения Навье-Стокса, выражение (4) – уравнение неразрывности.

Выражение (3) примерно справедливо в пренебрежение вязкости и для очень малых скоростей.

Элементарный объём находится около состояния равновесия.

В равновесии:

$$\begin{cases} v_0 = 0 \\ \rho_0 = const \\ p_0 = const \end{cases}$$

Рассмотрим малые отклонения от равновесия, где ξ – безразмерный малый параметр, $\xi^2 \ll \xi \ll 1$:

$$\begin{cases} v = \xi \delta v \\ \rho = \rho_0 + \xi \delta \rho \\ p = p_0 + \xi \delta p \end{cases}$$

Принимаем условие что δv , $\delta \rho$ и δp – малые величины, одного порядка малости ξ . Подставляем это в выражения (4) и (5) и отбрасываем значения ξ^2 . Система уравнений будет выглядеть:

$$\rho_0 \partial_t \delta v = -\partial_x \delta p \quad (5)$$

$$\partial_t \delta \rho = -\rho_0 \partial_x (\delta v) \quad (6)$$

Считаем, что состояние элементарного объёма топлива известно, тогда можно заменить отношение малых величин на производную в состоянии равновесия:

$$\frac{\delta p}{\delta \rho} \cong \frac{\partial p}{\partial \rho}$$

Отсюда следует что:

$$\delta p = \frac{\partial p}{\partial \rho} \delta \rho$$

Производная одинакова во всех точках пространства и не меняется во времени.

Подставляя $\delta\rho$ вместо δp в выражения (5) и (6) получим:

$$\rho_0 \partial_t \delta v = - \frac{\partial p}{\partial \rho} \partial_x \delta \rho \quad (7)$$

$$\partial_t \delta \rho = - \rho_0 \partial_x (\delta v) \quad (8)$$

Величины второго порядка малости по малому параметру ξ исключены. Продифференцируем уравнение (7) по x , а уравнение (8) продифференцируем по t (применим ∂_t):

$$\rho_0 \partial_x \partial_t \delta v = - \frac{\partial p}{\partial \rho} \partial_x^2 \delta \rho$$

$$\partial_t^2 \delta \rho = - \rho_0 \partial_t \partial_x (\delta v)$$

В итоге левая часть одного уравнения с точностью до знака совпадает с правой частью второго. Приравнивая совпадающие выражения, исключаем скорость и получим волновое уравнение:

$$\partial_t^2 \delta \rho = \frac{\partial p}{\partial \rho} \partial_x^2 \delta \rho \quad (9)$$

Подставляя в него движущуюся со скоростью u волну плотности:

$$\delta \rho = f(x, u, t)$$

Получим:

$$u^2 = \frac{\partial p}{\partial \rho}.$$

Адиабатические колебания в топливопроводах проходят достаточно быстро что теплопередачей можно пренебречь, поэтому:

$$u = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_s}.$$

Переведем производную в выражении для скорости элементарного объёма топлива учитывая, что:

$$d\rho = \frac{dm}{dV},$$

где dm – масса элементарного объёма топлива, кг.

Тогда:

$$\frac{d}{d\rho} = - \frac{dV^2}{dm} \frac{d}{dV} = - \frac{dm}{\rho^2} \frac{d}{dV}.$$

Тогда:

$$\begin{aligned} u^2 &= \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_s = - \frac{dV^2}{dm} \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_s = - \frac{dV^2 \partial(p, S)}{dm \partial(V, S)} = \\ &= - \frac{dV^2 \partial(p, S) \partial(p, T) \partial(V, T)}{dm \partial(p, T) \partial(V, T) \partial(V, S)} = - \frac{dV^2 C_p}{dm C_v} \left(\frac{\partial p}{\partial V} \right)_T = \\ &= \frac{C_p}{C_v} \left(\frac{\partial p}{\partial \rho} \right)_T = \frac{C_p}{C_v} \frac{K_T}{\rho} \end{aligned} \quad (10)$$

Полученное выражение позволяет рассчитать скорость течения жидких альтернативных топлив и их смесей в топливопроводах с учётом влияния давления температуры и объёма на плотность топлива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плотников С. А., Бузиков Ш. В., Козлов И. С. Исследование работоспособности дизельной форсунки на смесевых топливах с недостаточными низкотемпературными свойствами // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 1. С. 10-16.
2. Бузиков Ш. В., Плотников С. А., Козлов И. С. Оптимизация добавки рапсового масла в смесевом топливе, применяемом в тракторных дизелях // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 5 (83). С. 72-77.
3. Бузиков Ш. В. Исследование процессов сжатия в двигателях внутреннего сгорания // В сб.: Общество. Наука. Инновации (НПК-2017). Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция. Вятский государственный университет. 2017. С. 795-801.

REFERENCES

1. Plotnikov S. A., Buzikov Sh. V., Kozlov I. S. Issledovanie rabotosposobnosti dizel'noi forsunki na smesevykh toplivakh s nedostatocnymi nizkotemperaturnymi svoistvami [Investigation of the performance of a diesel injector on mixed fuels with insufficient low-temperature properties]. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2020, no. 1, pp. 10-16.
2. Buzikov Sh. V., Plotnikov S. A., Kozlov I. S. Optimizatsiia dobavki rapsovogo masla v smesevom toplive, primeniaemom v traktornykh dizeliakh [Optimization of rapeseed oil additives in mixed fuel used in tractor diesel engines]. *Vestnik transporta Povolzh'ia*, 2020, no. 5 (83), pp. 72-77.
3. Buzikov Sh. V. Issledovanie protsessov szhatiia v dvigateliakh vnutrennego sgoraniia [Investigation of compression processes in internal combus-

tion engines]. Obshchestvo. Nauka. Innovatsii (NPK-2017). Viatskii gosudarstvennyi universitet, 2017, pp. 795-801.

Об авторе:

Бузиков Шамиль Викторович, заведующий кафедрой машин и технологий деревообработки ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (610000, Российская Федерация, Кировская область, г. Киров, ул. Московская, 36), кандидат технических наук, доцент, shamilvb@mail.ru.

About the author:

Shamil V. Buzikov, Head of the Department of Machinery and Woodworking Technologies, Vyatka State University (610000, Russian Federation, Kirov region, Moskovskaia, 36), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, shamilvb@mail.ru.

**СРАВНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО
СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ,
ВХОДЯЩИХ В ПРОМЫШЛЕННЫЙ УЗЕЛ
ГОРОДА ТАМБОВА**

**А. В. Рязанов¹, Е. В. Новиков²,
Л. Ю. Болтнева¹, А. О. Елисеева¹**

¹ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет
имени Г. Р. Державина»

(г. Тамбов, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(Москва, Российская Федерация)

***Аннотация:** Рассмотрен качественный и количественный состав загрязняющих атмосферу веществ, образующихся в результате функционирования ряда промышленных предприятий, входящих в состав промышленного узла города Тамбова. Показано, что имеющиеся различия в объемах загрязняющих атмосферу веществ связаны с характером и масштабами производственной деятельности.*

***Ключевые слова:** промышленное предприятие; загрязнители атмосферного воздуха; загрязнение атмосферы.*

**COMPARISON OF THE QUALITATIVE AND QUANTI-
TATIVE COMPOSITION OF ATMOSPHERIC EMISSIONS OF
THE ENTERPRISES INCLUDING IN THE TAMBOV
INDUSTRIAL HUB**

A. V. Ryazanov^a, E. V. Novikov^b, L. Yu. Boltneva^a, A. O. Eliseeva^a

^aDerzhavin Tambov State University

(Tambov, Russian Federation)

^bRussian Timiryazev State Agrarian University

(Moscow, Russian Federation)

***Abstract:** The paper considers the qualitative and quantitative composition of air pollutants formed as a result of the operation of a number of industrial enterprises that are part of the industrial hub of the city of Tambov. It is shown that*

the existing differences in the volumes of air pollutants are associated with the nature and scale of production activities.

Keywords: *industrial enterprise; atmospheric air pollutants; air pollution*

Образование загрязнителей атмосферного воздуха, на предприятиях составляющих Тамбовский промышленный узел, связано с производственной деятельностью. Характером реализуемых технологических процессов обусловлен и их состав. Так механическая обработка и шлифовка металлов приводят к образованию пылеобразных частиц металлов и их оксидов, а также частиц абразивных материалов. Нанесение лакокрасочных покрытий сопровождается выделением паров органических растворителей.

По количеству выделяющихся аэрозольных, паро- и газообразных веществ, также имеются серьезные различия, связанные с характером и масштабом производственной деятельности.

Количественное соотношение массы, поступающих в атмосферу загрязняющих веществ, приведено на диаграмме (рисунок 1).

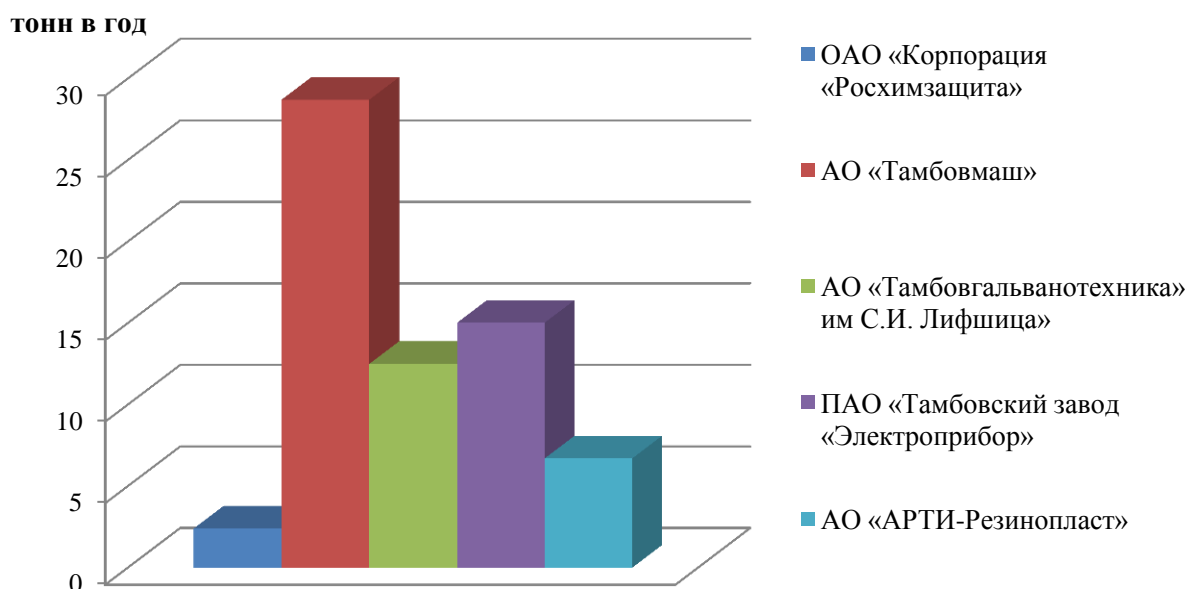


Рисунок 1 – Количество выделяющихся в атмосферу загрязняющих веществ на ряде предприятий Тамбовского промышленного узла

На диаграмме не отражено количество загрязнителей, образующихся вследствие функционирования филиала ПАО «Квадра» – «Тамбовская генерация» (Тамбовская ТЭЦ). Это связано с тем, что их количество в 17,5 раз превышает суммарный выброс остальных рассмотренных предприятий. Кроме того, не рассмотрены выбросы в атмосферу, образующиеся в результате производственной деятельности ПАО «Пигмент». Данное предприятие не придает публичной огласке свою природоохранную документацию. Однако если судить по отчету о состоянии окружающей среды на территории региона выбросы данного предприятия должны составлять менее 300 тонн в год.

Из представленных на диаграмме предприятий наибольшее количество загрязняющих веществ приходится АО «Тамбовмаш», наименьшее на ОАО «Корпорация «Росхимзащита» [1]. Это напрямую связано с масштабами их производственной деятельности. Оставшиеся предприятия занимают промежуточное положение [2].

Кроме валового выброса интерес представляет и количественное соотношение загрязнителей согласно классам опасности. На рисунке 2 представлена диаграмма, отражающая количество поступающих загрязнителей 1 и 2 классов опасности, то есть представляющих наибольшую угрозу для окружающей среды и здоровья населения.

Из диаграммы следует, что наименьшее количество опасных загрязнителей образуется в результате деятельности ОАО «Корпорация «Росхимзащита» и Филиала ПАО «Квадра» – «Тамбовская генерация». Для первого не характерны масштабные производственные процессы и соответственно образование значительного количества загрязняющих веществ, в том числе и высокоопасных. На предприятиях энергетики опасным загрязнителем, образующимся при сжигании топлива, является бенз/а/пирен. Его количество напрямую зависит от вида топлива и особенностей организации процесса его сжигания. Использование в качестве топлива природного газа уменьшает количество образующегося токсиканта. Кроме того, выброс через высокую трубу способствует рассеиванию загрязнителей и уменьшению приземных концентраций [3].

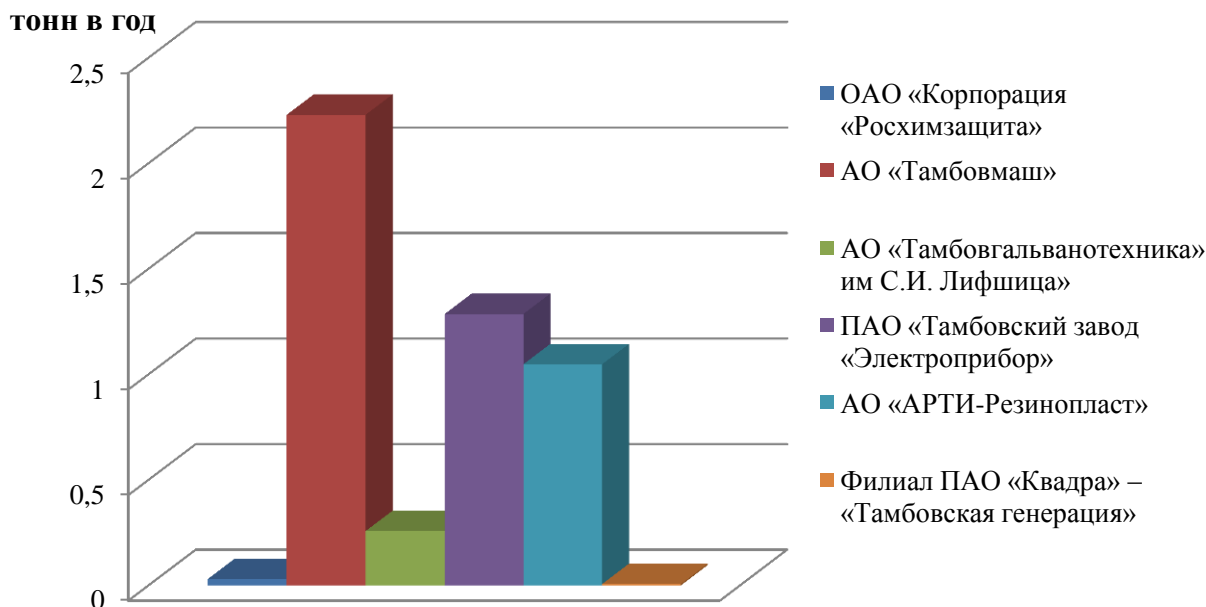


Рисунок 2 – Количество выделяющихся в атмосферу загрязняющих веществ 1-2 классов опасности на ряде предприятий Тамбовского промышленного узла

Так как опасные загрязнители составляют незначительную часть в общем объеме выбрасываемых в атмосферу веществ, то распределение массы менее опасных загрязнителей 3-4 классов опасности будет в целом соответствовать картине валового выброса, изображенной на рисунке [4].

Таким образом, даже при условии относительно небольших масштабов производственной деятельности, предприятия, входящие в состав Тамбовского промышленного узла, представляют угрозу для состояния окружающей среды и здоровья населения города.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рязанов А. В., Попова Е. С. ОАО «Корпорация «РОСХИМЗАЩИТА» г. Тамбов как источник загрязнения приземного слоя атмосферы // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2014. Т. 19. № 1. С. 287-290.
2. Рязанов А. В. Экологические аспекты функционирования ОАО «Тамбовский завод «Электроприбор» // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2011. Т. 16. № 2. С. 627-629.

3. Рязанов А. В., Можаров А. В., Завершинский А. Н. Некоторые экологические аспекты функционирования Тамбовского промышленного узла // Вестник «Биомедицина и социология». Выпуск 4. № 3. 2019. С. 16-21.

4. Рязанов А. В. Экологическая обстановка в Тамбовской области // В сб.: Современное состояние, проблемы и перспективы исследований в биологии, географии и экологии. Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию естественно-географического факультета РГУ имени С. А. Есенина и 90-летию со дня рождения профессора Леопольда Васильевича Викторова. Под редакцией А. В. Водорезова. 2019. С. 124-127.

REFERENCES

1. Riazanov A. V., Popova E. S. ОАО «Korporatsiia «Roskhimzashchita» Tambov kak istochnik zagriazneniia prizemnogo sloia atmosfery [JSC «Corporation» Roskhimzaschita Tambov as a source of pollution of the near-earth layer of the atmosphere]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2014, 19, no. 1, pp. 287-290.

2. Riazanov A. V. Ekologicheskie aspekty funktsionirovaniia ОАО «Tambovskii zavod «Elektropribor» [Environmental aspects of the functioning of JSC «Tambov plant Elektropribor»]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2011, 16, no. 2. pp. 627-629.

3. Riazanov A. V., Mozharov A. V., Zavershinskii A. N. Nekotorye ekologicheskie aspekty funktsionirovaniia Tambovskogo promyshlennogo uzla [Some ecological aspects of the functioning of the Tambov industrial hub]. *Vestnik «Biomeditsina i sotsiologiya»*, issue 4, no. 3, 2019, pp. 16-21.

4. Riazanov A. V. Ekologicheskaiia obstanovka v Tambovskoi oblasti [The ecological situation in the Tambov region]. *Sovremennoe sostoianie, problemy i perspektivy issledovaniia v biologii, geografii i ekologii*. Ed. A. V. Vodorezova, 2019, pp. 124-127.

Об авторах:

Рязанов Алексей Владимирович, доцент кафедры экологии и природопользования ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», г. Тамбов, Российская Федерация (392000 г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33), кандидат химических наук, доцент, ryazanov-aw@yandex.ru.

Новиков Евгений Валерьевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент.

Болтнева Лилия Юрьевна, магистрант ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», г. Тамбов, Российская Федерация (392000 г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33), LiKa_6832@mail.ru.

Елисеева Анна Олеговна, магистрант ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина», г. Тамбов, Российская Федерация (392000 г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33), anna-eliseeva-96@mail.ru.

About the authors:

Alexey V. Ryazanov, associate professor of the Department of Ecology and Environmental, Derzhavin Tambov State University (392000 Tambov, Internationalnaya street, 33), ryazanov-aw@yandex.ru.

Evgeny V. Novikov, Associate Professor of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor.

Liliya Y. Boltneva, undergraduate, Derzhavin Tambov State University (392000 Tambov, Internationalnaya street, 33), LiKa_6832@mail.ru.

Anna O. Eliseeva, undergraduate, Derzhavin Tambov State University (392000 Tambov, Internationalnaya street, 33), anna-eliseeva-96@mail.ru.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРООБЪЁМНОЙ ПЕРЕДАЧИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ ВЫСОКОЙ ПРОХОДИМОСТИ

А. Ю. Барыкин¹, Д. И. Нуретдинов¹, А. А. Малаховецкий²

¹*Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (г. Набережные Челны, Российская Федерация)*

²*Филиал ВА МТО в г. Омске (г. Омск, Российская Федерация)*

***Аннотация.** Статья посвящена вопросам выбора системы управления движением применительно к транспортному средству высокой проходимости. Показана актуальность исследования эксплуатационных параметров гидрообъемной передачи с целью использования её в приводе. Дан краткий анализ преимуществ и недостатков распределения крутящих моментов для бортовой схемы трансмиссии. Описана математическая модель рабочих процессов гидрообъемной передачи, применяемой в трансмиссии транспортного средства высокой проходимости.*

***Ключевые слова:** транспортное средство; вездеход; трансмиссия; гидрообъемная передача; гидронасос; гидромотор; управляемость; бортовой привод.*

RELEVANCE OF APPLICATION OF HYDRAULIC VOLUME TRANSMISSION IN THE CONTROL SYSTEM OF HIGH PERFORMANCE TRANSPORT VEHICLES

A. Yu. Barykin¹, D. I. Nuretdinov¹, A. A. Malakhovetski²

¹*Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University*

(Naberezhnye Chelny, Russian Federation)

²*Branch Military Logistics Academy (Omsk, Russian Federation)*

***Annotation.** The article is devoted to the issues of choosing a traffic control system in relation to a high-traffic vehicle. The relevance of the study of the operating parameters of the hydrostatic transmission for the purpose of using it in the drive is shown. A brief analysis of the advantages and disadvantages of torque*

distribution for the on-board transmission scheme is given. A mathematical model of the working processes of a hydrostatic transmission used in the transmission of a high cross-country vehicle is described.

Keywords: *vehicle; all-terrain vehicle; transmission; hydro-volumetric transmission; hydraulic pump; hydraulic motor; controllability; onboard drive.*

К транспортным средствам высокой проходимости, применяемым в отечественном народном хозяйстве, предъявляется ряд требований. Среди них, помимо возможности движения по деформируемым грунтам и пересечённой местности, необходимо выделить управляемость, которая существенно зависит от конструктивной схемы трансмиссии.

Достаточно распространённой является бортовая схема распределения мощности, которая обеспечивает ряд преимуществ при эксплуатации в сложных условиях [1]. При этом тип привода, обеспечивающий передачу крутящих моментов к движителю, может быть различным. Чаще используется механический привод, обладающий высокой надёжностью и безотказностью. К его недостаткам следует отнести высокую металлоёмкость, габаритные размеры узлов и массу, необходимость поиска компоновочного решения для размещения агрегатов привода в достаточно малом пространстве.

Одним из альтернативных вариантов является применение гидрообъёмного (гидростатического) привода (ГОП). Работы по применению ГОП на колёсных и гусеничных машинах проводились во второй половине XX века в ряде стран. В США и Швеции машины с ГОП производились серийно [3]. В настоящее время на АО «Ремдизель» (Набережные Челны) проводятся мероприятия по разработке и эксплуатационным испытаниям ГОП в механизме поворота лёгкого многоцелевого шасси МТ-ЛБ с заменой силового агрегата ЯМЗ-238 на двигатель КАМАЗ 740.50-360. Данный тягач использовался с 1980-х гг. в народном хозяйстве как легкий многоцелевой вездеход, применяемый в условиях Сибири и Крайнего Севера. В модернизированной машине МТ-ЛБ использована схема с полнопоточной гидростатической трансмиссией и двумя автономными насосными станциями, обеспечивающими привод бортов.

К основным достоинствам ГОП можно отнести бесступенчатую работу при изменении режима движения и высокую гиб-

кость размещения узлов при компоновке. Плавное и непрерывное изменение крутящего момента в приводе обеспечивает высокие показатели проходимости и управляемости. Лёгкость изменения конфигурации привода повышает эффективность компоновочных решений трансмиссии и системы управления.

Кроме того, использование ГОП обеспечивает высокую мобильность машины и удобство управления благодаря реверсивности конструкции, возможности изменения режима движения за счёт регулирования параметров привода. Следует отметить также надёжную работу привода при движении с малой скоростью, что особенно важно для машин высокой проходимости.

Однако у ГОП есть и существенные недостатки. Наиболее важным из них является ограниченный КПД в части рабочего диапазона (по данным работы [2], КПД привода серийно производившихся машин составлял 0,75...0,85, в более поздней работе [3] приводится диапазон значений КПД гидрообъёмной трансмиссии 0,85...0,89 без учёта потерь на подпитывающий привод гидронасоса и потери в трубопроводах).

Кроме того, по данным [2], в зависимости от выбранной величины рабочего давления в приводе, необходимо считаться либо с увеличением массогабаритных показателей (при давлении 10...15 МПа и менее), либо с затратами на эффективные уплотнения и другие мероприятия по обеспечению герметичности надёжности работы (при давлении до 28...35 МПа). В [3] приводятся значения удельной массы гидроагрегата в диапазоне 2...5 кг/кВт. Однако в работе [4] указано, что современные конструкции ГОП имеют приемлемые массогабаритные показатели. Например, при давлении 20...25 МПа удельная масса насоса составляет 0,2...0,3 кг/кВт, что отмечается в работе [4] как основное преимущество ГОП.

Известны различные схемы применения ГОП в трансмиссии транспортных средств [2, 5, 7]. Возможно применение одного гидронасоса и одного гидромотора, соединённых последовательно и осуществляющих привод движителей через механическую часть трансмиссии (центральные конические и бортовые редукторы, механизмы поворота и др.). В этом случае каждый гидроагрегат воспринимает максимальную мощность двигателя.

Для совершенствования указанной схемы предпринимались конструктивные меры по распределению потоков мощности. Из-

вестны схемы с двух- и трёхпоточным распределением мощности (т. н. дифференциальные ГОП), где гидроагрегаты действуют параллельно со сквозной механической связью двигателя и движителей. Это позволяет уменьшить размеры и массу гидроагрегатов, повысить общий КПД трансмиссии, однако заметно усложняет конструкцию и техническое обслуживание.

Наиболее эффективным представляется вариант с увеличением числа гидроагрегатов для выполнения функций распределения мощности по движителям и управления движением машины. Возможно применение двух, четырёх и более гидромоторов в зависимости от выбранной схемы привода движителей (бортовой или индивидуальной). Анализ показывает, что в этом случае одновременно реализуются режимы плавного бесступенчатого изменения передаваемой мощности и радиусов поворота машины.

Развитием данной схемы является вариант с одним гидронасосом и двумя или более гидромоторами, позволяющий приводить в движение несколько движителей (ведущих колёс, опорных катков). Такая конструкция, в частности, применяется специалистами АО «Ремдизель» для лёгкого многоцелевого шасси МТ-ЛБ (один гидронасос и два гидромотора). Достоинством данной схемы является возможность ступенчатого регулирования режимов движения без изменения положения регулирующих органов гидронасоса и гидромотора (за счёт изменения распределительным краном типа соединения моторов на последовательное, параллельное или параллельно-последовательное). Данная конструкция также позволит избежать установки дополнительных механических узлов, которые невозможно разместить в ограниченном пространстве трансмиссионного отделения, обеспечить бесступенчатый поворот как на ускоренном, так и на замедленном режимах движения. Этот вариант также отличается незначительной стоимостью и сроками реализации, не потребует значительных трансформаций МТ-ЛБ.

Однако, как и в первом варианте, гидронасос воспринимает максимальную мощность двигателя, что приводит к увеличению его массово-геометрических параметров. В данной схеме также ограничены возможности бесступенчатого регулирования соотношения скоростей бортовых движителей при повороте машины.

Нагружение ГОП рассматривается для схемы с двумя гидронасосами и двумя гидромоторами, полностью заменяющими механические агрегаты трансмиссии (рисунок 1). Данная схема в наилучшей степени реализует функции управления движением транспортного средства. Обычные линии указывают на механические связи в трансмиссии, линии со стрелками – на гидравлические связи.

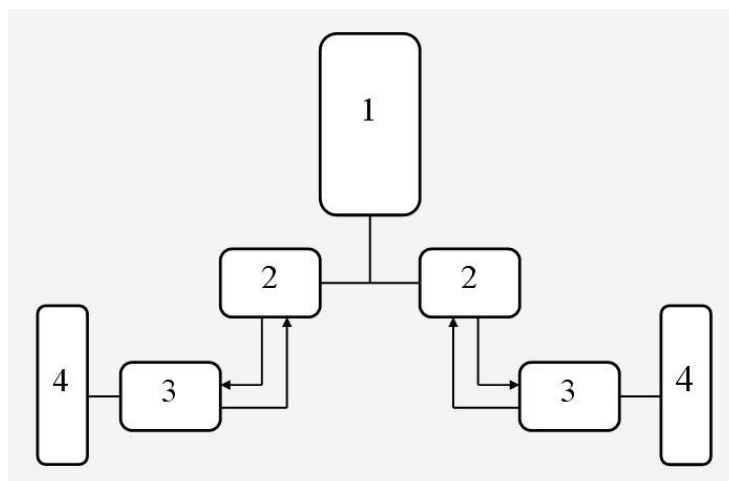


Рисунок 1 – Структурная схема ГОП: 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – гидронасосы; 3 – гидромоторы; 4 – ведущие колёса

Схема с отдельной ГОП в каждой бортовой ветви позволяет обеспечить автоматическое регулирование процесса поворота как по величине радиуса поворота, так и по соотношению скоростей отстающего и забегающего бортов. Меняя передаточные числа в каждой ГОП по заданному закону (затормаживая ГОП борта), можно получить любое соотношение скоростей движения бортовых движителей. Как указано в работе [2], такой конструктивный вариант позволяет упростить механическую часть трансмиссии (исключить некоторые фрикционные механизмы). Но при всех достоинствах данной схемы у нее есть значительный недостаток такой как невозможность применения ее на уже существующих образцах гусеничной техники без глубокой модернизации и внесения в трансмиссию значительных конструктивных изменений, что в свою очередь может привести к значительному увеличению трудозатрат и стоимости модернизации.

Выводы:

1. Для применения в трансмиссии легкой вездеходной машины наиболее рациональным является вариант конструкции с одним гидронасосом и двумя гидромоторами.

2. Схема с одним гидронасосом и двумя гидромоторами обеспечивает возможность плавного регулирования режимов движения и управления поворотами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. – М. : Машиностроение, 1989. 312 с.

2. Расчёт и конструирование гусеничных машин / Н. А. Носов, В. Д. Галышев, Ю. П. Волков, А. П. Харченко. Ленинград : Машиностроение, 1972. 560 с.

3. Оsepчугов В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета : учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство». М. : Машиностроение, 1989. 304 с.

4. Селифонов В. В. Автоматические системы автомобиля : учебник для вузов. М. : ООО «Гринлайт», 2011. 312 с.

5. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод / Под ред. В. Н. Прокофьева. М. : Машиностроение, 1969.

6. Barykin, A. Yu., Takhaviev, R.Kh., Samigullin, A.D. The research of thermal processes of the automobile chassis // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2018. Vol. 8, Special Issue 8, Oct 2018, 458-464.

7. Вездеходные транспортно-технологические машины. Основы теории движения / Под общ. ред. В. В. Белякова и А. П. Куляшова. Нижний Новгород : ТАЛИАМ, 2004. 961 с.

REFERENCES

1. Platonov V. F. Polnoprivodnyye avtomobili. [All-wheel drive vehicles]. Moscow, Mashinostroenie, 1989, 312 p.

2. Nosov N. A., Galyshev V. D., Volkov Yu. P., Kharchenko A. P. Raschet i konstruirovaniye gusenichnykh mashin [Calculation and design of caterpillar machines]. Leningrad, Mashinostroenie, 1972. 560 p.

3. Osepchugov V. V., Frumkin A. K. Avtomobil': Analiz konstruktsii, elementy rascheta [Automobile: Analysis of structures, elements of calculation]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 304 p.

4. Selifonov V. V. Avtomaticheskie sistemy avtomobilia [Automatic systems of the automobile]. Moscow, Grinlait, 2011. 312 p.

5. Aksial'noporshnevoi reguliruemyi gidroprivod [Axial-piston adjustable

hydraulic drive]. Ed. V. N. Prokof'ev. Moscow, Mashinostroenie, 1969.

6. Barykin A.Yu., Takhaviev R.Kh., Samigullin A.D. The research of thermal processes of the automobile chassis [The research of thermal processes of the automobile chassis]. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 2018, vol. 8, special issue 8, pp. 458-464.

7. Vezdekhodnye transportno-tekhnologicheskie mashiny. Osnovy teorii dvizheniia [All-terrain transport and technological machines. Fundamentals of the theory of motion]. Ed. V. V. Beliakov, A. P. Kuliashov. Nizhnii Novgorod, TALAM, 2004, 961 p.

Об авторах:

Барыкин Алексей Юрьевич, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), кандидат технических наук, доцент, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8552-1451>, AJBarykin@kpfu.ru.

Нуретдинов Дамир Имамутдинович, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2455-0563>, DINuretdinov@kpfu.ru.

Малаховецкий Алексей Андреевич, адъюнкт Омского филиала военной академии МТО (644098, г. Омск, п. Черёмушки, 14 военный городок), mormosets@mail.ru.

About the authors:

Alexey Yu. Barykin, associate professor of the Department of Road Transport Operations, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8552-1451>, AJBarykin@kpfu.ru.

Damir I. Nuretdinov, associate professor of the Department of Road Transport Operations, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2455-0563>, DINuretdinov@kpfu.ru.

Alexey A. Malakhovetskii, graduated in a military academy, Branch Military Logistics Academy (644098, Omsk, Cheryomushki village, 14 military town), mormosets@mail.ru.

УДК 330.3

СОВРЕМЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА КАК ДРАЙВЕР РАЗВИТИЯ АПК

Ю. С. Коротких

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы современных интеллектуальных технологий, применяемых в сельском хозяйстве как в России, так и за рубежом. Автор рассматривает вопрос применения цифровых технологий в сельском хозяйстве и каковы перспективы перехода к цифровизации.*

***Ключевые слова:** сельское хозяйство; сельскохозяйственная техника; цифровизация; интеллектуализация; инновационные технологии; беспилотные летательные аппараты; IT-технологии; урожай.*

MODERN AGRICULTURAL MACHINERY AS A DRIVER OF THE DEVELOPMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Yu. S. Korotkikh

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The article deals with the issues of modern intellectual technologies used in agriculture both in Russia and abroad. The author examines the issue of using digital technologies in agriculture and what are the prospects for the transition to digitalization.*

***Keywords:** agriculture; agricultural machinery; digitalization; intellectualization; innovative technologies; unmanned aerial vehicles; IT technologies; harvest.*

В сельском хозяйстве за последние годы наблюдается увеличение спроса на цифровые технологии и «умное сельское хозяйство». Однако, если 70 % фермерских хозяйств Западной Европы, Канады и США уже применяют интеллектуальные техно-

логии для сельского хозяйства, то доля хозяйств в России, которые используют интернет, точное земледелие не достигает 10 %. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, наша страна занимает 15 место в мире по уровню цифровизации сельского хозяйства [1].

Для достижения роста доходности и устойчивого развития сельского хозяйства агробизнесу важно максимально использовать инновационные технологии.

Новые подходы и направления такие как «Интеллектуальное сельское хозяйство», «Прецизионное земледелие», «Разумное земледелие», цифровизация в сельском хозяйстве базируются на применении современных автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами, глобальных систем позиционирования, информационных технологий и других инновационных цифровых устройств.

Современная сельскохозяйственная техника на сегодняшний день базируется на применении современных информационных технологий, автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами [1].

Технологии сельского хозяйства с поддержкой данных включают в себя сенсоры, коммуникации, связь, хранение данных, агрегацию и аналитику, IT-технологии и мобильные платформы. В настоящее время на российском рынке нет комплексных IT-технологий, которые имеют отработанность и могут быть массово внедрены в каждое хозяйство, кроме того, имеющиеся цифровые технологии часто решают узкие точечные задачи в пределах одной организации, а не региона.

Цифровизация и интеллектуализация сельскохозяйственной техники является драйвером для роста продуктивности сельского хозяйства.

В настоящее время интеллектуализация в сельском хозяйстве применяется в следующем: в конструкции сельскохозяйственных машин, в системах параллельного вождения, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), интернете вещей и мобильных приложениях.

Современные тракторы оснащены системой интеллектуализации с целью повышения технико-экономических и экологиче-

ских показателей, улучшению управления техникой и созданию комфортных условий работы труда механизаторам.

Специальные программы, заложенные в конструкцию тракторов способны анализировать информацию о соответствии заданным технико-технологическим параметрам выполняемого процесса в режиме реального времени. Они подают команды для коррекции работы рабочих органов, агрегата в целом, а также на сервер по продолжению работ или проведение соответствующих регламентов.

Неоднородный рельеф с различным типом почв, влажности, уплотнения и т. п., где приходится использовать почвообрабатывающую технику, требует различной глубины его обработки. Измерение подобных показателей почв с высокой точностью возможно определять лишь в режиме реального времени. В настоящее время сельхозтоваропроизводители имеют возможность использовать почвообрабатывающую технику, способную в режиме реального времени определить соответствующие параметры почвы и отправлять данные на компьютер, который использует их для регулирования рабочей глубины [2].

При увеличении ширины захвата плугов увеличивается ширина Z-образной необработанной полосы которая формируется в конце гона в момент подъема плуга и выглубления корпусов при развороте пахотного агрегата. Современные электрогидравлические системы способны управлять положением каждого корпуса плуга в соответствии с данными GPS о местонахождении агрегата. Система автоматически выглубляет и заглубляет корпуса плуга в конце гона, в результате чего создается прямой контур участка вдоль границ поля. Данная система облегчает все последующие технологические операции и снижает нагрузку на механизатора.

Благодаря использованию автоматизированных систем в посевных комплексах удастся учитывать изменения плотности и структуры почвы и в режиме реального времени реагировать изменением давления на сошники с помощью гидравлических систем, что позволяет выдерживать глубину заделки и точность распределения семян.

Применение на сельскохозяйственных машинах для внесения удобрений и средств защиты растений компьютерных систем

автоматизированного контроля и управления позволяет минимизировать пропуски и двойное внесение, осуществлять неисправности рабочих органов, увеличить коэффициент загрузки техники в силу отсутствия зависимости работы техники от погодных условий [3].

На рисунке 1 представлен рейтинг востребованности цифровых технологий в сельском хозяйстве.



Источник: составлено ФГБОУ ВО КубГАУ на основе результата опроса сельскохозяйственных товаропроизводителей

Рисунок 1 – Рейтинг востребованности цифровых технологий в сельском хозяйстве, балл (0-100)

Кроме систем интеллектуализации на современной сельскохозяйственной технике, в сельском хозяйстве активно внедряются цифровые технологии сбора, агрегации и анализа данных, формирование единой базы данных.

Инновационные технологии такие как искусственный интеллект, компьютерное зрение и машинное обучение, осуществляемые с помощью беспилотных летательных аппаратов (дронов), позволяют своевременно и точно решать проблемы плохих всходов, недостаточной зеленой массы, выявлять очаги распро-

странения болезней и вредителей, прогнозировать с достаточно высокой степенью точности урожай [4].

Цифровизация в сельском хозяйстве позволяет создавать сложные автоматизированные производственно-логистические цепочки, охватывающие розничные сети, оптовые торговые компании, логистику, сельхозтоваропроизводителей и их поставщиков в единый процесс с адаптивным управлением.

Несмотря на интенсивное внедрение в последний год цифровых технологий в сельское хозяйство, полностью перевести аграрное производство на удаленное цифровое производство не представляется возможным, в силу специфики отрасли, так как вся основная работа проходит в полях.

Поэтому дальнейшую цифровизацию агропромышленного комплекса необходимо проводить в симбиозе между он-лайн (технологическими решениями) и оф-лайн (работа специалистов на местах в «полях»).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чутчева Ю. В., Пуляев Н. Н., Коротких Ю. С. Перспективные направления развития тягово-транспортных средств для сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2020. № 9 (279). С. 2-5.
2. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники : науч. аналит. обзор / П. И. Бурак, И. Г. Голубев, В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, В. Я. Гольдяпин. М. : ФГБНУ «Росинформгротех», 2019. 152 с.
3. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития : научн. издание / В. Ф. Федоренко, Н. П. Мишуров, Д. С. Буклагин, В. Я. Гольдяпин, И. Г. Голубев. М. : ФГБНУ «Росинформгротех», 2019. 316 с.
4. Чутчева Ю. В. Инновационно ориентированное сельское хозяйство // В сб.: Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы. Материалы IV Национальной научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 291-295.
5. Коротких Ю.С. Применение геоинформационных систем в сельском хозяйстве на территории Липецкой области // В сб.: Передовые достижения в применении автоматизации, роботизации и электротехнологий в АПК. Сборник статей научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАСХН, д.т.н., профессора И.Ф. Бородина (90 лет со дня рождения). 2019. С. 90-97.

REFERENCES

1. Chutcheva Yu. V., Pulyaev N. N., Korotkikh Yu. S. Perspektivnye napravleniia razvitiia tiagovo-transportnykh sredstv dlia sel'skogo khoziaistva [Perspective directions of development of traction vehicles for agriculture]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*, 2020, no. 9 (279), pp. 2-5.
2. Burak P. I., Golubev I. G., Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Gol'tiapin V. Ia. Sostoianie i perspektivy obnovleniia parka sel'skokhoziaistvennoi tekhniki [State and prospects of renewal of the agricultural machinery park]. Moscow, Rosinformagrotekh, 2019, 152 p.
3. Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Buklagin D. S., Gol'tiapin V. Ya., Golubev I. G. Tsifrovoe sel'skoe khoziaistvo: sostoianie i perspektivy razvitiia [Digital agriculture: state and development prospects]. Moscow, Rosinformagrotekh, 2019, 316 p.
4. Chutcheva Yu. V. Innovatsionno orientirovannoe sel'skoe khoziaistvo [Innovation-oriented agriculture]. *Aktual'nye nauchno-tekhnicheskie sredstva i sel'skokhoziaistvennyye problem*, 2020, pp. 291-295.
5. Korotkikh Yu. S. Primenenie geoinformatsionnykh sistem v sel'skom khoziaistve na territorii Lipetskoii oblasti [Application of geographic information systems in agriculture in the Lipetsk region]. *Peredovye dostizheniia v primenenii avtomatizatsii, robotizatsii i elektrotekhnologii v APK*, 2019, pp. 90-97.

Об авторе:

Коротких Юлия Сергеевна, старший преподаватель кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), korotkikh@rgau-msha.ru.

About the author:

Yulia S. Korotkikh, Senior Lecturer of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), korotkikh@rgau-msha.ru.

УДК 631.173.004.12

ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ В СИСТЕМУ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРОЦЕССА «УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ»

В. В. Карпузов

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Представлены подходы к реализации процесса управления знаниями на машиностроительных предприятиях. Подробно рассмотрено описание процесса управления знаниями, этапы реализации процесса, порядок организации деятельности по разработке и внедрению процесса в системе качества предприятия.*

***Ключевые слова:** машиностроение; система менеджмента качества; управление знаниями; описание процесса.*

TECHNOLOGY OF DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION IN THE QUALITY SYSTEM OF MACHINE-BUILDING ENTERPRISE OF THE PROCESS «KNOWLEDGE MANAGEMENT»

V. V. Karpuzov

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** Approaches to the implementation of the knowledge management process at machine-building enterprises are presented. The description of the knowledge management process, the stages of the implementation of the process, the procedure for organizing activities for the development and implementation of the process in the quality system of the enterprise are considered in detail.*

***Keywords:** mechanical engineering; quality management system; knowledge management; process description.*

Машиностроительные заводы России внедряют и постоянно совершенствуют системы качества по стандарту ИСО 9001 [1, 2].

Данная система отхватывает практически все процессы предприятия [3]. Как известно, культура машиностроительного производства в России достаточно низкая, изделия выходят со слабыми показателями надежности, а точность производства узлов и агрегатов, обеспечение их функциональной взаимозаменяемости – слабое [4, 5, 6]. Эти положения касаются и ремонтных предприятий, где используется старое изношенное оборудование, а надежность агрегатов после ремонта ниже, чем у новой техники [7, 8, 9].

Концепция управления базой знаний впервые реализована в пятой версии международных стандартов ИСО серии 9000 на системы менеджмента качества (СМК). В соответствии с ГОСТ Р 53894-2016 под менеджментом знаний понимается дисциплинарный подход к достижению поставленных перед организацией целей путем оптимального использования знаний. Организация должна определить знания, необходимые для функционирования ее процессов и для достижения соответствия продукции и услуг. Знания должны поддерживаться и быть доступными в необходимом объеме.

Требования в отношении знаний организации представлены в пятой версии национального стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015, поэтому реализация данного процесса на машиностроительных предприятиях не рассматривается ни в типовом проекте Росстандарта РФ, ни в методических указаниях Минпромторга [10]. В соответствии с вышеизложенным, разработка процесса управления знаниями на машиностроительных предприятиях является важной и актуальной задачей, которая повлияет и на экономические показатели [11].

Знания организации – это знания, специфичные для организации; знания, полученные в основном из опыта. Знания – это информация, которая используется и которой обмениваются для достижения целей организации.

Основой знаний изготовителей техники для АПК являются внутренние и внешние источники. К внутренним источникам относятся интеллектуальная собственность; знания, полученные из опыта; выводы, извлеченные из неудачных или успешных проектов; сбор и обмен недокументированными знаниями и опытом; результаты улучшений процессов, продукции и услуг. Примером

внешних источников являются стандарты, конференции, семинары, знания, полученные от сельхозтоваропроизводителей и внешних поставщиков.

Менеджмент знаний необходим машиностроительному предприятию, чтобы обеспечивать текущий уровень осуществления деятельности и создавать новые возможности для повышения качества изготовления и послепродажного обслуживания сельскохозяйственной техники [12]. Для этого особенно важно использовать знания в области стандартизации [13] и использовании статистических методов управления качеством [14].

В соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2015 в рамках реализации типовых подходов к созданию СМК машиностроительного предприятия разработана спецификация процесса управления знаниями (таблица).

Документированная процедура процесса управления знаниями на машиностроительном предприятии должна включать регламентацию следующих основных этапов процесса:

- планирование процесса «Управление знаниями»;
- идентификация базы знаний предприятия ТС АПК;
- обновление базы знаний предприятия;
- хранение базы знаний;
- обмен знаниями;
- применение базы знаний;
- формирование персональных способностей к знаниям;
- анализ и оценка результативности процесса;
- корректировка и улучшение менеджмента знаний.

Таблица 1 – Описание элементов процесса «Управление знаниями» для СМК машиностроительного предприятия

Код процесса	П. ИСО 9001	Наименование процесса
СТО СМК ХХ–2021	7.1.6	Управление знаниями
Определение процесса		Цель процесса
Идентификация, обновление, хранение базы знаний, обмен, применение базы знаний и формирование персональных способностей к знаниям для под-		Установление единого порядка планирования, обеспечения, управления и улучшения знаний предприятия с целью повышения качества изготовления сельскохозяйственных машин

держания и улучшения процессов СМК	
Владелец процесса	Руководитель процесса
Представитель руководства по качеству	Руководитель службы качества
Потребители процесса	Выходы процесса
Сельхозтоваропроизводители, подразделения и персонал предприятия	Актуализированная, документированная и результативно функционирующая база знаний, ориентированный на знания персонал
Поставщики процесса	Входы процесса
Внешние организации, подразделения предприятия, потребители	Требования сельхозтоваропроизводителей внешних поставщиков, результаты анализа деятельности подразделений и процессов СМК, выявленное несоответствие, результаты аудитов
Требования к входам	Требования к выходам
Полнота и правильность данных, систематизация знаний	Идентификация, структуризация, кодификация знаний, обеспечение доступа к знаниям, защита знаний от внешних и внутренних угроз
Ресурсы процесса	Этапы процесса
Инфраструктура, финансы, персонал, оборудование	Планирование процесса, идентификация базы знаний, создание новой базы знаний, хранение базы знаний, обмен знаниями, применение базы знаний, формирование персональных способностей к знаниям, анализ и оценка результативности процесса, корректировка и улучшение менеджмента знаний
Измеряемые и контролируемые характеристики процесса	Методы измерения параметров процесса
Объем базы знаний, степень документирования базы знаний, количество несоответствий, выявленных при аудите	Контроль, анализ, опрос, визуальная проверка
Показатели результативности процесса	
Степень выполнения плана формирования базы знаний Количество несоответствий при аудите процесса Уровень выполнения корректирующих действий по процессу управления знаниями	

При внедрении процесса менеджмента знаний на машиностроительном предприятии по производству техники для АПК целесообразно воспользоваться рекомендациями ГОСТ Р 54875-2011.

Внедрение в СМК процесса управления знаниями следует рассматривать как предпосылку для устойчивого развития машиностроительного предприятия. Менеджмент знаний повышает возможности реагирования на внутренние и внешние риски, обеспечивает удовлетворенность потребителей, повышение результативности и эффективности процессов, качества услуг по техническому обслуживанию и ремонту техники, имиджа и престижа предприятия в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж. Управление качеством производственных процессов и систем. М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. 182 с.
2. Леонов О. А., Темасова Г. Н., Вергазова Ю. Г. Управление качеством. СПб. : Издательство «Лань», 2019. 180 с.
3. Бондарева Г. И. Построение современной системы качества на предприятиях технического сервиса // Сельский механизатор. 2017. № 8. С. 34-35.
4. Вергазова Ю. Г. Взаимозаменяемость. М. : Изд-во «Лань», 2019. 208 с.
5. Ерохин М. Н. Процентная взаимозаменяемость посадок с натягом // Вестник машиностроения. 2020. № 3. С. 41-44.
6. Ерохин М. Н. Методика расчета натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек // Вестник машиностроения. 2019. № 3. С. 41-44.
7. Ерохин М. Н. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества // Экология и сельскохозяйственная техника. материалы 4-й научно-практической конференции. 2005. С. 234-238.
8. Леонов О. А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных параметров : дис. ... докт. техн. наук : 05.20.03 / Леонов Олег Альбертович. Москва, 2004. 324 с.
9. Шкаруба Н. Ж., Вергазова Ю. Г., Антонова У. Ю. Организация и метрологическое обеспечение входного контроля на предприятиях технического сервиса. Иркутск, 2017. 122 с.
10. Леонов О. А., Карпузов В. В. Метрология, стандартизация и сертификация. М. : Издательство ООО «Реарт», 2017. 188 с.

11. Темасова Г. Н., Шкаруба Н. Ж. Экономика качества, стандартизации и сертификации. М. : ИНФРА-М, 2016. 251 с.
12. Карпузов В. В., Самордин А. Н. Методические рекомендации по созданию системы менеджмента качества на предприятии ТС АПК. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 352 с.
13. Леонов О. А., Карпузов В. В., Темасова Г. Н. Стандартизация. М. : Изд-во РГАУ МСХА, 2015. 191 с.
14. Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж., Темасова Г. Н. Статистические методы управления качеством. М. : Издательство «Лань», 2019. 144 с.

REFERENCES

1. Leonov O. A., Shkaruba N. Zh. Upravlenie kachestvom proizvodstvennykh protsessov i sistem [Quality management of production processes and systems] Moscow, RGAU-MSKHA, 2018, 182 p.
2. Leonov O. A., Temasova G. N., Vergazova Yu. G. Upravlenie kachestvom [Quality control]. Saint Petersburg, Lan', 2019, 180 p.
3. Bondareva G. I. Postroenie sovremennoi sistemy kachestva na predpriiatiakh tekhnicheskogo servisa [Construction of a modern quality system at technical service enterprises]. *Sel'skii mekhanizator*, 2017, no. 8, pp. 34-35.
4. Vergazova Yu. G. Vzaimozameniaemost' [Interchangeability]. Moscow, Lan', 2019, 208 p.
5. Erokhin M. N. Protsentnaia vzaimozameniaemost' posadok s natiagom [Percentage interchangeability of fit-docks with interference]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2020, no. 3, pp. 41-44.
6. Erokhin M. N. Metodika rascheta natiaga dlia soedinenii rezinovykh armirovannykh manzhet s valami po kriteriiu nachala utechek [Method for calculating the tightness for joints of rubber reinforced cuffs with shafts according to the criterion of the beginning of leaks]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2019, no 3, pp. 41-44.
7. Erokhin M. N. Remont sel'skokhoziaistvennoi tekhniki s pozitsii obespecheniia kachestva [Agricultural machinery repair from the standpoint of quality assurance]. *Ekologiya i sel'skokhoziaistvennaia tekhnika*, 2005, pp. 234-238.
8. Leonov O. A. Obespechenie kachestva remonta unifitsirovannykh soedinenii sel'skokhoziaistvennoi tekhniki metodami rascheta tochnostnykh parametrov [Quality assurance of repair of unified agricultural equipment connections by methods of calculation of accuracy parameters]. Doctor's degree dissertation. Moscow, 2004. 324 p.
9. Shkaruba N. Zh., Vergazova Yu. G., Antonova U. Yu. Organizatsiia i metrologicheskoe obespechenie vkhodnogo kontroliia na predpriiatiakh tekhnicheskogo servisa [Organization and metrological support of incoming inspection at technical service enterprises]. Irkutsk, 2017, 122 p.

10. Leonov O. A., Karpuzov V. V. Metrologiia, standartizatsiia i sertifikatsiia [Metrology, standardization and certification]. Moscow, Reart, 2017, 188 p.
11. Temasova G. N., Shkaruba N. Zh. Ekonomika kachestva, standartizatsii i sertifikatsi [The economy of quality, standardization and certification]. Moscow, INFRA-M, 2016, 251 pp.
12. Karpuzov V. V., Samordin A. N. Metodicheskie rekomendatsii po sozdaniiu sistemy menedzhmenta kachestva na predpriatii TS APK [Methodological recommendations for creation of quality management system at agro-industrial complex technical service enterprise. Moscow, Rosinformagrotekh, 2014, 352 p.
13. Leonov O. A., Karpuzov V. V., Temasova G. N. Standartizatsiia [Standardization]. Moscow, RGAU-MSKHA, 2015, 191 p.
14. Leonov O. A., Shkaruba N. Zh., Temasova G. N. Statisticheskie metody upravleniia kachestvom [Statistical methods of quality management]. Moscow, Lan', 2019, 144 p.

Об авторе:

Карпузов Василий Викторович, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, vkarpuzov@rgau-msha.ru.

About the author:

Vasily V. Karpuzov, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, vkarpuzov@rgau-msha.ru.

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАБИНАХ ТРАКТОРОВ

М. А. Разаков

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет
«МЭИ»*

(г. Москва, Российская Федерация)

***Аннотация:** В работе рассмотрено состояние парка сельскохозяйственной техники в Российской Федерации. Приведены примеры снижения энергопотребления сельскохозяйственных машин за счет эффективного воздухораспределения в кабине машиниста в различные периоды года. Отмечены различные модификации данной панели ПЛИ.*

***Ключевые слова:** кабина сельскохозяйственной машины; микроклимат; тепловоздушный режим; панель пли; оптимальные параметры микроклимата.*

EFFECTIVE WAYS TO CREATE A MICRO-CLIMATE IN TRACTOR CABINS

M. A. Razakov

*National Research University «Moscow Power Engineering Institute»
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The paper examines the state of the agricultural machinery park in the Russian Federation. Examples of reducing the energy consumption of agricultural machines due to effective air distribution in the driver's cab in different periods of the year are given. Various modifications of this PLI panel are noted.*

***Key words:** cab of an agricultural machine; microclimate; warm air mode; panel plate; optimal microclimate parameters.*

Современное сельское хозяйство, как и в древние времена занимает центральную часть в жизни человечества. Без производимой сельскохозяйственной продукции (пшеница, рожь, иные сельскохозяйственные культуры и изделия и т. д.) человечество не могло бы быть на текущем уровне своего развития. Развитие машин, устройств, оборудования для обработки и производства

сельскохозяйственных товаров происходило вместе с научно-техническим прогрессом.

Сегодня сельское хозяйство это большая часть экономики со сложными техническими машинами и устройствами. На данный момент развитие данной отрасли замедляется из-за малых прямых инвестиций в производство и научно-техническую часть производства. По исследованиям ряда ученых после 2014 года в Российской Федерации от 60 до 85 % тракторного хозяйства страны имеет срок эксплуатации более 3 лет [1-3]. Постепенно они утилизируются или модернизируются, но замещение на новые машины происходит с недостаточной скоростью. Основные проблемы испытывают сельскохозяйственные (с/х) угодья, где требуются машины малой мощности (до 150 л. с.) т. к. их производство ограничено в силу ряда экономических проблем отрасли. Некоторые виды производства тракторов, например, для садоводства и виноградарства, полностью отсутствуют [3]. Для их производства необходимы крупные инвестиции денежных средств.

Данные проблемы сигнализируют конструкторам, проектировщикам, ученым о необходимости повышения срока службы и эффективности существующей с/х техники. Одним из важных показателей эффективности работы машины является комфортность микроклимата в кабине сельскохозяйственной машины. На рисунке 1 представлена кабина современной сельскохозяйственной машины (трактор или комбайн) [4].



Рисунок 1 – Кабина современной сельскохозяйственной машины

Оптимальные параметры микроклимата определяются строго индивидуально для каждого человека, но средние значения определены согласно санитарно-гигиеническим исследованиям условий труда в различных отраслях народного хозяйства в т. ч. и в агропромышленном комплексе (АПК) [5-6].

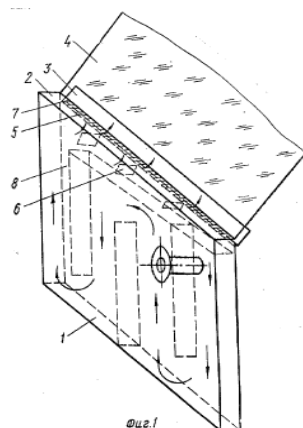
На рисунке 2 представлена кабина трактора с дополнительным люком [7].



Рисунок 2 – Кабина трактора в разобранном виде с люком для притока воздуха

В переходные периоды года (весна и осень) не рекомендуется использование люка в связи с высоким риском заболевания, связанного с мышечными или дыхательными системами человека. Использование обычных систем (особенно при высоком воздухообмене) также может привести к заболеваниям дыхательной системы водителя сельскохозяйственной машины.

Для снижения энергопотребления трактора или комбайна в переходный период возможно использование другого вида воздухораспределителя – панели ПЛИ. Для тракторов также возможно использование и в зимний период. В теплый период года панель работает в режиме охлаждения. На рисунке 3 представлена принципиальная схема данной панели [8].



**Рисунок 3 – Внешний вид охлаждающей панели ПЛИ:
1 – надувной корпус; 2 – рабочая поверхность; 3 – козырек;
4 – лобовое стекло; 5 – щель; 6 – направляющие пластины;
7 – сетка; 8 – канал**

В работе В. И. Прохорова и Л. Г. Маляренко представлен способ размещения воздухораспределителя ПЛИ и аналогов [9]. Также в данной работе представлены результаты численных моделей данной системы и аналогов в различных условиях эксплуатации. Существуют различные модификации панели ПЛИ, которые применяются для разных типов техники. В работах В. И. Прохорова, С. М. Шилклопера, Л. Г. Маляренко и других ученых приведены данные виды панелей [8, 10-12].

В статье рассмотрен эффективный способ снижения энергопотребления в кабине трактора для системы поддержания микроклимата. Данный тип энергосбережения отличается тем, что его можно использовать в любой период года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Игонин Н. В. Анализ состояния материально-технической базы АПК // В сб.: Проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса России. Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 8-ми томах. 2017. С.15-17.

2. Герасимов В. С., Соловьев Р. Ю., Игнатов В. И. Утилизация как механизм обновления машинно-тракторного парка АПК России // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 19-24.

3. Алексеев К. И. Импортзамещение на рынке сельскохозяйственной техники России // Вестник сельского развития и социальной политики. 2017. № 4 (16). С. 31-36.

4. Сайт компании «Маленькие моторы» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://small-motors.ru/ishop/333>.
5. Чертежи трактора Беларусь 80.1 (МТЗ-80) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ros-tile.ru/traktory/traktor-mtz-80-opisanie-i-harakteristik>.
6. Малышева А. Е. Гигиенические вопросы радиационного теплообмена человека с окружающей средой (Радиационное охлаждение). М. : Медгиз, 1963. 243 с.
7. Единые требования к конструкции тракторов и с.-х. машин по безопасности и гигиене труда. М. ,1967.
8. Авторское свидетельство 887277 СССР, В 60 Н 3/00. Панель для лучисто-конвективного охлаждения кабины транспортного средства / Прохоров В. И., Наумов А. Л., Шилклопер С. М.; заявитель ЦНИИПРОМЗДАНИЯ. № 2776503/27-11 ; заявл. 05.06.1979; опубл. 07.12.1981, Бюл. № 45.
9. Маляренко Л. Г., Прохоров В. И. Устройство для распределения приточного воздуха в кабинах тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1972. № 2. С. 8-10.
10. Авторское свидетельство 255524 СССР, F 24 F 13/06. Панель ПЛИ / Прохоров В. И. № 837847/29-14 ; заявл. 01.01.1969; опубл. 28.11.1972. Бюл. № 36.
11. Авторское свидетельство 678259 СССР, F 24 F 13/06. Панель / Прохоров В. И., Маляренко Л. Г., Наумов А. Л., Страшевский А. В., Шилклопер С. М., Шляпкина Н. Н.; заявитель ЦНИИПРОМЗДАНИЯ. № 2593713/29-06 ; заявл. 23.03.1978; опубл. 05.08.1979, Бюл. № 29.
12. Авторское свидетельство 522378 СССР, F 24 F 13/06. Панель / Прохоров В. И., Щельцына О. Н., Песков О. Е., Маляренко Л. Г.; заявители Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений и Государственный союзный научно-исследовательский тракторный институт. № 1980291/06 ; заявл. 27.12.1973; опубл. 25.07.1976, Бюл. № 27.

REFERENCES

1. Igonin N. V. Analiz sostoianii material'no-tekhnicheskoi bazy APK [Analysis of the state of the material and technical base of the agro-industrial complex]. *Problemy i perspektivy razvitiia agropromyshlennogo kompleksa Rossii*. 2017, pp.15-17.
2. Gerasimov V. S., Solov'ev R. Yu., Ignatov V. I. Utilizatsiia kak mekhanizm obnovleniia mashinno-traktornogo parka APK Rossii [Utilization as a mechanism for renewing the machine and tractor fleet of the agro-industrial complex of Russia]. *Trudy GOSNITI*, 2014, vol. 115, pp. 19-24.

3. Alekseev K. I. Importozameshchenie na rynke sel'skokhoziaistvennoi tekhniki Rossii [Import substitution in the market of agricultural machinery in Russia]. *Vestnik sel'skogo razvitiia i sotsial'noi politiki*, 2017, no. 4 (16), pp. 31-36;
4. Sait kompanii «Malen'kie motory» [Website of the company «Small motors»]. Available at: <http://small-motors.ru/ishop/333>.
5. Chertezhi traktora Belarus' 80.1 (MTZ-80) [Drawings of the tractor Belarus 80.1 (MTZ-80)]. Available at: <https://ros-tile.ru/traktory/traktor-mtz-80-opisanie-i-harakteristik>.
6. Malysheva A. E. Gigienicheskie voprosy radiatsionnogo obmena cheloveka s okruzhaiushchei sredoi [Hygienic issues of radiation exchange between humans and the environment]. Moscow, Medgiz, 1963, 243 p.
7. Edinye trebovaniia k konstruksii traktorov i s.-kh. mashin po bezopasnosti i gigiene truda [Uniform requirements for the design of tractors and agricultural machines for occupational safety and health]. Moscow, 1967.
8. Copyright certificate 887277 Soviet Union, B 60 H 3/00. Panel for radiant-convective cooling of the vehicle cab / Prokhorov V. I., Naumov A. L., Shilkloper S. M. No. 2776503; appl. 05.06.1979; publ. 07.12.1981. Bulletin No. 45.
9. Maliarenko L. G., Prokhorov V. I. Ustroistvo dlia raspredeleniia pritochnogo vozdukha v kabinakh traktorov [A device for distributing supply air in the cabs of tractors]. *Traktory i sel'skokhoziaistvennye mashiny*, 1972, no. 2, pp. 8-10.
10. Copyright certificate 255524 Soviet Union, F 24 F 13/06. Panel PLI / Prokhorov V. I. No. 1980291/06; appl. 27.12.1973; publ. 25.07.1976, Bulletin No. 27.
11. Copyright certificate 678259 Soviet Union, F 24 F 13/06. Panel / Prokhorov V. I., Maliarenko L. G., Naumov A. L., Strashevskii A. V., Shilkloper S. M., Shliapkina N. N. No. 2593713/29-06; appl. 23.03.1978; publ. 05.08.1979. Bulletin No. 29.
12. Copyright certificate 522378 Soviet Union, F 24 F 13/06. Panel / Prokhorov V. I., Shchel'tsyna O. N., Peskov O. E., Maliarenko L. G. No. 1980291/06; appl. 27.12.1973; publ. 25.07.1976. Bulletin No. 27.

Об авторе:

Разakov Мухаммет Азатович, аспирант ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (111250, Российская Федерация, г. Москва, Красноказарменная улица, дом 14), RazakovMA@mpei.ru.

About the author:

Mukhammet A. Razakov, graduate student, National Research University «Moscow Power Engineering Institute» (111250, Russian Federation, Moscow, Krasnokazarmennaya Street, 14), RazakovMA@mpei.ru.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОЦЕНКА ВНЕШНИХ ПОТЕРЬ ДЛЯ ДИЛЕРСКИХ ЦЕНТРОВ ПО РЕМОНТУ ДВИГАТЕЛЕЙ ЯМЗ

Г. И. Бондарева

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»

(г. Москва, Российская Федерация)

***Аннотация:** Обосновано, что внешние потери играют существенную роль не только в затратной части, но и в плане поддержания имиджа ремонтного предприятия. Предложена методика определения внешних потерь по таким базовым элементам, как рекламации, уступки, потеря рынка.*

***Ключевые слова:** качество; брак; дефекты; отказы; внешние потери.*

CLASSIFICATION AND ASSESSMENT OF EXTERNAL LOSSES FOR YAMZ ENGINE REPAIR DEALERS

G. I. Bondareva

All-russian research institute of hydraulic engineering

and land reclamation named after A. N. Kostyakov

(Moscow Russian Federation)

***Abstract:** It has been substantiated that external losses play a significant role not only in the cost part, but also in terms of maintaining the image of the repair enterprise. A method is proposed for determining external losses by basic elements such as complaints, concessions, and market loss.*

***Keywords:** quality; marriage; defects; failures; external losses.*

Вопросы, связанные с мониторингом качества ремонта, в особенности двигателей, как сложнейших технических изделий, всегда являются актуальными из-за больших рисков [1]. На ремонтное предприятие поступают изношенные узлы и детали, называемые ремонтным фондом, где уже нарушено начальное состояние всех соединений [2]. Немаловажным моментом является изношенное технологическое оборудование и низкий уровень квалификации персонала. С точки зрения современного менедж-

мента, имеют место и организационные причины – это архаичные методы управления качеством, и отсутствие процессного подхода при организации системы качества в соответствии с международными стандартами семейства ИСО 9000 [3, 4]. Работа системы качества на предприятиях по ремонту машин не имеет существенной экономической эффективности [5]. Из-за влияния всех вышеперечисленных факторов, формируются риски появления несоответствий, которые выражаются как в виде внутренних потерь – это исправимый и неисправимый брак, так и в виде внешних потерь – отказов изделия при эксплуатации, которые порой достаточно значительны и приводят к потере потребителя услуг по ремонту машин [6]. Особую роль в появлении внешнего брака играют скрытые дефекты, которые не выявляются при сборке – это дефекты из-за низкой культуры производства. Во-первых, из-за несоблюдения норм взаимозаменяемости ответственных деталей [7, 8, 9], и, во-вторых, дефекты от применения запасных частей плохого качества, например, подшипников, гаек, болтов, и особенно уплотнений [10], когда во время эксплуатации агрегатов начинаются серьезные утечки масел. Низкий уровень метрологического обеспечения ремонтного процесса [11] и несоответствующая современным требованиям организация технических измерений на стадиях входного, производственного и приемочного контроля также вносят определенную долю в величину внешних потерь [12, 13]. В результате предъявления рекламаций, ремонтные предприятия терпят убытки из-за необходимости вторичного контроля, диагностики [14] и сбора информации об отказе [15, 16], исправлений, разборочно-сборочных работ, в то время как затраты на предупреждение дефектов почти не прослеживаются в общем объеме затрат, плохо анализируются и причины внешних потерь.

В процессе ремонта возникают общие затраты на процесс. Эти затраты можно определять, как в целом по процессу ремонта, так и по отдельным этапам работ, осуществляемым при ремонте агрегатов и сборочных единиц. В состав общих затрат, связанных с обеспечением качества продукции, входят затраты на соответствие, затраты, вызванные несоответствием и базовые затраты на процесс [17]. К затратам на соответствие можно отнести профилактические и оценочные затраты, а затратам вследствие несоот-

ветствия – издержки, вызванные дефектами. Это и есть внешние и внутренние потери.

Расчет внешних потерь ($Z_{\text{ВШП}}$) на ремонтном заводе по i -му виду изделия можно проводить по формуле:

$$Z_{\text{ВШП}} = Z_{\text{Рi}} + Z_{\text{ВИi}} + П_{\text{Уi}} + П_{\text{СРi}} + Z_{\text{ИДИi}} + И_{\text{ЮРi}}, \quad (1)$$

где $Z_{\text{Рi}}$ – потери, связанные с рекламациями i -го изделия; $Z_{\text{ВИi}}$ – потери на работы с i -ми возвращенными изделиями; $П_{\text{Уi}}$ – потери вследствие уступок; $П_{\text{СРi}}$ – потери прибыли из-за снижения спроса на ремонт, как следствие плохого качества i -х изделий; $Z_{\text{ИДИi}}$ – потери, связанные с изъятием дефектного или подозрительного i -го изделия из эксплуатации; $И_{\text{ЮРi}}$ – юридические издержки из-за низкого качества продукции i -го вида.

Оценим внешние потери от несоответствия процесса ремонта дизелей ЯМЗ 238 и 236 на предприятии ООО «МОСТЕХАВТО», таблица 1.

Таблица 1 – Градация внешних потерь при капитальном ремонте дизелей ЯМЗ

Элементы внешних потерь	Результаты оценки, руб./ед. ремонта	
	ЯМЗ-236	ЯМЗ-238
Затраты, связанные с рекламациями потребителей	480	550
Затраты на работы с возвращенными изделиями	2 310	3120
Издержки вследствие уступок	740	990
Возможная потеря продаж	1 980	2 300
Издержки вследствие изъятия	290	310
Юридические издержки вследствие низкого качества продукции	240	460
Итого, внешние потери	6 040	7730

Внешние потери на ремонтных заводах можно анализировать путем мониторинга элементов в выражении (1). На ООО «МОСТЕХАВТО» выявлено, что несоответствия по процессу ремонта дизелей в общей себестоимости ремонта имеют существенный вес. При ремонте двигателей ЯМЗ-236 внешние потери составляют 6040 руб. или 10,1 % от суммарных затрат на процесс, а для условий ремонта двигателей ЯМЗ-238 – 7730 руб. (12,4 %). Существенную долю внешних потерь составляют затра-

ты на работы с возвращенными изделиями и потери прибыли из-за потери продаж вследствие низкого качества. На ООО «МОСТЕХАВТО» требуется ввести меры по предотвращению несоответствий в производстве, необходимо провести корректирующие и предупреждающие действия, которые должны существенно уменьшить величину возвращенных двигателей после некачественного ремонта, иначе возможна полная потеря потребителей.

Таким образом, результаты оценки внутренних потерь на предприятии технического сервиса позволил выявить ряд важных проблем, решение которых позволит заводу выйти на более высокий уровень качества и снижения издержек, а также привлечь новых потребителей. В противном случае будет наблюдаться тенденция медленной потери потребителя и увеличения стоимости услуг из-за роста дополнительных расходов на внеплановые ремонты по гарантийным случаям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерохин М. Н. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества / В сб.: Экология и сельскохозяйственная техника. Материалы 4-й научно-практической конференции. 2005. С. 234-238.
2. Леонов О. А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных параметров : дис. ... докт. техн. наук : 05.20.03 / Леонов Олег Альбертович. Москва, 2004. 324 с.
3. Леонов О. А. Методика расчета эффективности функционирования системы менеджмента качества // Компетентность. 2020. № 3. С. 26-31.
4. Бондарева Г. И. Оценка экономической эффективности функционирования системы менеджмента качества на ремонтных предприятиях // Научный результат. Серия: Технология бизнеса и сервиса. 2016. Т. 2. № 1 (7). С. 51-56.
5. Бондарева Г. И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК // Сельский механизатор. 2016. № 4. С. 34-35.
6. Темасова Г. Н. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2009. № 8-1. С. 56-59.
7. Вергазова Ю. Г. Взаимозаменяемость. М. : Изд-во Лань, 2018. 208 с.

8. Ерохин М. Н. Процентная взаимозаменяемость посадок с натягом // Вестник машиностроения. 2020. № 3. С. 41-44.
9. Шкаруба Н. Ж. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа // Вестник машиностроения. 2019. № 4. С. 23-26.
10. Ерохин М. Н. Методика расчета натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек // Вестник машиностроения. 2019. № 3. С. 41-44.
11. Бондарева Г. И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса // Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 36-38.
12. Леонов О. А. Методы и средства контроля качества обработки гильз цилиндров на ремонтных машиностроительных предприятиях // Вестник машиностроения. 2020. № 6. С. 40-45.
13. 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.
14. Кравченко И. Н., Ерофеев М. Н. Техническое диагностирование и повышение качества эксплуатации машин и технологического оборудования // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2007. № 10. С. 39-42.
15. Орлов Б. Н. Обоснование объема информации для проведения экспериментальных исследований рабочих элементов машин и оборудования // Природообустройство. 2012. № 3. С. 105-108.
16. Орлов Б. Н. Математическое моделирование процесса изменения годности рабочих элементов машин и оборудования // Техника и оборудование для села. 2012. № 8. С. 36-38.
17. Темасова Г. Н., Шкаруба Н. Ж. Экономика качества, стандартизации и сертификации. М. : Изд-во Инфра-М, 2016. 251 с.

REFERENCES

1. Erokhin M. N. Remont sel'skokhoziaistvennoi tekhniki s pozitsii obespecheniia kachestva [Repair of agricultural machinery from the standpoint of quality assurance]. *Ekologiya i sel'skokhoziai-stvennaia tekhnika*, 2005, pp. 234-238.
2. Leonov O. A. Obespechenie kachestva remonta unifitsirovannykh soedinenii sel'skokhoziaistvennoi tekhniki metodami rascheta tochnostnykh parametrov [Quality assurance of repair of unified agricultural equipment connections by methods of calculation of accuracy parameters]. Doctor's degree dissertation. Moscow, 2004. 324 p.
3. Leonov O. A. Metodika rascheta effektivnosti funktsionirovaniia sistemy menedzhmenta kachestva [Methodology for calculating the effective-

ness of the functioning of the quality management system]. *Kompetentnost'*, 2020, no. 3, pp. 26-31.

4. Bondareva G. I. Otsenka ekonomicheskoi effektivnosti funktsionirovaniia sistemy menedzhmenta kachestva na remontnykh predpriatiiakh [Assessment of the economic efficiency of the functioning of the quality management system at repair enterprises]. *Nauchnyi rezul'tat. Seriya: Tekhnologiya biznesa i servisa*, 2016, vol. 2, no. 1 (7), pp. 51-56.

5. Bondareva G. I. Effektivnost' vnedreniia sistemy kachestva na predpriatiiakh tekhnicheskogo servisa APK [The effectiveness of the implementation of the quality system at the enterprises of the technical service of the agro-industrial complex]. *Sel'skii mekhanizator*, 2016, no. 4, pp. 34-35.

6. Temasova G. N. Organizatsiia sistemy kontrolya zatrat na kachestvo na predpriatiiakh tekhnicheskogo servisa APK [Organization of the quality control system at the enterprises of the technical service of the agro-industrial complex]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2009, no. 8-1, pp. 56-59.

7. Vergazova Yu. G. Vzaimozameniaemost' [Interchangeability]. Moscow, Lan', 2018, 208 p.

8. Erokhin M. N. Protsentnaia vzaimozameniaemost' posadok s natiagom [Percentage interchangeability of interference fit]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2020, no. 3, pp. 41-44.

9. Shkaruba N. Zh. Raschet dopuska posadki s natiagom po modeli parametricheskogo otkaza [Percentage interchangeability of interference fit]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2019, no. 4, pp. 23-26.

10. Erokhin M. N. Metodika rascheta natiaga dlia soedinenii rezinovykh armirovannykh manzhet s valami po kriteriiu nachala utechek [Calculation of the interference fit tolerance according to the parametric failure model]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2019, no. 3, pp. 41-44.

11. Bondareva G. I. Vkhodnoi kontrol' i metrologicheskoe obespechenie na predpriatiiakh tekhnicheskogo servisa [Methodology for calculating the tightness for joints of rubber reinforced cuffs with shafts according to the criterion of the beginning of leaks]. *Sel'skii mekhanizator*, 2017, no. 4, pp. 36-38.

12. Leonov O. A. Metody i sredstva kontrolya kachestva obrabotki gil'z tsilindrov na remontnykh mashinostroitel'nykh predpriatiiakh [Methods and means of quality control of processing cylinder liners at repair machine-building enterprises]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2020, no. 6, pp. 40-45.

13. Shkaruba N. Zh. Rezul'taty ekonomicheskoi optimizatsii vybora sredstv izmerenii pri kontrole kachestva tekhnologicheskikh protsessov v remontnom proizvodstve [Results of economic optimization of the choice of measuring instruments in quality control of technological processes in repair production]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2007, no. 5, pp. 109-112.

14. Kravchenko I. N., Erofeev M. N. Tekhnicheskoe diagnostirovanie i povyshenie kachestva ekspluatatsii mashin i tekhnologicheskogo oborudovaniia [Technical diagnostics and improvement of the quality of operation of machines

and technological equipment]. *Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiia*, 2007, no. 10, pp. 39-42.

15. Orlov B. N. Obosnovanie ob"ema informatsii dlia provedeniia eksperimental'nykh issledovaniy rabochikh elementov mashin i oborudovaniia [Substantiation of the amount of information for conducting experimental studies of the working elements of machines and equipment]. *Prirodoobustroistvo*, 2012, no. 3, pp. 105-108.

16. Orlov B. N. Matematicheskoe modelirovanie protsessa izmeneniia godnosti rabochikh elementov mashin i oborudovaniia [Mathematical modeling of the process of changing the suitability of working elements of machinery and equipment]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*, 2012, no 8, pp. 36-38.

17. Temasova G. N., Shkaruba N. Zh. Ekonomika kachestva, standartizatsii i sertifikatsii [The economy of quality, standardization and certification]. Moscow, Infra-M, 2016, 251 pp.

Об авторе:

Бондарева Галина Ивановна, заместитель директора ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (127550, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, корпус 2), доктор технических наук, профессор, mail@vniigim.ru.

About the author:

Galina I. Bondareva, Deputy Director of the All-russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov (127550, Russian Federation, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., 44, building 2), D.Sc. (Engineering), professor, mail@vniigim.ru.

СОВРЕМЕННАЯ РОЛЬ КОНТРОЛЯ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДВС

Ю. Г. Вергазова

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Рассмотрена современная роль контроля в формировании качества продукции при производстве двигателей внутреннего сгорания. Показаны технические и экономические преимущества повышения точности измерений при контроле коленчатых валов.*

***Ключевые слова:** машиностроение; контроль; метрологическое обеспечение производства; точность измерений; погрешность измерений.*

THE MODERN ROLE OF INSPECTION IN ENGINEERING PLANTS FOR ICE PRODUCTION

Yu. G. Vergazova

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The modern role of control in the formation of product quality in the production of internal combustion engines is considered. Shown are the technical and economic advantages of increasing the accuracy of measurements during the control of crankshafts.*

***Keywords:** mechanical engineering; control; metrological support of production; measurement accuracy; measurement error.*

Современное машиностроительное предприятие не производит все комплектующие агрегаты, которые выпускаются заводом. Подшипники качения, крепежные стандартные изделия, уплотнения и прокладки, резинотехника и электрика, масла и смазки, а также некоторые важные узлы, входящие в сборочный комплект, поступают от предприятий – смежников. Поэтому не только из-за использования дешевых материалов при конструировании и старого технологического оборудования при произ-

водстве двигатели российских производителей имеет место низкий уровень надежности [1], но и из-за отсутствия должного уровня качества входного контроля [2].

При проектировании двигателей назначается такая точность [3] и формируются такие допуски, которые не обеспечиваются существующим технологическим оборудованием. Машиностроительные предприятия – смежники по производству комплектующих изделий, в некоторых случаях используют даже списанное технологическое оборудование [4].

В современных условиях, при внедрении системы менеджмента качества и оптимизации требований к измерениям, качество производства ДВС значительно улучшится за счет ввода жестких операций контроля. Стандарты предприятия по входному, операционному и выходному контролю должны быть сформированы в виде документов, которые нацелены на обеспечение качества, единства измерений и требуемой точности. Точность при проектировании узлов и агрегатов надо назначать по технико-экономическим [5] и нормативным критериям [6], а не переносить из устаревших конструкций. В ряде случаев можно применить методы неполной взаимозаменяемости [7] или размерный анализ [8]. Это приведет к уменьшению затрат на качество [9], главным образом по таким категориям, как потери от внутреннего брака [10], потери в результате отказа у потребителя – внешнего брака [11]. Произойдет и положительное изменение затрат на контроль [12].

Современное метрологическое обеспечение производства двигателей – это система менеджмента контроля качества, включающая нормы обеспечения единства измерений на предприятии, контроль в заданных точках, выбор средств измерений по моделям оптимизации затрат и потерь [13], своевременная калибровка средств измерений. Система метрологического обеспечения производства должна уже вписываться в систему менеджмента качества предприятия технического сервиса построенную по модели ИСО 9000 [14].

От внедрения контроля формируются экономические потери [15], причем потери при его отсутствии, всегда значительно больше. Для изготовителя – это потеря клиента и прибыли, а для потребителя – лишние траты времени и средств. Сравнение

средств контроля для современных условий производства должно происходить по соотношению цена/качество, нужно выбирать средства контроля из заданной номенклатуры, где цена уже не является главнейшим фактором. Гораздо большее значение имеют затраты на измерения, такие, как заработная плата контролера, затраты на энергию, материалы, калибровку, и пр. Качество средства измерений выражается в виде его точности, или обратной ей величины – погрешности измерения, которая влияет на количество неправильно принятых и неправильно забракованных изделий, что в свою очередь приводит к формированию экономических потерь из-за неграмотного метрологического обеспечения производства.

Экономический эффект от замены применяемых средств контроля на новые формируется за счет снижения текущих затрат при их эксплуатации в результате улучшения качественных характеристик (точности, достоверности, быстродействия, производительности, энергопотребления и т. д.). В качестве базового варианта для сравнения в этом случае следует принимать аналогичные характеристики заменяемых средств контроля.

Двигатели ЯМЗ нашли широкое применение не только в тракторах, но и в комбайнах, а также специальных машинах для сельского хозяйства. В таблице 1 приведен расчет величины возможной экономии от замены индикаторной скобы СИ-200 стандартным индикатором ИЧ-10 на цифровой индикатор ИЦ-10 с точностью отсчета 0,001 мм при контроле коренных шеек коленчатого вала двигателя ЯМЗ.

Таблица 1 – Результаты расчета экономии от замены индикаторных головок

Показатели	Обозначение	Значения для измерительных головок	
		ИЧ-10-0,01	ИЦ-10-0,001
Скоба индикаторная	СИ-200	ИЧ-10-0,01	ИЦ-10-0,001
Контролируемый размер	-	110 _{-0,015}	110 _{-0,015}
Зона рассеяния размеров	ω	20 мкм	
Погрешность измерений	Δ_{lim}	±7 мкм	±2 мкм
Цена скобы с головкой в сборе	K	7800 руб.	16500 руб.
Коэффициент точности измерений	$A_{мет}$	18 %	6 %
Количество неправильно принятых валов	m	1,32 %	0,51 %

Количество неправильно забракованных валов	n	5,68 %	1,82 %
Стоимость коленчатого вала	C	78000 руб.	
Затраты на устранение последствий от установки бракованного вала в двигатель	Z_y	41000 руб.	
Программа производства валов	N	5600 шт.	
Экономия от сокращения неправильно забракованных валов	\mathcal{E}_n	10 983 000 руб.	
Экономия от уменьшения количества неправильно принятых валов	\mathcal{E}_m	1 437 000 руб.	

Как видно из данных таблицы 1, возникает существенная экономия от сокращения неправильно забракованных деталей в размере 10,98 млн руб. при программе производства 5600 валов в год только при замене измерительной головки с погрешностью ± 7 мкм на головку с погрешностью ± 2 мкм.

Таким образом, рассмотрена современная роль организации контроля на машиностроительном предприятии в формировании качества продукции при производстве двигателей внутреннего сгорания. На реальном примере показаны технические и экономические преимущества повышения точности измерений при контроле коленчатых валов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Леонов О. А., Капрузов В. В., Шкаруба Н. Ж., Кисенков Н. Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М. : КолосС, 2009. 568 с.
2. Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж., Вергазова Ю. Г., Антонова У.Ю. Организация и метрологическое обеспечение входного контроля на предприятиях технического сервиса. Иркутск, 2017. 122 с.
3. Ерохин М. Н. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества // Экология и сельскохозяйственная техника. Материалы 4-й научно-практической конференции. 2005. С. 234-238.
4. Бондарева Г. И. Составляющие качества ремонта // Сельский механизатор. 2016. № 7. С. 2-4.
5. 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.
6. Леонов О. А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных

параметров : дис. ... докт. техн. наук : 05.20.03 / Леонов Олег Альбертович. Москва, 2004. 324 с.

7. Ерохин М. Н. Процентная взаимозаменяемость посадок с натягом // Вестник машиностроения. 2020. № 3. С. 41-44.

8. Ерохин М. Н. Методика расчета натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек // Вестник машиностроения. 2019. № 3. С. 41-44.

9. Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж., Вергазова Ю. Г. Управление качеством производственных процессов и систем. М. : РГАУ-МСХА, 2018. 182 с.

10. Леонов О. А., Темасова Г. Н., Вергазова Ю. Г. Управление качеством. СПб. : Издательство «Лань», 2019. 180 с.

11. Темасова Г. Н. Использование диаграммы Парето при расчете внешних потерь от брака // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2004. № 5. С. 81-82.

12. Шкаруба Н. Ж. Расчет затрат на контроль технологических процессов ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2004. № 5. С. 75-77.

13. Леонов О. А., Темасова Г. Н., Шкаруба Н. Ж. Экономика качества, стандартизации и сертификации. М. : ИНФРА-М, 2016. 251 с.

14. Бондарева Г. И. Построение современной системы качества на предприятиях технического сервиса // Сельский механизатор. 2017. № 8. С. 34-35.

15. 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.

REFERENCES

1. Leonov O. A., Kapruzov V. V., Shkaruba N. Zh., Kisenkov N. E. Metrologiia, standartizatsiia i sertifikatsiia [Metrology, standardization and certification]. Moscow, KolosS, 2009, 568 p.

2. Leonov O. A., Shkaruba N. Zh., Vergazova Yu. G., Antonova U. Yu. Organizatsiia i metrologicheskoe obespechenie vkhodnogo kontroliia na predpriatiiakh tekhnicheskogo servisa [Organization and metrological support of incoming inspection at technical service enterprises.]. Irkutsk, 2017, 122 p.

3. Erokhin M. N. Remont sel'skokhoziaistvennoi tekhniki s pozitsii obespecheniia kachestva [Repair of agricultural machinery from the standpoint of quality assurance]. *Ekologiia i sel'skokhoziaistvennaia tekhnika*, 2005, pp. 234-238.

4. Bondareva G. I. Sostavliaiushchie kachestva remonta [Components of the quality of repair]. *Sel'skii mekhanizator*, 2016, no. 7, pp. 2-4.

5. Shkaruba N. Zh. Rezul'taty ekonomicheskoi optimizatsii vybora sredstv izmerenii pri kontrole kachestva tekhnologicheskikh protsessov v remontnom proizvodstve [Results of economic optimization of the choice of measuring instruments in quality control of technological processes in repair production]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2007, no. 5, pp. 109-112.
6. Leonov O. A. Obespechenie kachestva remonta unifitsirovannykh soedinenii sel'skokhoziaistvennoi tekhniki metodami rascheta tochnostnykh parametrov [Quality assurance of repair of unified agricultural equipment connections by methods of calculation of accuracy parameters]. Doctor's degree dissertation. Moscow, 2004. 324 p.
7. Erokhin M. N. Protsentnaia vzaimozameniaemost' posadok s natiagom [Percentage interchangeability of fit-docks with interference]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2020, no. 3, pp. 41-44.
8. Erokhin M. N. Metodika rascheta natiaga dlia soedinenii rezinovykh armirovannykh manzhet s valami pokriteriiu nachala utechek [Methodology for calculating the tightness for the joints of rubber reinforced cuffs with shafts according to the criterion of the beginning of leaks]. *Vestnik mashinostroeniia*, 2019, no 3, pp. 41-44.
9. Leonov O. A., Shkaruba N. Zh., Vergazova Yu. G. Upravlenie kachestvom proizvodstvennykh protsessov i sistem [Quality management of production processes and systems]. Moscow, RGAU-MSKhA, 2018, 182 p.
10. Leonov O. A., Temasova G. N., Vergazova Yu. G. Upravlenie kachestvom [Quality control]. Saint Petersburg, Lan', 2019, 180 p.
11. Temasova G. N. Ispol'zovanie diagrammy Pareto pri raschete vneshnikh poter' ot braka [Using the Pareto chart in calculating external losses from marriage]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2004, no. 5, pp. 81-82.
12. Shkaruba N. Zh. Raschet zatrat na kontrol' tekhnologicheskikh protsessov remontnogo proizvodstva [Calculation of costs for control of technological processes of repair production]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2004, no. 5, pp. 75-77.
13. Leonov O. A., Temasova G. N., Shkaruba N. Zh. Ekonomika kachestva, standartizatsii i sertifikatsii [Economy of quality, standardization and certification]. Moscow, INFRA-M, 2016, 251 p.
14. Bondareva G. I. Postroenie sovremennoi sistemy kachestva na predpriatiiakh tekhnicheskogo servisa [Building a modern quality system at technical service enterprises]. *Sel'skii mekhanizator*, 2017, no. 8, pp. 34-35.
15. Shkaruba N. Zh. Issledovanie zatrat i poter' pri kontrole sheek kolchatogo vala v usloviakh remontnogo proizvodstva [Research of costs and losses in the control of crankshaft journals in the conditions of repair production]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2013, no. 2, pp. 71-74.

Об авторе:

Вергазова Юлия Геннадьевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, vergazova@rgau-msha.ru.

About the author:

Yulia G. Vergazova, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), vergazova@rgau-msha.ru.

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА К ОРГАНИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И ИСПЫТАНИИ МАШИН

О. А. Леонов

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация.** Определены вопросы взаимосвязи системы метрологического обеспечения контроля с требованиями системы качества машиностроительных предприятий, показана необходимость перехода с функционального на процессное управление метрологическим обеспечением.*

***Ключевые слова:** система менеджмента качества; процессный подход; метрологическое обеспечение; система менеджмента измерений.*

MODERN QUALITY SYSTEM REQUIREMENTS FOR THE ORGANIZATION OF METROLOGICAL SUPPLY OF MEAS- UREMENTS WHEN MANUFACTURING AND TESTING MACHINES

O. A. Leonov

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The issues of interrelation of the system of metrological assurance of control with the requirements of the quality system of machine-building enterprises are determined, the necessity of transition from functional to process management of metrological assurance is shown.*

***Keywords:** quality management system; process approach; metrological support; measurement management system.*

Метрологическое обеспечение машиностроительного производства в настоящее время является составляющей частью системы менеджмента качества [1]. Из-за низкого качества продукции машиностроения требуются существенный ремонтные воз-

действия для поддержания техники в работоспособном состоянии [2]. Качество машиностроительного производства неразрывно включает в себя и вопросы обеспечения качества контроля, и в целом от этого зависит удовлетворенность потребителя [3, 4], ведь при заданном качестве будет меньше отказов техники у потребителя и затрат на ремонт. Качество производства в машиностроении обеспечивается научно обоснованной системой организации процессов технического контроля [5, 6], которые реализуются на всех этапах производства и включены в базовые процессы метрологического обеспечения. Технический контроль на машиностроительных заводах, с точки зрения менеджмента качества, можно рассматривать не только как самостоятельный процесс, но и как инструмент, выражающий показатели валидации и верификации свойств качества в продукции. Применяемые средства и методы выявления дефектов, брака и других несоответствий технологического процесса могут быть различными и формируются индивидуально в зависимости от специфики выполняемых производственных операций.

Данные о качестве изделий, полученные в результате контроля, используют не только для решения о необходимости введения сплошного или выборочного контроля в технологический процесс, но и для оценки соответствия параметров продукции нормативным требованиям [7]. Таким образом, уровень качества технического контроля влияет на достоверность принимаемых решений по управлению технологическими процессами или о ответственности продукции. Но именно от этих параметров зависят затраты и потери при контроле [8].

В машиностроении, технический контроль реализуется как универсальными средствами измерения линейных размеров, так и специальными средствами контроля. Для приемочного контроля сборочных единиц применяют испытательные стенды и устройства. Результатом контрольного процесса являются данные, полученные по альтернативному признаку. Таким образом, главной отличительной чертой контрольного процесса от измерительного являются выходные данные. По аналогии с измерительным, изменчивость контрольного процесса, определяющая его точность, зависит от методики проведения контроля, средства контроля, оператора, и параметров окружающей среды [9, 10].

Процессный подход в метрологическом обеспечении производства реализуется в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ Р ИСО 10012-2008. Контрольные процессы следует рассматривать как обособленные процессы, направленные на обеспечение качества продукции и удовлетворения требований потребителей, где устанавливается соответствие или несоответствие продукции предъявляемым требованиям.

При объединении процессов менеджмента качества с процессами метрологического обеспечения измерений получается система взаимодействий, представленная на рисунке 1.

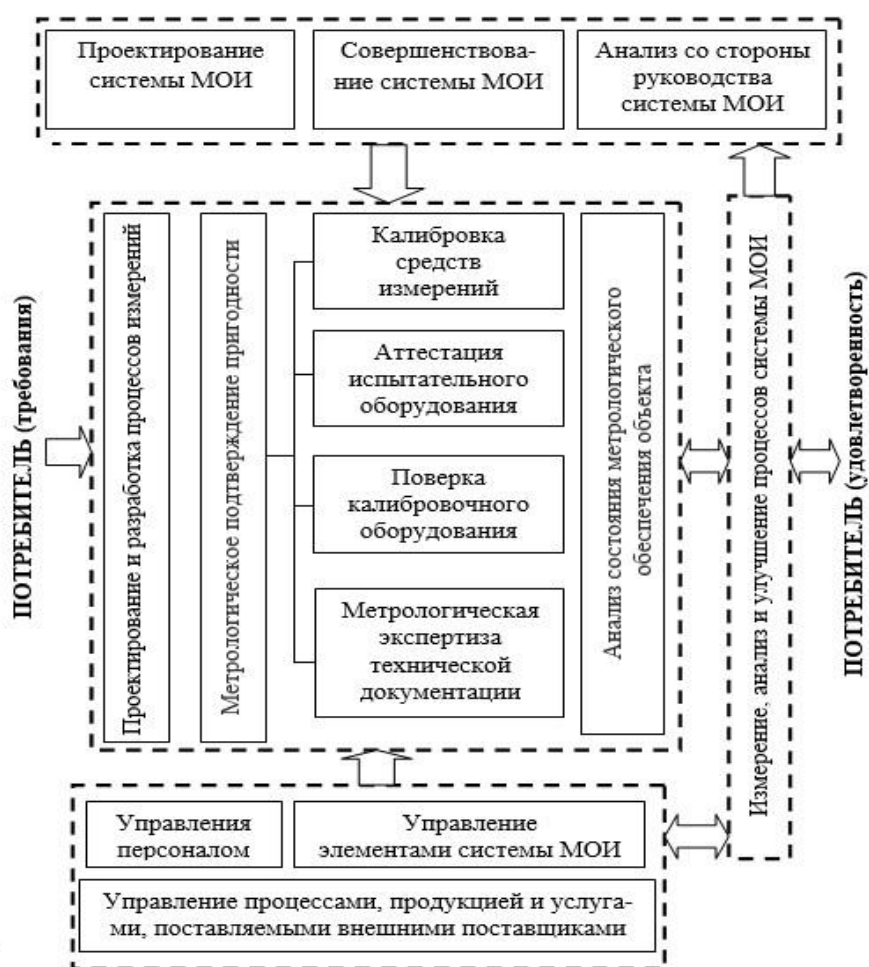


Рисунок 1 – Процессы системы метрологического обеспечения измерений при изготовлении и испытании машин

Машиностроительным заводам необходимо переходить с функционального управления метрологическим обеспечением на процессное управление. Для этого необходимо:

- выделить и классифицировать процессы, относящиеся к системе метрологического обеспечения измерений;
- сформировать структуру и взаимосвязи метрологических процессов в общей структуре процессов организации;
- разработать стандарты предприятия и методы, обеспечивающие результативность данных процессов;
- создать информационную среду и сформировать ресурсы для выполнения работ в рамках процессов метрологического обеспечения операций контроля;
- определить инструменты мониторинга и анализа данных процессов.

В таблице 1 приведены погрешности измерений контролируемых величин при испытании ДВС, откуда видно, что достичь требуемой точности достаточно сложно. Межгосударственный стандарт ГОСТ 18509-88 является до сих пор действующим, поэтому необходимо соблюдать его требования при испытании ДВС.

Таблица 1 – Погрешность измерений контролируемых параметров по ГОСТ 18509-88

Контролируемая величина	Единица измерений	Обозначение параметра	Абсолютная погрешность
Крутящий момент	Н·м	M_k	$\pm 0,005 M_{kmax}$
Частота вращения	мин ⁻¹	n	$\pm 0,005 n_{ном}$
Расход топлива	кг/ч	G_T	$\pm 0,005 G_{Tном}$
Продолжительность работы	с	t	$\pm 0,01 t$

При испытании ДВС на старых стендах, при использовании средств измерений массы для контроля расхода топлива, возникает нарушение установленных норм, приведенных в таблице. Так, абсолютная погрешность измерения расхода топлива при испытании ДВС определяется по выражению

$$\Delta G_T = (\gamma_Q + \gamma_t) \cdot \frac{3,6 \cdot Q_T}{t}, \quad (1)$$

где Q_T – масса израсходованного топлива; γ_Q – относительная погрешность измерений массы $\gamma_Q = \pm 0,005$ (так как $\Delta Q = \pm 5$ г – погрешность весового механизма); γ_t – относительная погрешность измерений времени $\gamma_t = \pm 0,01$ (в соотв. с таблицей 1).

Тогда относительная погрешность измерения расхода топлива определяется по выражению $\gamma_G = \gamma_Q + \gamma_t = 0,005 + 0,01 = \pm 0,015$, что гораздо больше нормируемой по ГОСТ 18509-88, где $\gamma_G = \pm 0,005$ (таблица 1).

Решение проблемы – использование современных методов и средств измерений расхода жидкостей, имеющих гораздо меньшую погрешность.

Таким образом, система метрологического обеспечения для обеспечения качества контроля на машиностроительных заводах гарантирует метрологическую пригодность измерительного, контрольного и испытательного оборудования не только с позиции обеспечения работоспособности, но и с позиции соблюдения норм точности измерений на протяжении всего жизненного цикла данного оборудования с учетом проведения регулярных поверок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ерохин М. Н. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества // Экология и сельскохозяйственная техника. Материалы 4-й научно-практической конференции. 2005. С. 234-238.
2. Бондарева Г. И. Построение современной системы качества на предприятиях технического сервиса // Сельский механизатор. 2017. № 8. С. 34-35.
3. Леонов О. А. Экономика качества, стандартизации и сертификации. М. : Инфра-М, 2016. 251 с.
4. Леонов О. А. Управление качеством производственных процессов и систем. М. : Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. 182 с.
5. Шкаруба Н. Ж. Современные организационные подходы к метрологическому обеспечению ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2013. № 3 (59). С. 41-44.
6. 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.
7. Шкаруба Н. Ж. Общая теория измерений. М. : РГАУ-МСХА, 2017. 160 с.
8. 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. Шкаруба Н. Ж. Оценка сходимости и воспроизводимости измерительного процесса при дефектации диаметров шеек коленчатого вала // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2015. № 1 (65). С. 42-46.

10. Шкаруба Н. Ж., Вергазова Ю. Г., Антонова У. Ю. Организация и метрологическое обеспечение входного контроля на предприятиях технического сервиса. Иркутск, 2017. 122 с.

REFERENCES

1. Erokhin M. N. Remont sel'skokhoziaistvennoi tekhniki s pozitsii obespecheniia kachestva [Agricultural machinery repair from the standpoint of quality assurance]. *Ekologiya i sel'skokhoziaistven-naia tekhnika*, 2005, pp. 234-238.

2. Bondareva G. I. Postroenie sovremennoi sistemy kachestva na predpriiatiakh tekhnicheskogo servisa [Construction of a modern quality system at technical service enterprises]. *Sel'skii mekhanizator*, 2017, no. 8, pp. 34-35.

3. Leonov O. A. Ekonomika kachestva, standartizatsii i sertifikatsii [The economy of quality, standardization and certification]. Moscow, Infra-M, 2016, 251 p.

4. Leonov O. A. Upravlenie kachestvom proizvodstvennykh protsessov i system [Quality management of production processes and systems]. Moscow, RGAU-MSKHA, 2018, 182 p.

5. Shkaruba N. Zh. Sovremennye organizatsionnye podkhody k metrologicheskomu obespecheniiu remontnogo proizvodstva [Modern organizational approaches to metrological support of repair production]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2013, no. 3 (59), pp. 41-44.

6. Shkaruba N. Zh. Rezul'taty ekonomicheskoi optimizatsii vybora sredstv izmerenii pri kontrole kachestva tekhnologicheskikh protsessov v remontnom proizvodstve [The results of economic optimization of the choice of measuring instruments for quality control of technological processes in repair production]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2007, no. 5, pp. 109-112.

7. Shkaruba N. Zh. Obshchaia teoriia izmerenii [General measurement theory]. Moscow, RGAU-MSKHA, 2017, 160 p.

8. Shkaruba N. Zh. Issledovanie zatrat i poter' pri kontrole sheek kolenchatogo vala v usloviakh remontnogo proizvodstva [Investigation of costs and losses during the control of the crankshaft journals in the conditions of repair production]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2013, no. 2, pp. 71-74.

9. Shkaruba N. Zh. Otsenka skhodimosti i vosproizvodimosti izmeritel'nogo protsessa pri defektatsii diametrov sheek kolenchatogo vala [Assessment of the convergence and reproducibility of the measuring process during flaw detection of the diameters of the crankshaft journals]. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2015, no. 1 (65), pp. 42-46.

10. Shkaruba N. Zh., Vergazova Yu. G., Antonova U. Yu. Organizatsiia i metrologicheskoe obespechenie vkhodnogo kontroliia na predpriatiiakh tekhnicheskogo servisa [Organization and metrological support of incoming inspection at technical service enterprises]. Irkutsk, 2017, 122 p.

Об авторе:

Леонов Олег Альбертович, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, oaleonov@rgau-msha.ru.

About the author:

Oleg A. Leonov, Head of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, oaleonov@rgau-msha.ru.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МАССООДАЧИ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Ю. П. Осадчий¹, И. В. Морозов², А. В. Маркелов¹,
Д. В. Марков¹, Р. Р. Хабибуллин¹

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

(г. Иваново, Российская Федерация)

²ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д. К. Беляева»

(г. Иваново, Российская Федерация)

Аннотация: Исследовались технология регенерации синтетических моторных масел (СММ) и методы определения концентрации компонентов, добавляемых для повышения эффективности регенерации полимерных анизотропных мембран.

Ключевые слова: синтетические моторные масла; регенерация; эффективность; полимерные мембраны.

DETERMINATION OF THE MASS DISPOSAL RATIO OF BOTH OILS

Yu. P. Osadchy^a, I. V. Morozov^b, A. V. Markelov^a,
D. V. Markov^a, R. R. Khabibullin^a

^aIvanovo State Polytechnic University

(Ivanovo, Russian Federation)

^bIvanovo State Agricultural Academy by D.K. Belyaev

(Ivanovo, Russian Federation)

Abstract: Synthetic motor oil regeneration technology (SMM) and methods of determining the concentration of components added to improve the regeneration of polymer anisotropic membranes have been investigated.

Keywords: synthetic motor oils; regeneration; efficiency; polymer membranes.

Выдвинут ряд гипотез для теоретического описания процессов разделения через непористые и пористые полимерные мембраны. Рассмотрено влияние на процесс разделения различных

факторов: температуры, давления, природы разделяемых веществ, характеристик мембран, концентрации компонентов в разделяемом растворе [1]. Наиболее близкой к описанию механизма селективного разделения, по нашему мнению, является точка зрения, предложенная А. Н. Черкасовым [2]. Согласно этой теории, на поверхности мембраны не происходит полного перекрытия пор слоем связанных органических соединений или слоем геля, размеры пор уменьшаются на некоторую постоянную величину, зависящую от свойств разделяемых растворов и от режима протекания процесса.

На основании проведенных исследований по оценке эффективности отечественных полимерных мембран «Владипор» [3] для регенерации отработанных моторных масел, после предварительной очистки от механических примесей на автотранспортных предприятиях, где показана возможность применения полимерных мембран, имеющих наибольшую производительность и высокую степень селективности по отношению к органическим соединениям, коллоидным суспензиям примесей отработанного моторного масла. Самыми оптимальными параметрами обладают трубчатые мембраны БТУ-0,5/2 марок Ф-1, ПСА-1. Ультрафильтрация – это разделение частиц микронных размеров (от 0,01 до 1 мкм). Осмотическое давление здесь играет незначительную роль, так как частицы относительно велики, а их количество в данном объеме незначительно. Частицы, не прошедшие через мембрану, накапливаются на ее поверхности, образуя плотный слой. В данной модели переноса четыре параметра (R_m , R_r , β , X_c) которые необходимо определить для прогнозирования потока пермеата.

Сопротивление мембраны R_m можно определить опытным путем при разделении чистой воды и расчета уклона кривой отношения «поток-мембрана». Сопротивление мембраны с известным распределением размеров пор рассчитывается с помощью уравнения Хагена-Пуазейля для ламинарного потока:

$$R_m = \frac{128 \cdot \mu \cdot b}{\pi \cdot \sum n_p \cdot d_p^4}, \quad (1)$$

Гидравлическое сопротивление слоя задержания частиц R_r можно рассчитать, если считать этот слой несжимаемым соглас-

но формуле Кармена-Козени при коэффициенте K равному 4,9...5,1:

$$R_r = K(1 - \varepsilon)^3 \cdot Q_3 \cdot \frac{2\partial}{\varepsilon^3} \quad (2)$$

Коэффициент массоотдачи можно определить по аналогичной задаче для расчета теплопередачи при ламинарном потоке в трубе [3]:

$$\beta = 0,807 \left(\gamma \cdot \frac{D^2}{L} \right)^{1/3} \quad (3)$$

Значение коэффициента диффузии растворенного вещества D , в уравнении (3), является вопросом дискуссионным. Коэффициент диффузии, выражаемый уравнением Стокса-Энштейна, при расчете дает заниженные значения β , вследствие потока пермеата и как следует из литературы, определение D по уравнению (3) гораздо лучше согласуется с экспериментальными данными.

$$D = 0,0075 \cdot d_p^2 \cdot \gamma \quad (4)$$

Коэффициент массоотдачи с учетом коэффициента диффузии выражается уравнением (5), с помощью которого можно определить строгую линейную зависимость, и, следовательно, он лучше коррелирует с экспериментальными данными.

$$\beta = 0,078 \left(\frac{d_p^4 \cdot \gamma^3}{16L} \right)^{1/3} \quad (5)$$

При УФ модель переноса содержит четыре параметра – сопротивление мембраны (R_m), сопротивление слоя задержанных частиц (R_r), коэффициент массоотдачи (β) и концентрация в намывном слое (X_2), которые для прогнозирования потока пермеата необходимо определить. Оценка этих параметров является предметом различных исследований. Если для определения коэффициента массоотдачи вязкость раствора может быть определена экспериментально, то диффузионную способность растворов так определить затруднительно. Для макромолекулярных белковых растворов корректные результаты дает расчет по уравнению Стокса-Эйнштейна:

$$D = \frac{k \cdot T}{3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d_p}. \quad (6)$$

Коэффициент диффузии (6) уменьшается с увеличением размера частиц. Это выражается в ослаблении потока с увеличением размера частиц, что согласуется с экспериментальными данными для макромолекулярных растворов. В случае коллоидных взвесей наблюдается увеличение потока с ростом размеров частиц. Это можно объяснить работой механизма (отличающегося от броуновской диффузии), ответственного в коллоидных взвесах за встречный перенос растворенного вещества.

Большое значение имеет использование данного процесса при разделении веществ, чувствительных к температурному режиму, так как при ультрафильтрации растворы не нагреваются и не подвергаются химическому воздействию. Отсюда очень низкие энергетические затраты, примерно в 20...60 раз ниже, чем при дистилляции. Из всех видов мембранного разделения ультрафильтрация нашла наиболее разнообразное применение. Важное промышленное применение ультрафильтрации – разделение систем на компоненты, концентрирование и очистка высокомолекулярных веществ. Разработаны технологические режимы для разделения реальных отработанных синтетических моторных масел, позволяющие уменьшить ущерб окружающей среде от применения баромембранных методов в различных отраслях промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поворов А. А. Гидрофильные композитные мембраны на основе фторпласта-42Л // Теория и практика фильтрования. Иваново, 1998. 98 с.
2. Поляков Г. В., Дытнерский Ю. И., Лукавый Л. С. О механизме разделения водных растворов солей обратным осмосом // ТОХТ. 1972. Т. 6. № 4. С. 628-631.
3. Возможность регенерации минерального моторного масла / И. В. Морозов, В. А. Масленников, Ю. П. Осадчий, А. В. Маркелов // Аграрный вестник Верхневолжья. 2014. № 3 (8). С. 25-27.

REFERENCES

1. Povorov A. A. *Gidrofil'nye kompozitnye membrany na osnove fluorplasta-42L* [Hydrophilic composite membranes based on fluoroplast-42L]. *Teoriia i praktika fil'trovaniia*, Ivanovo, 1998, 98 p.

2. Poliakov G. V., Dytnerskii Yu. I., Lukavyi L. S. *O mekhanizme razdeleniia vodnykh rastvorov solei obratnym osmosom* [On the mechanism of separation of aqueous solutions of salts by reverse osmosis]. *TOKhT*, 1972, vol. 6, no. 4, pp. 628-631.

3. Morozov I. V., Maslennikov V. A., Osadchii Yu. P., Markelov A. V. *Vozmozhnost' regeneratsii mineral'nogo motornogo masla* [The possibility of regeneration of mineral motor oil]. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ia*, 2014, no. 3 (8). pp. 25-27.

Об авторах:

Осадчий Юрий Павлович, доцент кафедры транспорта и автомобильных дорог ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (153000, Ивановская область, г. Иваново, Шереметевский пр., 21), доктор технических наук, доцент, osadchiy-y@mail.ru.

Морозов Игорь Васильевич, доцент кафедры «Технический сервис и механика» ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д. К. Беляева» (153012, Ивановская область, г. Иваново, ул. Советская, д. 45), кандидат технических наук, доцент, morded@mail.ru.

Маркелов Александр Владимирович, доцент кафедры транспорта и автомобильных дорог ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (153000, Ивановская область, г. Иваново, Шереметевский пр., 21), кандидат технических наук, amarcel203@mail.ru.

Марков Даниил Владимирович, магистрант ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (153000, Ивановская область, г. Иваново, Шереметевский пр., 21), markov01@mail.ru.

Хабибуллин Руслан Рашидович, магистрант ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (153000, Ивановская область, г. Иваново, Шереметевский пр., 21), pchabb@mail.ru.

About the authors:

Yuri P. Osadchy, associate professor of the Department of Transport and Highways, Ivanovo State Polytechnic University (153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetyevo ave., 21), D.Sc. (Engineering), associate professor, osadchiy-y@mail.ru.

Igor V. Morozov, Associate Professor of the Department «Technical Service and Mechanics» Ivanovo State Agricultural Academy by D.K. Belyaev

(153012, Ivanovo region, Ivanovo, Sovetskaya str., 45), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, morded@mail.ru.

Alexander V. Markelov, associate professor of the Department of Transport and Highways, Ivanovo State Polytechnic University (153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetyevo ave., 21), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, amarcel203@mail.ru.

Daniil V. Markov, master's student, Ivanovo State Polytechnic University (153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetyevo ave., 21), markov01@mail.ru.

Ruslan R. Khabibullin, Master's student, Ivanovo State Polytechnic University (153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetyevo ave., 21), pchabb@mail.ru.

УДК 631.35, 62.52

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ НА КУЗОВ И ШАССИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

**Р. В. Безносюк, А. Е. Пиманов, С. Н. Борычев,
Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко**

*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П. А. Костычева»
(г. Рязань, Российская Федерация)*

***Аннотация:** в статье рассмотрен вопрос влияния передачи колебаний кузову и шасси транспортного средства в зависимости от качества дорожного покрытия. Описана методика исследований колебаний кузова и шасси транспортного средства. Приведены результаты полученных исследований.*

***Ключевые слова:** повреждения; транспортное средство; кузов; перевозка.*

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE QUALITY OF THE ROAD SURFACE ON THE BODY AND CHASSIS OF THE VEHICLE

**R. V. Beznosyuk, A. E. Pimanov, S. N. Borychev,
G. K. Rembalovich, M. Yu. Kostenko**

*Ryazan State Agrotechnological University Named after
P.A. Kostychev
(Ryazan, Russian Federation)*

***Abstract:** The article deals with the influence of the transmission of vibrations to the body and chassis of a vehicle, depending on the quality of the road surface. The technique of research of oscillations of the body and chassis of the vehicle is described. The results of the studies obtained are presented.*

***Keywords:** damage; vehicle; body; transportation.*

Наиболее часто для перевозки картофеля применяются грузовые автомобили, тракторные прицепы и полуприцепы общего назначения [1, 2, 3]. Движение транспорта осуществляется по до-

рогам, находящимся в неудовлетворительном состоянии, а зачастую при полном отсутствии твердых покрытий (на территории хозяйств АПК). Водители транспортных средств зачастую не соблюдают скоростной режим и не придерживаются системы бережливой транспортировки, что приводит к значительному повреждению и потерям картофеля при его транспортировке [4, 5]. При движении ТС в полевых условиях, особенно при выездах с поля на асфальтированные участки, при преодолении крутых подъемов и спусков, при пересечении канав и оврагов, создаются критические ускорения, которые приводят к сдавливанию продукта, а при чрезмерном переполнении кузова возможны потери готовой сельскохозяйственной продукции из кузова ТС [6, 7].

Для разработки технических средств для снижения потерь и повреждений картофеля при транспортировке был создан программно-аппаратный комплект на базе микроконтроллера с узконаправленным программным обеспечением и проведены исследования с целью получения данных по величине возникающих ускорений.

Система сбора данных состоит из следующих компонентов: модуль снятия данных движения транспортных средств (МСД-ТС) и модуль анализа движения.

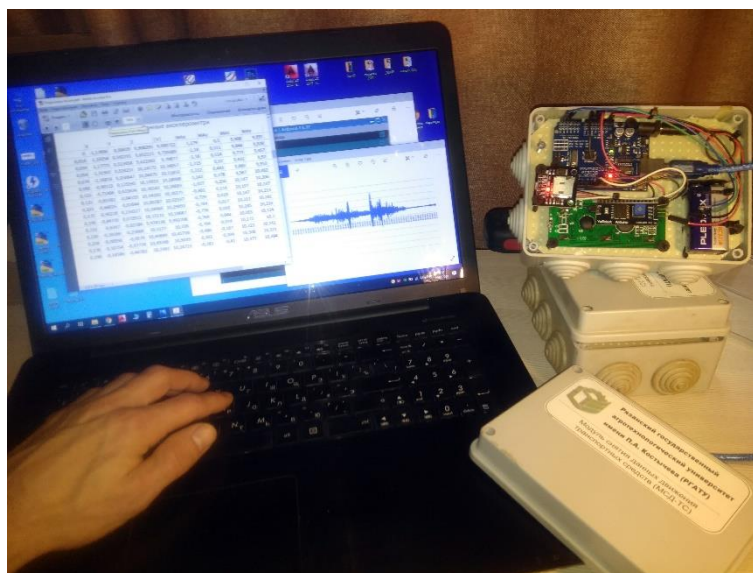


Рисунок 1 – Программно-аппаратный комплекс сбора данных

Модуль снятия данных движения транспортных средств (МСД-ТС) (рисунок 1) реализуется на базе микроконтроллера со

следующими компонентами: акселерометр –измеряющий проекцию кажущегося ускорения (разности между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением); модуль GPS – для фиксации координат движения ТС; модуль сбора и записи показателей на flash карту.

Модуль анализа движения представляет собой программу для визуализации собранных данных и предназначен для визуального анализа. Данная программа отображает показатели и их значения в определенной пространственной точке, строит графики для визуализации критических отклонений кузова с сельскохозяйственной продукцией.

Исследования проводились в хозяйствах Рязанской области (ООО «Авангард» Рязанского района и ОАО «Аграрий» Касимовского района). Модуль снятия данных движения транспортных средств (МСД-ТС) жестко устанавливали на кузов и шасси транспортного средства (КАМАЗ 65115) (рисунок 2). После загрузки транспортного средства и последующей транспортировки и разгрузки производили скачивание записанных показателей (рисунок 3). После модуль снятия данных движения транспортных средств (МСД-ТС) снова продолжали исследования транспортного средства.



Рисунок 2 – Установка модулей снятия данных движения транспортных средств

В результате проведенных исследований были собраны данные возникающих ускорений на кузове и шасси транспортного средства с привязкой к GPS координатам (рисунок 4).



Рисунок 3 – Анализ полученных данных в графическом режиме

Грузооборот при перевозке картофеля составил 3627 т·км в ООО «Авангард» и 735 т·км в ОАО «Аграрий».

В результате анализа полученных данных установлено, что в процессе движения грузового автомобиля КАМАЗ 65115 в ООО «Авангард» средние вертикальные ускорения кузова при движении транспортного средства по грунтовым дорогам составляют $0,96 \text{ м/с}^2$, причем на дорогах с асфальтовым покрытием преимущественно возникают ускорения вдоль продольной оси грузового автомобиля КАМАЗ 65115 и не превышают $0,13 \text{ м/с}^2$.

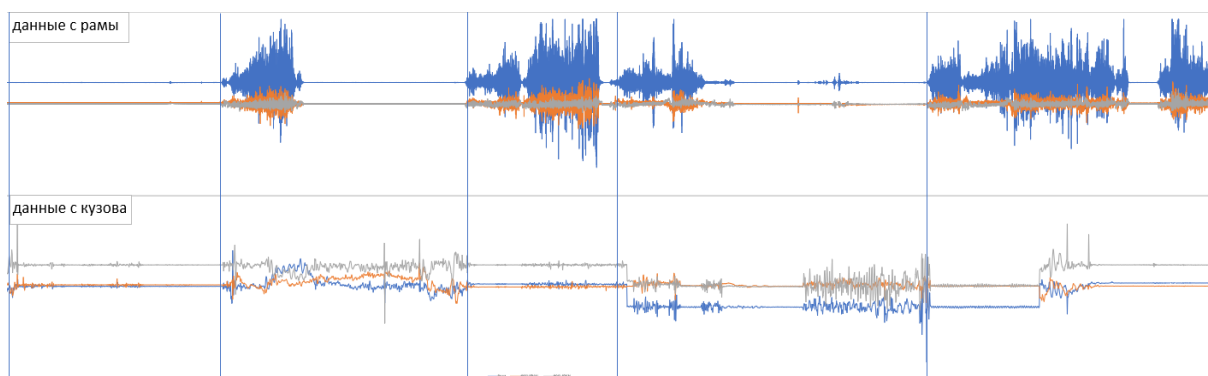


Рисунок 4 – Графическое представление полученных данных

В ОАО «Аграрий» средние вертикальные ускорения колебаний кузова достигали $0,98 \text{ м/с}^2$, а на дорогах с асфальтовым покрытием ускорения вдоль продольной оси грузового автомобиля КАМАЗ 65115 не превышали $0,12 \text{ м/с}^2$.

Анализ полученных данных показал, что значительная разница ускорений шасси и кузова транспортного средства обусловлена степенью загрузки и техническим состоянием подвески. Величина ускорений кузова КАМАЗ 65115 при загрузке 8,5 тонн в 5...7 раз ниже вертикальных ускорений шасси. Причем на некоторых режимах конструкция кузова входит в резонанс, что вызывает дополнительные колебания, при которых возникают инерционные нагрузки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе О. Н., Рыбаков К. В., Митягин Г. Е. и др. Автотранспортные и тракторные перевозки. М : Учебно-методический центр «Триада», 2005. 552 с.
2. Рембалович Г. К., Бышов Н. В., Бoryчев С. Н. и др. Инновационные решения уборочно-транспортных технологических процессов и технических средств в картофелеводстве // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 1. С. 23-25.
3. Безносюк Р. В., Фокин В. В., Бышов Н. В. и др. Повышение надежности техники в сельском хозяйстве на основе применения систем непрерывного диагностирования // Международный научный журнал. 2017. № 2. С. 112-116.
4. Акимов В. В., Фокин В. В., Безносюк Р. В. и др. Перспективные методы диагностирования систем мобильной техники в сельском хозяйстве // Международный научный журнал. 2017. № 2. С. 100-105.
5. Безносюк Р. В., Рембалович Г. К., Чернышев А. Д. Вероятность равномерной загрузки транспортного средства // Международный технико-экономический журнал. 2019. № 3. С. 16-21.
6. Рябчиков Д. С., Бoryчев С. Н., Рембалович Г. К. Исследование выгрузки картофеля с транспортных средств при уборке // Вестник РГАТУ. 2019. № 3 (43). С. 136-141.
7. 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.

REFERENCES

1. Didmanidze O. N, Rybakov K. V., Mitiagin G. E. et al. Avtotransportnye i traktornye perevozki [Motor transport and tractor transportation]. Moscow, Uchebno-metodicheskii tsentr «Triada», 2005, 552 p.
2. Rembalovich G. K., Byshov N. V., Borychev S. N. et al. Innovatsionnye resheniia uborochno-transportnykh tekhnologicheskikh protsessov i

tekhnicheskikh sredstv v kartofelevodstve [Innovative solutions of harvesting and transport technological processes and technical means in potato growing]. *Sel'skokhoziaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2013, no. 1, pp. 23-25.

3. Beznosiuk, R. V., Fokin V. V., Byshov N. V. Povyshenie nadezhnosti tekhniki v sel'skom khoziaistve na osnove primeneniia sistem nepreryvnogo diagnostirovaniia [Improving the reliability of equipment in agriculture based on the use of continuous diagnostics systems]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*, 2017, no. 2, pp. 112-116.

4. Akimov V. V., Fokin V. V., Beznosiuk R. V. et al. Perspektivnye metody diagnostirovaniia sistem mobil'noi tekhniki v sel'skom khoziaistve [Promising methods for diagnosing mobile technology systems in agriculture]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*, 2017, no. 2, pp. 100-105.

5. Beznosiuk R. V., Rembalovich G. K., Chernyshev A. D. Veroiatnost' ravnomernoi zagruzki transportnogo sredstva [Probability of uniform loading of the vehicle]. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal*, 2019, no. 3, pp. 16-21.

6. Riabchikov D. S., Borychev S. N., Rembalovich G. K. Issledovanie vygruzki kartofelia s transportnykh sredstv pri uborke [Study of unloading potatoes from vehicles during harvesting]. *Vestnik RGATU*, 2019, no. 3 (43), pp. 136-141.

7. Didmanidze O. N., Karev A. M., Mitiagin G. E. O perspektivakh razvitiia avtomobil'nogo transporta v agropromyshlennom komplekse [On the prospects for the development of automobile transport in the agro-industrial complex]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*, 2016, no. 1, pp. 53-65.

Об авторах:

Безносюк Роман Владимирович, доцент кафедры технологии металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), кандидат технических наук, romario345830@yandex.ru.

Пиманов Андрей Евгеньевич, аспирант ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), a.pimanov@mail.ru.

Борычев Сергей Николаевич, первый проректор, заведующий кафедрой «Строительство инженерных сооружений и механика» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, профессор, university@rgatu.ru.

Рембалович Георгий Константинович, заведующий кафедрой технологии металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО «Рязанский государствен-

ный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, доцент, rgk.rgatu@yandex.ru.

Костенко Михаил Юрьевич, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), доктор технических наук, доцент, kostenko.mihail2016@yandex.ru.

About the authors:

Roman V. Beznosiuk, associate professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (390044, Ryazan region, Ryazan, Kostycheva str., 1), Cand.Sc. (Engineering), romario345830@yandex.ru.

Andrei E. Pimanov, graduate student, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (390044, Ryazan region, Ryazan, Kostycheva str., 1), a.pimanov@mail.ru.

Sergei N. Borychev, first vice-rector, Head of the Department «Construction of Engineering Structures and Mechanics», Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (390044, Ryazan region, Ryazan, Kostycheva str., 1), D.Sc. (Engineering), professor, university@rgatu.ru.

Georgii K. Rembalovich, Head of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (390044, Ryazan region, Ryazan, Kostycheva str., 1), D.Sc. (Engineering), associate professor, rgk.rgatu@yandex.ru.

Mikhail I. Kostenko, professor of the Department of Metal Technology and Machine Repair, Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostychev (390044, Ryazan region, Ryazan, Kostycheva str., 1), D.Sc. (Engineering), associate professor, kostenko.mihail2016@yandex.ru.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БИОТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Е. А. Улюкина, В. Е. Коноплев, М. В. Тачаев

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация.** Проведены исследования эксплуатационных свойств биотоплив на основе эфиров растительных масел. Установлено, что фракционный состав исследованных эфиров отличается от дизельного топлива более высокой температурой начала перегонки и узким диапазоном фракционирования, эфиры имеют большую вязкость и плотность по сравнению с дизельным топливом, резинотехнические изделия не выдерживают контакта с эфирами. А продукты термоллиза рапсового масла отличаются высокой токсичностью.*

***Ключевые слова:** биотопливо; эфиры растительных масел; эксплуатационные свойства.*

PERFORMANCE PROPERTIES OF BIOFUELS BASED ON ETHERS OF VEGETABLE OILS

E. A. Ulyukina, V. E. Konoplev, M. V. Tachaev

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** Research has been carried out on the performance properties of biofuels based on vegetable oil esters. It was found that the fractional composition of the investigated esters differs from diesel fuel in a higher distillation start temperature and a narrow range of fractionation, esters have a higher viscosity and density in comparison with diesel fuel, rubber products do not withstand contact with ethers. And the thermolysis products of rapeseed oil are highly toxic.*

***Keywords:** biofuel; ethers of vegetable oils; operational properties.*

Ежегодно сельскохозяйственные предприятия России потребляют большое количество дизельного топлива и автомобильных бензинов, получаемых из нефти, которая относится к невоз-

обновляемым источникам энергии. Кроме того, цена на поставляемое сельскому хозяйству моторное топливо ежегодно растет, что влияет на себестоимость сельскохозяйственной продукции. Это приводит к поиску альтернативных видов моторного топлива. Использование в качестве моторного топлива продуктов из органического (растительного) сырья целесообразно с точки зрения возобновляемости сырьевых ресурсов.

Анализ перспектив использования возобновляемых источников энергии для производства моторных топлив для дизельных двигателей [1-4] свидетельствует о преимуществах растительных масел. Растительные масла могут применяться как самостоятельное топливо для дизелей, так и в смесях с дизельным топливом, а также перерабатываются в метиловый, этиловый или бутиловый эфиры, использующиеся как самостоятельное биотопливо или как смесевые топлива (в смеси с дизельным или другими альтернативными топливами). В качестве биотоплива могут использоваться разнообразные растительные масла: рапсовое, кукурузное, льняное, хлопковое, соевое, пальмовое, арахисовое, оливковое и т. д. Всего в мире насчитывается свыше 150 видов масленичных растений. В России наиболее распространенным растительным маслом является подсолнечное. Объем его производства превышает 80 % общего объема производства растительных масел. Возможность использования растительных масел и их эфиров в качестве моторного топлива определяется их физико-химическими и эксплуатационными свойствами: плотностью, вязкостью, теплотой сгорания, фракционным составом, взаимодействием с конструкционными материалами и т. п.

Все растительные масла являются горючими и могут применяться в качестве моторных топлив. Однако низкая испаряемость и высокая вязкость исключает их использование в бензиновых двигателях, но они могут применяться в качестве топлива для дизелей. Температура их самовоспламенения (280...320 °С) немного превышает температуру самовоспламенения дизельного топлива (230...300 °С), при этом цетановое число растительных масел сопоставимо с цетановым числом дизельного топлива (40...55) [1].

Проводились исследования эксплуатационных свойств смесевоего топлива на основе рапсового масла, метилового эфира

подсолнечного масла (МЭПМ) и метилового эфира рапсового масла (МЭРМ), фракционный состав двух исследованных эфиров очень близок, но отличается от дизельного топлива более высокой температурой начала перегонки и узким диапазоном фракционирования: дизельное топливо выкипает в пределах от 190 до 340 °С, а эфиры растительных масел имеют диапазон перегонки от 310 до 360 °С [5], поэтому эфиры имеют большую вязкость и плотность по сравнению с дизельным топливом. Указанные отличия физических свойств метиловых эфиров растительных масел от свойств дизельного топлива оказывают влияние на параметры топливоподачи и, следовательно, на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля. В работе [6] проводились испытания работы дизеля на смеси дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла различных концентраций, установлено, что экологические показатели улучшаются – уменьшаются выброс оксидов азота в отработавших газах на 3,9 %, монооксида углерода на 22 %, углеводородов на 19 %, снижается дымность, при этом отмечено, что несколько увеличился удельный расход топлива и снизился КПД дизеля.

Были проведены опыты по перегонке рафинированного рапсового масла и его смесей с дизельным топливом (содержание рапсового масла 10 %, 20 % и 50 %). Перегонка осуществлялась в соответствии с ГОСТ 2177-99 «Метод определения фракционного состава дизельного топлива». Однако, этот метод не может быть применен к смесевым топливам на основе растительных масел.

При нагревании рапсового масла в колбе перегонного аппарата АФСА (анализатор фракционного состава автоматический) происходит необратимая химическая реакция, и в приемнике конденсируется подвижная ярко-зеленая жидкость с характерным резким, неприятным запахом, при этом выделяется едкий дым, раздражающий слизистую оболочку глаз и носоглотки. В перегонной колбе остается черный густой субстрат.

При перегонке смесей рапсового масла и дизельного топлива сначала наблюдалось выделение легких фракций дизельного топлива, но затем начиналось выделение едкого дыма и образование ярко-зеленой жидкости, причем для различных смесей этот процесс происходил на разных стадиях перегонки: для смеси с содержанием рапсового масла 10 % – при отгоне 86 %, для смеси с

содержанием 20 % рапсового масла – при отгоне 76 %, для смеси 50 % рапсового масла – после 46 % отгона при $t = 315\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для идентификации вещества использовался метод инфракрасной спектроскопии. На рисунке 1 представлен ИК-спектр продукта термоллиза рапсового масла (ярко-зеленой жидкости). На спектре отчетливо видно изменение формы полосы, характерной для углеводородов: $2800\text{...}3000\text{ см}^{-1}$ и полосы в области 1700 см^{-1} : появилась полоса 1711 см^{-1} ; это полоса характерна для непредельных органических кислот (область $1715\text{...}1609\text{ см}^{-1}$), интенсивная изумрудно-зеленая окраска этого вещества указывает на наличие сопряженных двойных связей.

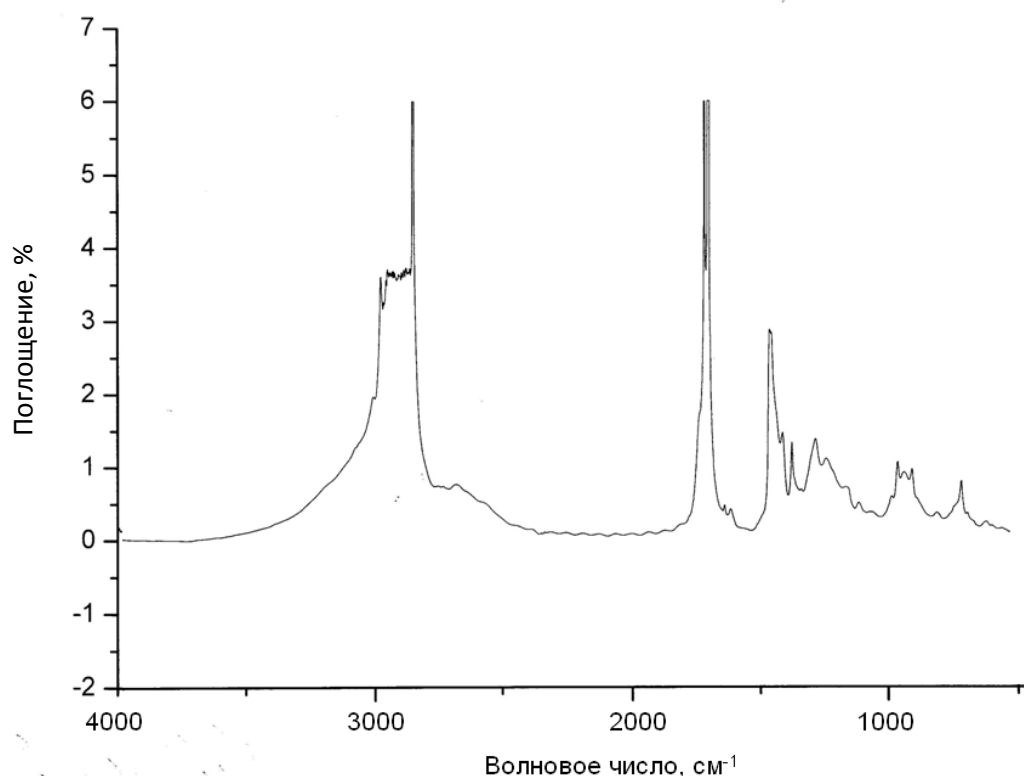


Рисунок 1 – Инфракрасный спектр продукта термоллиза рапсового масла

Были проведены исследования взаимодействия конструкционных материалов с различными видами биотоплива, в том числе: рапсовым маслом, смесевым топливом на основе рапсового масла, МЭРМ, МЭПМ и смесевое топлива на основе МЭПМ (соотношение метилового эфира подсолнечного масла в дизель-

ном топливе 5 %, 10 %, 25 % и 50 %). Эта методика описана в работе [7].

Установлено, что смесевые биотоплива на основе растительных масел и эфиров (МЭРМ и МЭПМ) не оказывают существенного влияния на детали, изготовленные из конструкционной стали. В то же время резинотехнические изделия не выдерживают даже сравнительно кратковременного контакта с МЭРМ и МЭПМ. Предлагается резиновые прокладочные и уплотнительные детали оборудования, предназначенного для операций с эфирами, заменить на другой материал, например, на тетрафторэтилен (фторопласт). Этот материал обладает высокой химической стойкостью практически ко всем химически активным и агрессивным жидкостям, в том числе и к эфирам.

Развитие производства различных видов биотоплива имеет реальные перспективы, но следует учитывать особенности их эксплуатационных свойств, что требует замены некоторых материалов в топливном оборудовании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инновационное развитие альтернативной энергетики : науч. изд. Ч. 1. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. 348 с.
2. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. А. Зыков, С. М. Гайдар. М. : ООО НИЦ «Инженер», 2016. 292 с.
3. Нагорнов С. А., Зазуля А. Н., Мещерякова Ю. В. Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива : науч. изд. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 172 с.
4. Улюкина Е. А. Перспективы применения биотоплива при эксплуатации сельскохозяйственной и мобильной техники // Известия Санкт-Петербургского государственного университета. 2019. № 4 (57). С. 183-193.
5. Улюкина Е. А. Особенности применения биотоплива в сельскохозяйственном производстве // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина. 2019. № 6 (94). С. 23-27.
6. Метилловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив/ В. А. Марков, С. Н. Девянин, Е. А. Улю-

кина, Н. Н. Пуляев // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). С. 29-41.

7. Взаимодействие различных видов биотоплива на основе рапсового масла с конструкционными материалами / Е. А. Улюкина, В. П. Коваленко, Н. Н. Пуляев, О. Н. Шайдурова, А. С. Буряков // Международный научный журнал. 2010. № 3. С. 88-91.

REFERENCES

1. Innovatsionnoe razvitiie al'ternativnoi energetiki [Innovative development of alternative energy]. Part. 1. Moscow, Rosinformagrotekh, 2010, 348 p.

2. Markov V. A., Devianin S. N., Zыkov S. A., Gaidar S. M. Biotopliva dlia dvigatelei vnutrennego sgoraniia [Biofuels for internal combustion engines]. Moscow, NITs «Inzhener», 2016, 292 p.

3. Nagornov S. A., Zazulia A. N., Meshcheriakova Yu. V. Tendentsii razvitiia tekhnologii proizvodstva biodizel'nogo topliva [Trends in the development of technologies for the production of biodiesel fuel]. Moscow, Rosinformagrotekh, 2017, 172 p.

4. Uliukina E. A. Perspektivy primeneniia biotopliva pri ekspluatatsii sel'skokhoziaistvennoi i mobil'noi tekhniki [Prospects for the use of biofuel in the operation of agricultural and mobile equipment]. *Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, no. 4 (57), pp. 183-193.

5. Uliukina E. A. Osobennosti primeneniia biotopliva v sel'skokhoziaistvennom proizvodstve. [Features of the use of biofuel in agricultural production]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia vysshego professional'nogo obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V. P. Goriachkina*, 2019, no. 6 (94). pp. 23-27.

6. Markov V. A., Devianin S. N., Uliukina E. A., Pulyaev N. N. Metilovyi efir podsolnechnogo masla kak ekologicheskii komponent neftianykh motornykh topliv [Sunflower oil methyl ether as an ecological component of oil motor fuels]. *Transport na al'ternativnom toplive*, 2015, no. 4 (46), pp. 29-41.

7. Uliukina E. A., Kovalenko V. P., Pulyaev N. N., Shaidurova O. N., Buriakov A. S. Vzaimodeistvie razlichnykh vidov biotopliva na osnove rapsovogo masla s konstruktsionnymi materialami [Interaction of various types of biofuels based on rapeseed oil with structural materials]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*, 2010, no. 3, pp. 88-91.

Об авторах:

Улюкина Елена Анатольевна, профессор кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, eulykina@rgau-msha.ru.

Коноплев Виталий Евгеньевич, доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат химических наук, доцент, konoplev@rgau-msha.ru.

Тачаев Максим Владимирович, доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат химических наук, доцент, m.tatchaev@rgau-msha.ru.

About the authors:

Elena A. Uliukina, professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, eulykina@rgau-msha.ru.

Vitalii E. Konoplev, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Chemical), associate professor, konoplev@rgau-msha.ru.

Maksim V. Tatchaev, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Chemical), associate professor, m.tatchaev@rgau-msha.ru.

ОСОБЕННОСТИ ТЯГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРОВ С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

С. Н. Девянин, А. В. Бижаев

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В перспективе двигатель внутреннего сгорания уступит место электрической машине и выбор такого силового агрегата для трактора нужно начинать уже сейчас. В работе рассмотрена возможность оценки характеристик двигателя для тяговых задач трактора.*

***Ключевые слова:** трактор; тяговая характеристика; двигатель; электродвигатель; выбор двигателя.*

FEATURES OF TRACTION CHARACTERISTICS OF TRACTOR WITH ELECTRIC DRIVE

S. N. Devyanin, A. V. Bizhaev

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** In the future, the internal combustion engine will give way to an electric machine and the choice of such a power unit for a tractor should be started now. The paper considers the possibility of evaluating the characteristics of the engine for traction tasks of the tractor.*

***Keywords:** tractor; traction characteristic; engine; electric motor; choice of engine.*

До активного внедрения электроприводных технологий, при использовании двигателей внутреннего сгорания на мобильных машинах рассматривался ряд проблем, связанных с выбросом токсичных компонентов отработавших газов и сравнимо невысокого КПД. Производители применяют ряд способов для решения этих проблем, одним из которых является применение альтернативных топлив. Наиболее перспективным и распространённым использованием в качестве альтернативного топлива является газ,

который часто применяется в газодизельном процессе [1]. В Европе также распространено использование биотоплив, большинство исследований которых показывают положительную динамику изменения вредных продуктов сгорания [2]. Для дизельных ДВС, используемых на тракторах и других сельскохозяйственных машинах одним из основных и наиболее опасных токсичных компонентов являются оксиды азота NO_x , образование которых связано с высокой температурой в камере сгорания в дизеле [3]. На фоне применения альтернативных топлив, существуют более эффективные способы снижения доли содержания оксидов азота, такие как добавки воды в камеру сгорания [4]. Однако подобные способы не получили широкого распространения ввиду множества факторов, в том числе и потребительских.

На сегодняшний день технологический уровень позволяет заменить все эти способы вытеснением ДВС экологически чистым электроприводом, который обладает необходимой характеристикой, способной реализовать функции мобильной машины. С ростом возможности применения электрических трансмиссий на сельскохозяйственных тракторах появилась необходимость в разработке концепции такой технологии, алгоритмов её управления и анализе соответствующих характеристик.

Характеристики ДВС принято представлять в виде внешней скоростной характеристики (зависимости показателей двигателя от частоты вращения) или для тракторов и комбайнов в виде регуляторной характеристики (зависимости показателей от эффективной мощности) [5, 6]. Однако в таком представлении характеристик двигателя сложно сразу оценить изменение тяговой характеристики трактора при использовании двигателей с различными характеристиками.

Такую ситуацию можно исправить, если характеристику двигателя представить в виде зависимости показателей от крутящего момента на коленчатом валу. Это связано с тем, что величина касательной силы тяги P_k на ведущих колесах связана с крутящим моментом двигателя M_k зависимостью:

$$P_k = \frac{M_k i_{\text{тр}} - M_{\text{тр}}}{r_d}, \quad (1)$$

где $i_{\text{тр}}$ – передаточное отношение трансмиссии трактора; $M_{\text{тр}}$ – механические потери в трансмиссии; $r_{\text{д}}$ – динамический радиус ведущего колеса трактора.

Сила тяги на крюке трактора $P_{\text{кр}}$ при движении по горизонтальному участку получается из имеющейся касательной силы тяги $P_{\text{к}}$ за вычетом силы сопротивления качению $P_{\text{ф}}$:

$$P_{\text{кр}} = P_{\text{к}} - P_{\text{ф}} \quad (2)$$

При работе трактора на какой-то определенной передаче передаточное отношение $i_{\text{тр}}$ не меняется, механические потери в трансмиссии $M_{\text{тр}}$, динамический радиус колеса $r_{\text{д}}$ и силу сопротивления качению $P_{\text{ф}}$ в первом приближении можно принять постоянными. В таком случае силу тяги на крюке $P_{\text{кр}}$ после подстановки выражения (1) в (2) и преобразования получим в виде:

$$P_{\text{кр}} = C_1 \cdot M_{\text{к}} - C_2, \quad (3)$$

где C_1 и C_2 – постоянные величины при данных условиях движения трактора.

Постоянная C_1 зависит от радиуса колеса и передаточного отношения трансмиссии, а C_2 – от величины потерь энергии в трансмиссии отнесенной к радиусу колеса и от качения колес. Таким образом, по осям абсцисс в тяговой характеристике трактора и характеристике двигателя перестроенной в виде зависимости от крутящего момента будут показатели, различающиеся на постоянную величину для каждого передаточного отношения трансмиссии.

На тяговой характеристике трактора принято представлять изменение скорости движения трактора, крюковой мощности, удельного крюкового расхода топлива, коэффициента буксования и тягового КПД [5, 6].

Взаимосвязь между частотой вращения вала двигателя n и скоростью трактора V при коэффициенте буксования δ и кинематическом радиусе колеса $r_{\text{к}}$ может быть выражена в виде:

$$V = 0,105 \cdot n \cdot r_{\text{к}} / i_{\text{тр}} \cdot (1 - \delta) \quad (4)$$

Величина крюковой мощности $N_{\text{кр}}$ находится как произведение скорости трактора V и силы тяги $P_{\text{кр}}$, и может быть выражена через эффективную мощность двигателя $N_{\text{е}}$ при использовании зависимостей (3) и (4) и преобразования в виде зависимости:

$$N_{\text{кр}} = (C_3 \cdot N_{\text{е}} - C_4 \cdot n) \cdot (1 - \delta), \quad (5)$$

где C_2 – постоянная, зависящая от соотношения r_k и r_d , и C_4 – постоянная, зависящая от постоянных C_1 и C_2 . Таким образом, искажение кривой крюковой мощности от N_e увеличивается с ростом частоты вращения двигателя и величины буксования. Так как величина потерь энергии в трансмиссии на режимах близких к номинальному не превышает 20 % и буксование также обычно меньше 20 % [5, 6], то существенного искажения протекания кривых мощности быть не должно.

Тяговый КПД является отношением $\eta_T = N_{кр}/N_e$ и его изменение определяется зависимостью (5), а удельные расходы топлива двигателя g_e и крюковой $g_{кр}$ связаны соотношением:

$$g_{кр} = g_e / \eta_T \quad (6)$$

На рисунке 1 в качестве примера приведены перестроенная характеристика двигателя и тяговая характеристика трактора с этим двигателем. Из рисунка можно заметить хорошее согласование протекания описанных выше показателей. Таким образом, на основании изложенного можно по сопоставлению характеристик двигателя сделать оценку тяговых качеств трактора без построения его тяговой характеристики.

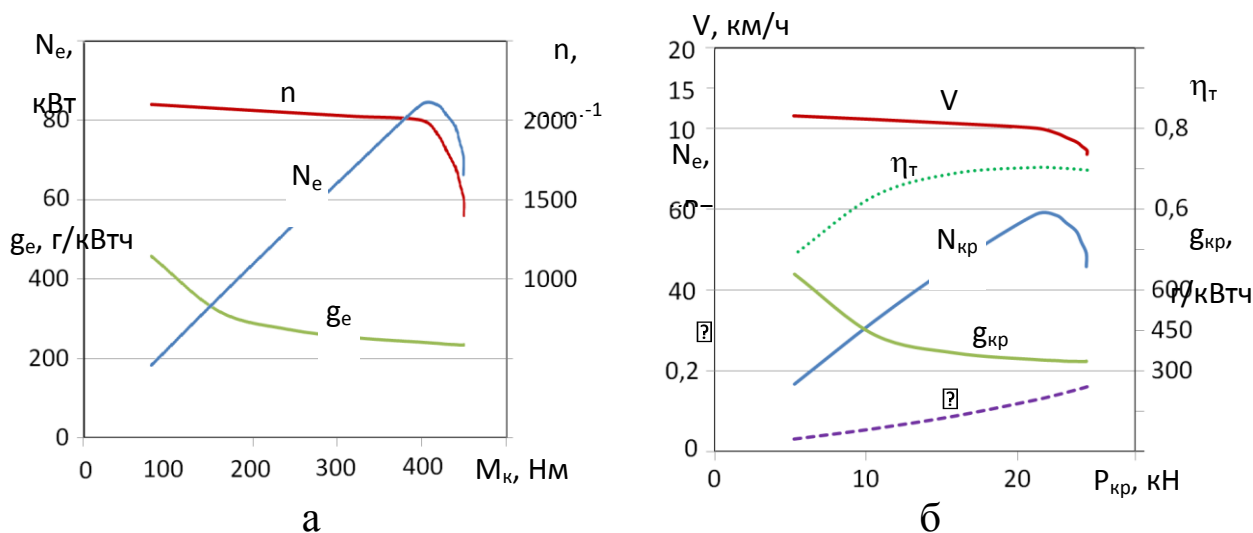


Рисунок 1 – Тяговые характеристики: а – двигателя; б – трактора

На основании изложенного материала сделано сопоставление характеристик тяговых электродвигателей \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 и дизеля Д в относительных единицах, которые показаны на рисунке 2. Характеристики электродвигателей, взятые для рассмотрения, яв-

ляются общепринятыми и образуются в результате естественных физических процессов с возможным моделированием [7, 8].

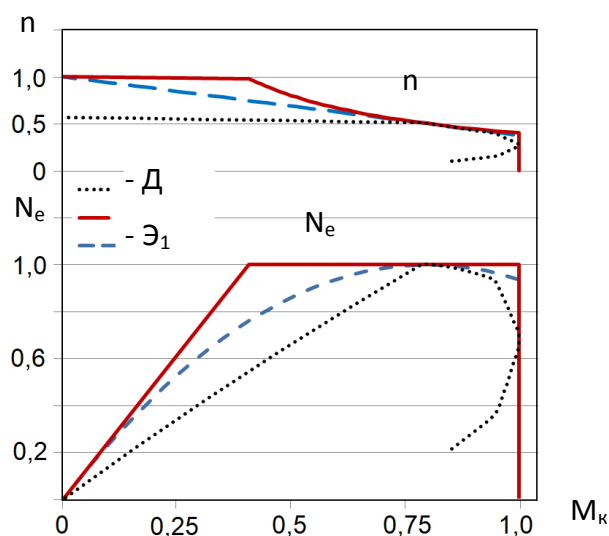


Рисунок 2 – Тяговые характеристики двигателей: Д – дизель; Э₁ – асинхронный с частотным управлением; Э₂ – коллекторный постоянного тока

Как следует из представленных на рисунке 2 данных, для тяговых задач трактора по мощности N_e электродвигатели имеют лучше характеристики, чем дизель [9, 10], т. к. в зоне максимальных значений N_e они имеют большую протяженность по крутящему моменту. Между электродвигателями лучше протекает характеристика у двигателя Э₁ чем у Э₂.

При сопоставлении изменения частоты вращения n (скорости трактора) в основной зоне изменения крутящего момента двигателя дизель имеет меньше изменение частоты вращения (более стабильное движение трактора), чем электродвигатели. Для поддержания заданной скорости движения трактора с электродвигателем понадобится дополнительное управление частотой вращения двигателя при снижении нагрузки.

В заключении следует отметить, что электродвигатель является хорошей заменой ДВС в тракторе для решения тяговых задач и, из рассмотренных, лучше использовать асинхронный электродвигатель с частотным управлением. Для поддержания постоянной скорости движения трактора с электроприводом потребуются в систему управления трактора добавить блок-регулятор скорости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Использование биогаза в качестве топлива для дизелей / С. Н. Девянин, В. Л. Чумаков, В. А. Марков, А. А. Ефанов // Грузовик. 2011. № 11. С. 32-43.
2. Экологическая безопасность применения биотоплив в дизелях / М. Н. Ерохин, С. Н. Девянин, В. Л. Чумаков, К. А. Малашенков // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2008. № 5 (14). С. 27-29.
3. Chumakov V. L., Devyanin S. N., Bijaev A. V. Nitrogen oxide formation with nonuniform fuel distribution in diesel engine / В сб.: Journal of Physics: Conference Series. Volume 1679. Issue 5. doi:10.1088/1742-6596/1679/5/052089.
4. Бижаев А. В., Девянин С. Н. Результаты экспериментальных исследований добавок воды в камеру сгорания дизельного двигателя // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 2. С. 36-39.
5. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. М. : ИНФРА-М, 2014. 506 с.
6. Поливаев О. И., Гребнев В. П., Ворохобин А. В. Теория трактора и автомобиля : учебник. СПб. : Лань, 2016. 232 с.
7. Фаттахов К. М., Фаттахов Р. К. Расчет и построение пусковых характеристик асинхронного двигателя по каталожным данным // Нефтегазовое дело. 2012. № 3. С. 25-31.
8. Шухарев С. А. Моделирование работы двигателя постоянного тока // Вестник института тяги и подвижного состава. Изд-во: Дальневосточный государственный университет путей сообщения (Хабаровск), 2018. № 14. С. 7-12.
9. Бижаев А. В. Проблемы выбора типа привода силового агрегата трактора на электрической тяге // В сб.: Чтения академика В. Н. Болтинского семинар. 2020. С. 247-252.
10. Бижаев А. В. Оценка параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.

REFERENCES

1. Devyanin S. N., Chumakov V. L., Markov V. A., Efanov A. A. Ispol'zovanie biogaza v kachestve topliva dlia dizelei [Using biogas as fuel for diesel engines]. *Gruzovik*, 2011, no. 11, pp. 32-43.
2. Erokhin M. N., Devyanin S. N., Chumakov V. L., Malashenkov K. A. Ekologicheskaiia bezopasnost' primeneniia biotopliv v dizeliakh [Ecological safety of the use of biofuels in diesel engines]. *Vestnik Orlovskogo gosudastvennogo agrarnogo universiteta*, 2008, no. 5 (14), pp. 27-29.

3. Chumakov V. L., Devyanin S. N., Bijaev A. V. Nitrogen oxide formation with nonuniform fuel distribution in diesel engine. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1679, issue 5. doi:10.1088/1742-6596/1679/5/052089.
4. Bizhaev A. V., Devyanin S. N. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy dobavok vody v kameru sgoraniia dizel'nogo dvigatel'ia [Results of experimental studies of water additions to the combustion chamber of a diesel engine]. *Sel'skokhoziaistvennyye mashiny i tekhnologii*, 2016, no. 2, pp. 36-39.
5. Kut'kov G. M. Traktory i avtomobili. Teoriia i tekhnologicheskie svoistva [Tractors and cars. Theory and technological properties]. INFRA-M, 2014, 506 p.
6. Polivaev O. I., Grebnev V. P., Vorokhobin A. V. Teoriia traktora i avtomobilia [The theory of the tractor and the car]. Saint Petersburg, Lan', 2016, 232 p.
7. Fattakhov K. M., Fattakhov R. K. Raschet i postroenie puskovykh kharakteristik asinkhronnogo dvigatel'ia po kataloghnym dannym [Calculation and construction of starting characteristics of an induction motor according to catalog data]. *Neftegazovoe delo*, 2012, no. 3, pp. 25-31.
8. Shukharev S. A. Modelirovanie raboty dvigatel'ia postoiannogo toka [Modeling the operation of a DC motor]. *Vestnik instituta tiagi i podvizhnogo sostava*, 2018, no. 14, pp. 7-12.
9. Bizhaev A. V. Problemy vybora tipa privoda silovogo agregata traktora na elektricheskoi tiage [Problems of choosing the type of drive of the power unit of a tractor on electric traction]. *Chteniia akademika V. N. Boltinskogo*, 2020, pp. 247-252.
10. Bizhaev A. V. Otsenka parametrov traktora s elektroprivodnym silovym agregatom [Estimation of parameters of a tractor with an electric drive power unit]. *Sel'skokhoziaistvennyye mashiny i tekhnologii*, 2020, vol. 14, no. 4. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.

Об авторах:

Девянин Сергей Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, devta@rambler.ru.

Бижаев Антон Владиславович, старший преподаватель кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, a.bizhaev@mail.ru.

About the authors:

Sergey N. Devyanin, professor of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, dev-ta@rambler.ru.

Anton V. Bizhaev, senior lecturer of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), a.bizhaev@mail.ru.

АНАЛИЗ БУКСОВАНИЯ ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА ТРАКТОРА ПРИ ВЛИЯНИИ КОМПЛЕКСНОГО ФАКТОРА

С. Н. Девянин, А. В. Бижаев

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Буксование трактора является фундаментальным параметром для выполнения тягового расчёта машины, поэтому точность его определения важна в условиях математического моделирования. В данной статье предлагается введение нового параметра, который определяет характеристику буксования в зависимости от комплексных условий сцепления колеса с опорной поверхностью на базе экспериментальных показателей. Статья будет полезна для математических расчётов тяговых характеристик тракторов. Данную модель можно использовать для реализации автоматизированного в том числе электронного управления ведущим колесом с целью повышения тягово-сцепных свойств машины.*

***Ключевые слова:** буксование; тяговая характеристика; агрофон; работа ведущего колеса; тягово-сцепные свойства трактора.*

ANALYSIS OF TRACTOR DRIVE WHEEL SLIP UNDER THE INFLUENCE OF A COMPLEX FACTOR

S. N. Devyanin, A. V. Bizhaev

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** Tractor slipping is a fundamental parameter for performing the traction calculation of the machine, therefore, the accuracy of its determination is important in terms of mathematical modeling. This article proposes the introduction of a new parameter that determines the characteristics of slipping depending on the complex conditions of adhesion of the wheel to the supporting surface on the basis of experimental indicators. The article will be useful for mathematical calculations of traction characteristics of tractors. This model can be used to implement automated, including electronic control of the driving wheel in order to improve the traction and coupling properties of the machine.*

Keywords: *slipping; traction characteristic; agro-background; work of the driving wheel; traction-coupling properties of the tractor.*

Буксование колеса мобильной машины, в том числе и трактора, это нормальный процесс в ходе тягообразования при котором происходит деформация как опорной поверхности под колесом, так и гибкой части самого колеса. В результате буксования линейная скорость колеса в точке приложения силы с опорной поверхностью выше, чем скорость движения самой машины. Данный процесс является неотъемлемой частью процесса тягообразования и рассматривается обычно как нормальное явление [1].

При увеличении буксования ведущих колёс тяговый КПД трактора снижается, а его работа затрачивается на силу трения и деформацию колеса с опорной поверхностью. Современный технологический уровень позволяет реализовать гибкое управление ведущими колёсами трактора, в том числе и за счёт применения электропривода, что позволяет снизить буксование за счёт реализации оптимальной нагрузки колеса [2, 3].

Определение концепции ведущего колеса применимого в трансмиссиях с индивидуальным приводом сводится к алгоритму управлению, а значит и к моделированию всех связанных параметров его работы. Потери, сопровождающиеся повышением буксования и вызванные жёсткостью трансмиссии, обычно возникают вследствие возникновения паразитной мощности, в основе которой прежде всего лежит кинематическое несоответствие ведущих колёс [4]. Это проявляется в прохождении различных путей ведущих колёс при их одинаковой угловой скорости. Практически эта ситуация в определённой мере решается современными системами электронного управления, в которых буксование, как и многие другие параметры отслеживаются для динамической стабилизации машины [5]. Некоторыми исследованиями было показано, что при гибком управлении нагрузкой колеса было получено повышение КПД работы машины до 20 % [6].

При расчётном подходе к вопросу обязательной характеристикой, закладываемой в модель, является буксование. В реальных условиях при движении машины по опорной поверхности буксование в любых условиях больше нуля и возрастает при увеличении нагрузки по экспоненциальной зависимости до точки

преодоления максимального тягового усилия. Это объясняется деформацией опорной поверхности под протектором колеса и самого колеса, затем после достижения порогового значения силы тяги на крюке происходит срыв пласта или протектора колеса относительно друг друга, после чего сила трения покоя колеса с опорной поверхностью в большей степени переходит в силу трения скольжения.

Из этих положений следует, что моделирование буксования можно рассматривать как сумму характеристик, полученных аппроксимированием буксования до достижения активного перехода от силы трения покоя и после этого момента. Для первого случая удобно использовать уравнение регрессии второго порядка, а для второго функцию на основе гиперболы. Характеристика буксования в таком случае примет следующий вид:

$$\delta = \alpha_p P_{кр} + b_1 P_{кр}^2 + \frac{R}{P_{крп} - P_{кр}} - \frac{R}{P_{крп}}, \quad (1)$$

где: α_p и b_p – расчётные коэффициенты, зависящие от условий буксования (почвенный фон, износ протектора и т. д.); R – коэффициент плавности перехода от силы трения покоя к силе трения скольжения; $P_{кр}$ – усилие трактора на крюке; $P_{крп}$ – предельное усилие трактора на крюке при неизменных условиях тягово-сцепных свойств.

В свою очередь, предельная сила на крюке, определяемая переходом от силы трения покоя к силе трения качения, которая в реальных условиях соответствует силе при срыве пласта почвы, упрощённо определяется по следующей зависимости:

$$P_{крп} = \sqrt{\frac{\delta_{пр}}{\alpha_p} + \left(\frac{b_p}{2\alpha_p}\right)^2} - \frac{b_p}{2\alpha_p}, \quad (2)$$

где: $\delta_{пр}$ – буксование при предельной силе тяги на крюке трактора.

Характеристика буксования трактора обычно определяется для неизменных условий работы, которые в приведённом уравнении характеризуют коэффициенты α_p и b_p . Для определения буксования при изменении других факторов удобно задаться зависимостью, которая будет характеризовать тенденцию изменения линии буксования. Для этого необходимо задаться параметром,

который имеет привязку к значению буксования при определённом режиме работы. Условно параметр можно назвать фактор буксования F_6 , который определяет условия изменения коэффициентов $a_p = f(F_6)$ и $b_p = f(F_6)$. При анализе экспериментальных характеристик буксования трактора МТЗ-80 на различных агрофонах были получены коэффициенты a_p и b_p (рисунок 1А). Из полученных характеристик видно, что с повышением мягкости агрофона, а следовательно, с уменьшением фактора F_6 , коэффициенты a_p и b_p увеличиваются. Предельная сила тяги на крюке также может изменяться при различных условиях сцепления колеса с поверхностью и может определяться по зависимости (2) по соответствующему буксованию.

Фактор буксования удобно привязать к допустимому буксованию при номинальном тяговом усилии, так как этот параметр для тракторов регламентируется, и определить его как отношение тягового усилия, при котором буксование соответствует допустимому значению к номинальному тяговому усилию трактора на крюке $F_6 = P_{кб} / P_{кр}$ (рисунок 1Б).

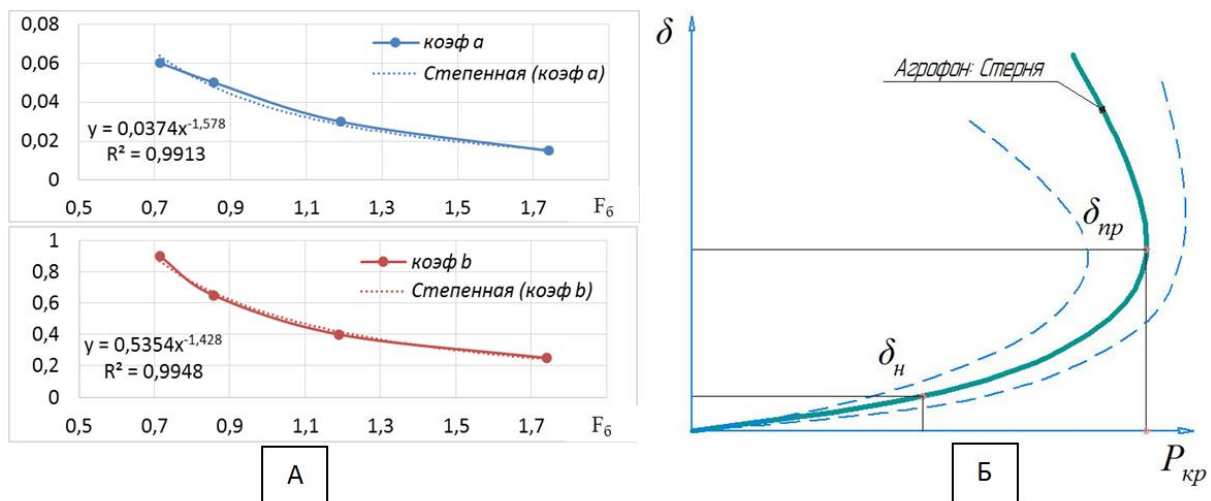


Рисунок 1 – А) Аппроксимация зависимости изменения коэффициентов a и b на различном агрофоне трактора МТЗ-80. Б) Основные точки характеристики буксования для определения фактора буксования F_6 .

Поэтому, если $F_6 = 1$, это говорит о том, что на текущей характеристике буксования при достижении тягового усилия, соот-

ветствующего номинальному, буксование станет равным допустимому значению. В качестве примера расчёта можно выбрать характеристики буксования трактора МТЗ-80 на различных агрофонах (рисунок 2). По существующим характеристикам аппроксимацией получены зависимости коэффициентов $\alpha_p = 0,0374F_6^{-1,578}$ и $b_p = 0,5354F_6^{-1,428}$, при постоянном значении коэффициента $R = 10 = const$. Как показывает расчётное исследование параметр R в данной ситуации не изменяется при смене агрофона несмотря на то, что определяет диапазон крюкового усилия при условном переходе от силы трения покоя колеса к силе трения скольжения. Из полученных зависимостей видно, что каждый тип агрофона соответствует фактору буксования, которым они характеризуются, и точность совпадения характеристик сравнимо высока, при среднем коэффициенте детерминации 0,98.

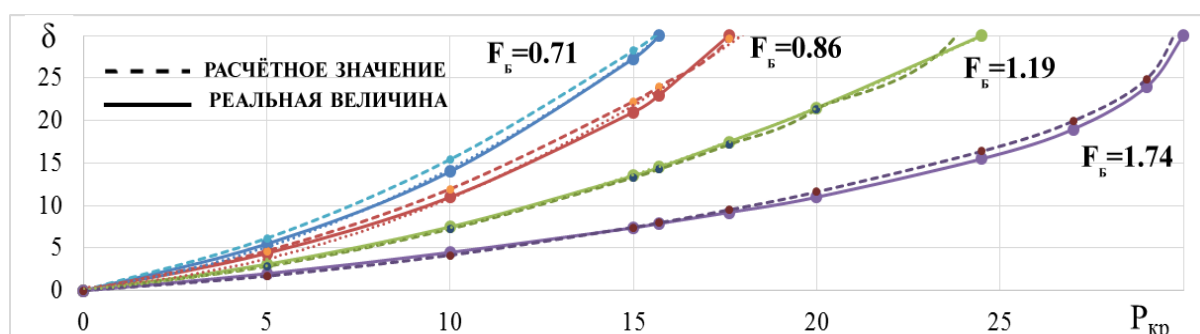


Рисунок 2 – Реальная и расчётная тяговые характеристики трактора МТЗ-80 по буксованию на различных агрофонах:
 F_6 – фактор буксования, при $F_6 = 0,71$ фон – поле под посев, при $F_6 = 0,86$ фон – стерня, при $F_6 = 1,19$ фон – залежь, при $F_6 = 1,74$ фон – асфальтовая дорога

Данная математическая модель позволяет оценить характеристики буксования трактора при любых других условиях, опираясь на существующие зависимости. Например, для трактора МТЗ-80 определён фактор буксования для различных агрофонов при прочих равных условиях и составляет: 0,71 для поля под посев, 0,86 для стерни, 1,19 для залежи и 1,74 для асфальтового покрытия.

Диапазон действия модели ограничивается предельной силой тяги на крюке, в данном случае это сила, соответствующая

буксованию 30 %, что актуально для определения параметров работы тракторов.

При управлении колесом с индивидуальным приводом такая модель может быть заложена для определения его тягово-сцепных свойств. Определение параметра по многофакторной характеристике позволит составить программу адаптивных условий работы для повышения эффективности работы тракторного колеса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутьков Г. М. Трактора и автомобили. Теория и технологические свойства : учеб. 2-е изд., перераб. и доп. М. : НИЦ ИНФРА-М, 2014. 506 с.
2. Бижаев А. В. Оценка параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.
3. Бижаев А. В. Проблемы выбора типа привода силового агрегата трактора на электрической тяге // В сб.: чтения академика В. Н. Болтинского. 2020. С. 247-252.
4. Пат. 2657136 Российская Федерация G01M17/00, B60C23/00. Способ определения кинематического рассогласования в трансмиссиях многоосных полноприводных колесных машин / А. Н. Симоненко № 2017118034, заявл. 24.05.2017; опубл. 08.06.2018.
5. Смирнов Ю. А., Муханов А. В. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей. СПб. : Издательство «Лань», 2012. 624 с.
6. Лепешкин А. В. Опыт использования и перспективы создания многоприводных колесных машин повышенной проходимости. // Известия МГТУ МАМИ. 2010. № 2 (10). С. 54-65.

REFERENCES

1. Kut'kov G. M. Traktora i avtomobili. Teoriia i tekhnologicheskie svoistva [Tractors and cars. Theory and technological properties]. Moscow, Nits INFRA-M, 2014, 506 p.
2. Bizhaev A. V. Otsenka parametrov traktora s elektroprivodnym silovym agregatom [Estimation of parameters of a tractor with an electrically driven power unit]. *Sel'skokhoziaistvennyye mashiny i tekhnologii*, 2020, vol. 14, no. 4. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.
3. Bizhaev A. V. Problemy vybora tipa privoda silovogo agregata traktora na elektricheskoi tiage [Problems of choosing the type of drive of the

power unit of a tractor on electric traction]. *Chteniia akademika V. N. Boltinskogo*, 2020, pp. 247-252.

4. Patent 2657136 Russia Federation, G01M17/00, B60C23/00. Method for determining kinematic misalignment in transmissions of multi-axle four-wheel drive vehicles / A. N. Simonenko. No. 2017118034, appl. 24.05.2017; publ. 08.06.2018.

5. Smirnov Yu. A., Mukhanov A. V. Elektronnye i mikroprocessornye sistemy upravleniia avtomobilei [Electronic and microprocessor control systems of automobiles]. Saint Petersburg, Lan', 2012, 624 p.

6. Lepeshkin A. V. Opyt ispol'zovaniia i perspektivy sozdaniia mnogoprivodnykh kolesnykh mashin povyshennoi prokhozimosti [Experience of use and prospects of creation of multi-drive wheeled vehicles with increased throughput]. *Izvestiia MGTU MAMI*, 2010, no. 2 (10), pp. 54-65.

Об авторах:

Девянин Сергей Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, devta@rambler.ru.

Бизаев Антон Владиславович, старший преподаватель кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, a.bizhaev@mail.ru.

About the authors:

Sergey N. Devyanin, professor of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, devta@rambler.ru.

Anton V. Bizhaev, senior lecturer of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), a.bizhaev@mail.ru.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПАРАЗИТНОЙ МОЩНОСТИ ТРАКТОРА НА РАБОТУ ВЕДУЩИХ КОЛЁС

В. Л. Чумаков, А. В. Бижаев

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Возникновение паразитной мощности трактора в первую очередь связано с кинематическим несоответствием ведущих колёс и жёсткостью трансмиссии. В данной статье рассмотрены основные проблемы возникновения паразитной мощности и способы их решения, а также подход к вопросу измерения параметров этого явления для его математической оценки.*

***Ключевые слова:** паразитная мощность трактора; кинематическое несоответствие; буксование; сцепные свойства колеса; работа ведущего колеса.*

ANALYSIS OF THE PROBLEM OF THE IMPACT OF PARASITIC TRACTOR POWER ON THE OPERATION OF THE DRIVING WHEELS

V. L. Chumakov, A. V. Bizhaev

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The emergence of parasitic power of the tractor is primarily associated with the kinematic discrepancy between the driving wheels and the rigidity of the transmission. This article discusses the main problems of the occurrence of parasitic power and ways to solve them, as well as an approach to the issue of measuring the parameters of this phenomenon for its mathematical assessment.*

***Keywords:** parasitic tractor power; kinematic discrepancy; slipping; wheel coupling properties; drive wheel operation.*

При эксплуатации трактора наиболее важную роль играют его тягово-сцепные свойства для обеспечения необходимой эффективности работы. Тягово-сцепные свойства трактора определяет множество факторов, среди которых: эксплуатационный вес

трактора, параметры его движителей, балластирование, свойства трансмиссии, использование механизмов догружения, таких как позиционно-силовой регулятор и т. д. Все из перечисленных мер направлены на увеличение максимально возможной касательной силы тяги колеса, которая определяется по формуле [1]:

$$P_k = G_a \cdot \varphi_k, \quad (1)$$

где: G_a – полный вес трактора, φ_k – коэффициент сцепления движителя с опорной поверхностью.

Для колёсных машин зона сцепления определяется пятном контакта колеса с поверхностью, при этом следует учитывать, что давление на почву не должно превышать допустимое значение. Исходя из этих соображений большая площадь пятна контакта является оптимальным решением проблемы. Отрицательным моментом в данном случае будет повышение силы сопротивления качению колеса, вызванной дополнительными затратами энергии на деформацию шины, что ограничивает чрезмерное увеличение пятна контакта за счёт снижения давления камеры пневматической шины [2]. Современные способы решения данной проблемы сводятся к использованию гусеничных движителей с эластичной структурой, которые позволяют увеличить площадь пятна контакта, не смотря на ряд проблем, связанных с буксованием ведущего колеса относительно гусеницы при различных условиях влажности и других эксплуатационных факторах. Но даже при таком подходе параметры тягообразования будут в любом случае зависеть от свойств трансмиссии.

На современных тракторах в подавляющем большинстве случаев устанавливается механическая ступенчатая трансмиссия с ручным, гидравлическим или электрическим приводом управления. Такая трансмиссия обычно содержит межколёсные и промежуточные симметричные, шестерённые дифференциалы для маневрирования трактора без дополнительных потерь на паразитную мощность, обеспечивая различные угловые скорости всем ведущим колёсам.

С точки зрения маневрирования трактора дифференциал никаких проблем при эксплуатации не вызывает. При движении трактора прямолинейно в одинаковых условиях ввиду свойств дифференциала на ведущих колёсах может реализовываться

только равнозначная касательная сила (рисунок 1 I) [1, 2]. Однако, если рассмотреть механизм образования касательной силы колеса в точке контакта с опорной поверхностью, то по зависимости (1) видно, что в реальных условиях она будет постоянно меняться, так как сцепление колеса с опорной поверхностью невозможно выдержать строго на одном уровне, а при изменении геометрического положения трактора в пространстве и веса, приходящегося на конкретное колесо, в результате чего образуется кинематическое несоответствие [3].

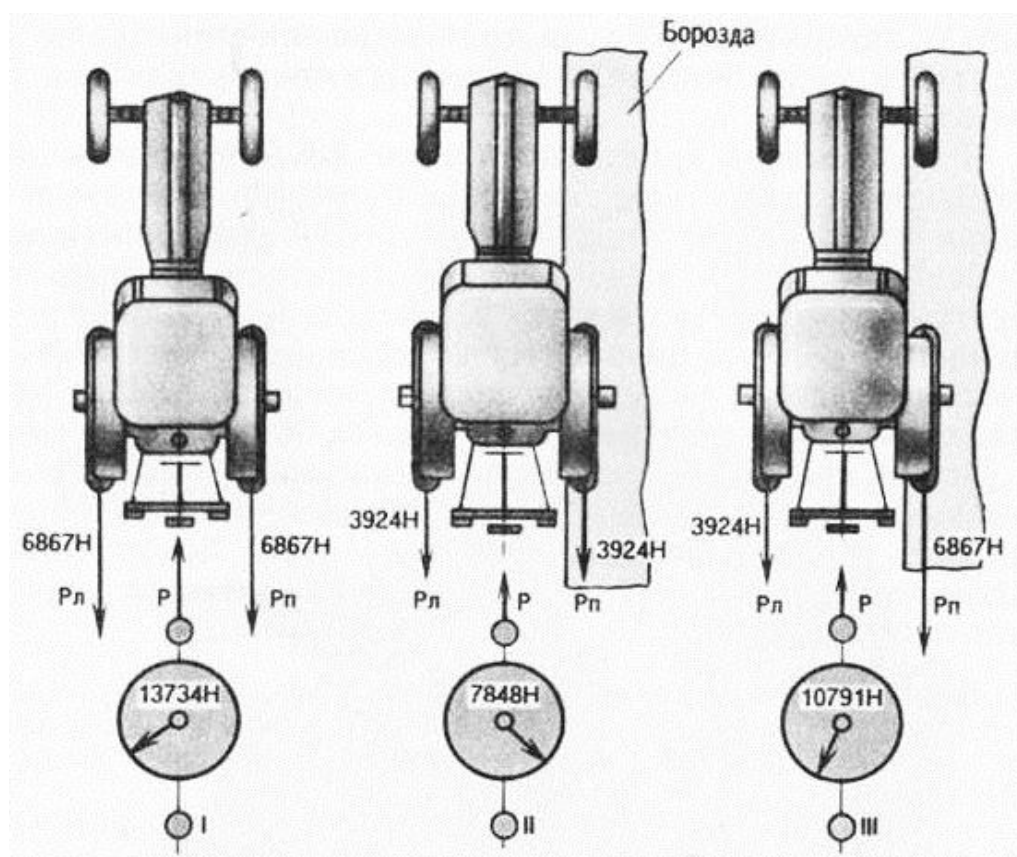


Рисунок 1 – Схема реализуемых касательных сил тяги колёс при различных сцепных условиях

Негативное свойство симметричного дифференциала заключается в распределении крутящего момента пополам, с учётом внутреннего трения в дифференциале. Поэтому разблокированный дифференциал обеспечивает равный крутящий момент на два колеса по наименьшему значению, реализуемого одним из колёс. Например, подобная ситуация может теоретически возникнуть при сельскохозяйственных операциях трактора с попа-

данием одной стороной колёс в межу, поверхность которой имеет другое значение коэффициента сцепления с ведущим колесом (рисунок 1 II).

Для решения подобных проблем используется блокировка дифференциала, которая позволяет при прямолинейном движении жёстко связать две подсистемы для полной реализации касательной силы тяги колеса при большем коэффициенте сцепления (рисунок 1 III).

В реальных условиях при выполнении агротехнической операции все колёса трактора находятся в разных условиях работы, поэтому при блокировке дифференциала угловые скорости их будут равны, но реальные пути, пройденные колёсами, будут отличаться. Это приведёт к тому, что одно колесо практически всегда будет буксовать, а другое подтягиваться юзом, что вызовет реализацию паразитной мощности между колёсами и опорной поверхностью, а также дополнительную нагрузку в трансмиссии.

Частичным решением этой проблемы является использование дифференциалов повышенного трения и антипробуксовочных систем, имеющих различный принцип работы, но одинаковый физический подход к вопросу [1, 4]. Он заключается в обеспечении дополнительной внутренней силы трения, для повышения нагрузочной способности ведущего колеса с более высоким коэффициентом сцепления. Отрицательным свойством таких систем является потери в трансмиссии на внутреннее трение.

Поэтому полностью решить данную проблему возможно только при помощи индивидуального привода ведущих колёс. Такая трансмиссия не будет иметь дополнительных потерь, при этом она будет обеспечивать ведущее колесо максимально возможным тяговым усилием. Подобные технологии только активно развиваются, так как технологический уровень уже позволяет перейти на высокоэффективные электрические трансмиссии. Однако в 2011 году организацией НАМИ-сервис совместно с АМО ЗИЛ был реализован проект, в ходе которого был разработан трёхосный вездеход «Гидроход-49061» с гидравлическим индивидуальным приводом ведущих колёс. Снижение потерь на работу колёс при эксплуатации этой машины составляло 20 % [5]. Подобные трансмиссии, имеющие независимый привод колёс, иногда называются гибкими и на современном уровне реализу-

ются при помощи электропривода [6]. Современные электроприводные технологии, управляемые электронными системами, имеют широкую перспективу развития в ближайшем будущем, что подтверждается исследованиями по данной тематике [7, 8].

Параметры паразитной мощности математически сложно-оценимы, так как содержат множество эмпирических показателей, таких как буксование, коэффициент использования сцепного веса, коэффициент сопротивления качению и т. д., которые можно определить только экспериментально. Несмотря на то, что многие исследования уже проведены, некоторые результаты являются труднодоступными из-за срока давности и многие научно-исследовательские работы утеряны. Для получения полного представления о параметрах паразитной мощности при проведении экспериментального исследования должно оцениваться не только кинематическое несоответствие, но и динамическое состояние системы. В данном случае это крутящие моменты на колёсах.

При полной оценке параметров паразитной мощности станет возможна реализация точной математической модели, позволяющей создать систему анализа расчётов для её внедрения в электронную систему управления независимым приводом колёс машины [9].

Данная система может быть дополнена под различные задачи трактора, поэтому её математическая реализация имеет значительную практическую ценность для дальнейшей реализации в тракторах с электроприводным силовым агрегатом. Данное направление набирает популярность и является перспективным как для производителей тракторной техники, так и для дальнейших научных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кутьков Г. М. Трактора и автомобили. Теория и технологические свойства : учеб. 2-е изд., перераб. и доп. М. : НИЦ ИНФРА-М, 2014. 506 с.
2. Поливаев О. И., Гребнев В. П., Ворохобин А. В. Теория трактора и автомобиля : учебник. СПб: Лань, 2016. 232 с.

3. Пат. 2657136 Российская Федерация G01M17/00, B60C23/00. Способ определения кинематического рассогласования в трансмиссиях многоосных полноприводных колесных машин / А. Н. Симоненко № 2017118034, заявл. 24.05.2017; опубл. 08.06.2018.
4. Смирнов Ю. А., Муханов А. В. Электронные и микропроцессорные системы управления автомобилей : учебное пособие. СПб. : Издательство «Лань», 2012. 624 с.
5. Лепешкин А. В. Опыт использования и перспективы создания многоприводных колесных машин повышенной проходимости. // Известия МГТУ МАМИ. 2010. № 2 (10). С. 54-65.
6. Бижаев А. В. Проблемы выбора типа привода силового агрегата трактора на электрической тяге // В сб.: чтения академика В. Н. Болтинского. 2020. С. 247-252.
7. Бижаев А. В. Оценка параметров трактора с электроприводным силовым агрегатом // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. Т. 14. № 4. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.
8. Иванов А. М., Иванов С. А. Комбинированные энергоустановки с ИКЭ – основа эффективного использования топливно-энергетических ресурсов XXI века // Электротехника. 2003. № 12. С. 2-6.
9. Строганов В. И., Козловский В. Н. Моделирование систем электромобилей и автомобилей с комбинированной силовой установкой в процессах проектирования и производства : монография. М. : МАДИ. 2014. 264 с.

REFERENCES

1. Kut'kov G. M. Traktora i avtomobili. Teoriia i tekhnologicheskie svoistva [Tractors and cars. Theory and technological properties]. Moscow, Nits INFRA-M, 2014, 506 p.
2. Polivaev O. I., Grebnev V. P., Vorokhobin A. V. Teoriia traktora i avtomobilia [The theory of the tractor and the car]. Saint Petersburg, Lan', 2016, 232 p.
3. Patent 2657136 Russia Federation, G01M17/00, B60C23/00. Method for determining kinematic misalignment in transmissions of multi-axle four-wheel drive vehicles / A. N. Simonenko. No. 2017118034, appl. 24.05.2017; publ. 08.06.2018.
4. Smirnov Yu. A., Mukhanov A. V. Elektronnye i mikroprotsessornyye sistemy upravleniia avtomobilei [Electronic and microprocessor control systems for cars]. Saint Petersburg, Lan', 2012, 624 p.
5. Lepeshkin A. V. Opyt ispol'zovaniia i perspektivy sozdaniia mnogoprivodnykh kolesnykh mashin povyshennoi prokhodimosti [Experience in the

use and prospects of creating multi-drive wheeled vehicles with increased cross-country ability]. *Izvestiia MGTU MAMI*, 2010, no. 2 (10), pp. 54-65.

6. Bizhaev A. V. Problemy vybora tipa privoda silovogo agregata traktora na elektricheskoi tiage [Problems of choosing the type of drive of the tractor power unit on electric traction]. *Chteniia akademika V. N. Boltinskogo*, 2020, pp. 247-252.

7. Bizhaev A. V. Otsenka parametrov traktora s elektroprivodnym silovym agregatom [Estimation of parameters of a tractor with an electric drive power unit]. *Sel'skokhoziaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2020, vol. 14, no. 4. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-0-0.

8. Ivanov A. M., Ivanov S. A. Kombinirovannye energoustanovki s IKE – osnova effektivnogo ispol'zovaniia toplivno-energeticheskikh resursov XXI veka [Combined power plants with IKE - the basis for the effective use of fuel and energy resources of the XXI century]. *Elektrotehnika*, 2003, no. 12, pp. 2-6.

9. Stroganov V. I., Kozlovskii V. N. Modelirovanie sistem elektromobilei i avtomobilei s kombinirovannoi silovoi ustanovkoi v protsessakh proektirovaniia i proizvodstva [Modeling of systems of electric vehicles and cars with a combined power plant in the design and production processes]. Moscow, MADI, 2014, 264 p.

Об авторах:

Чумаков Валерий Леонидович, профессор кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, профессор.

Бизаев Антон Владиславович, старший преподаватель кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, a.bizhaev@mail.ru.

About the authors:

Valery L. Chumakov, professor of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), professor.

Anton V. Bizhaev, senior lecturer of the Department of Tractors and Cars, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), a.bizhaev@mail.ru.

РЕЦИКЛИНГ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

М. Ю. Конкин, А. В. Лапаев

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** работа посвящена вопросам повторного использования материалов технических средств, отработавших свой жизненный цикл и требующих технологической утилизации по видам компонентов материальных средств.*

***Ключевые слова:** ресурсосбережение; утилизируемые ресурсы; рециклинг; вторичная переработка материалов.*

RECYCLING OF MACHINERY AND EQUIPMENT

M. Yu. Konkin, A. V. Lapaev

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The work is devoted to the issues of re-use of materials of technical means that have worked out their life cycle and require technological disposal by types of components of material means*

***Keywords:** resource conservation; recyclable resources; recycling; recycling of materials.*

Вторичная переработка материальных ресурсов является позитивным вкладом в сокращение негативного воздействия на окружающую среду. Утилизация уже использованных материалов или использование их как источников энергии сохраняет естественные природные ресурсы и снижает загрязнение геосфер как от производства конструкционных материалов и энергии, так и от утилизации отходов. При рециклировании одного среднестатистического легкового автомобиля сохраняется свыше 1200 кг железной руды и 650 кг угля. Получение стали из рециклированных материалов позволяет расходовать на 74 % меньше энергии, на 40 % меньше воды и на 70 % уменьшить ее загрязнение, снизить на 86 % выбросы вредных веществ в атмосферу. Относительно получения других металлов

экономия энергии составляет: для алюминия – 95 %; для меди – 85 %; для свинца – 65 %; для цинка – 60 %.

Совет ЕС утвердил Директиву 2000/53/ЕС «Транспортные средства, вышедшие из эксплуатации», цель которой установление мер по предотвращению образования отходов, связанных с выходом из эксплуатации транспортных средств, а также их повторным использованием, рециклированием и другими формами восстановления транспортных средств и их узлов. Согласно директиве, производители автомобилей предоставляют имеющим лицензию предприятиям по переработке всю необходимую для этого информацию, в частности об использованных опасных материалах. Кроме того, директива требует предоставления компаниями-операторами всей необходимой информации потребителям, а также сбора и публикации статистической информации об утилизации автомобилей на уровне местных сообществ. Директива по повторному использованию, восстановлению и уничтожению отходов эксплуатации поставила следующие задачи:

- восстановление минимум 95 % от веса, включая при этом восстановление 10 % энергии;
- в производстве новых автомобилей запрещается использование таких опасных материалов, как свинец, ртуть, кадмий, шестивалентный хром, исключая те компоненты, где они необходимы для безопасного функционирования.

В пятнадцати странах-членах Евросоюза ежегодно перерабатывается около 8,5 млн автомобилей. Мировой парк легковых автомобилей насчитывает около 630 млн единиц. Ежегодно выводятся из эксплуатации 40...50 млн единиц. Средний возраст отправляемого на утилизацию автомобиля составляет 12...15 лет.

В России также создаются специальные заводы по утилизации автомобилей, по переработке шин и других компонентов. Сбор и утилизация 85 % выходящих из эксплуатации за год в Российской Федерации 0,55 млн автомобилей позволит поднять долю повторного использования деталей и узлов и агрегатов до 15 % и снизить объем образующихся неперерабатываемых отходов в 2...5 раз. Это увеличит предотвращенный ущерб за счет снижения захламления и химического загрязнения почв, позволит снизить затраты тепловой

энергии на 33,7 млн ГДж, и сэкономить 1,97 млн тонн природных ресурсов и других материалов в год.

Утилизация и рециклинг автомобилей позволяют решить проблему ресурсосбережения, связанную с машиноиспользованием:

- защита окружающей среды от несанкционированных свалок;
- существенное пополнение промышленных запасов сырья и материалов за счет рециклинга материалов;
- сокращение производства запчастей для автомобилей путем создания условий по восстановлению, диагностированию и продаже с гарантией агрегатов, узлов и деталей с разобранных утилизируемых автомобилей.

Повторное использование вторичных материальных ресурсов (металлов, пластмасс, резинотехнических изделий и др.) позволит снизить техногенное воздействие на окружающую среду, так как уменьшится потребность в полигонах для захоронения отходов, уменьшится негативное воздействие на атмосферу, снизится потребление энергетических и водных ресурсов.

Вторичная переработка материалов, деталей, узлов и агрегатов автомобиля должна рассматриваться как ключевой момент на протяжении всего жизненного цикла, от момента создания автомобиля и до конечной стадии его эксплуатации. Компания Toyota разработала программу, направленную на решение этих проблем уже на стадии конструирования и разработки автомобиля, и применяет дизайн, учитывающий технологии вторичной переработки. Мероприятия по вторичной переработке охватывают весь жизненный цикл автомобиля. На стадии разработки автомобиля учитываются способы разборки и демонтажа для переработки.

При производстве автомобиля учитываются возможности эффективного использования существующих технологий по переработке вторичных материалов (переработка металлов, пластика и пластмасс, резины и др.).

По окончании жизненного цикла автомобиля и поступления на утилизацию автомобиля обращается внимание на:

- возможность демонтажа узлов и агрегатов;
- эффективное использование отходов;
- сбор и переработка вышедших из эксплуатации автомобилей и его компонентов;

- возможность повторного использования восстановленных узлов и деталей.

По данным концерна Volkswagen, масса среднестатистического легкового автомобиля 1200 кг. Из них 200 кг приходится на долю чугуна, 170 кг – на легкосплавные элементы и цветные металлы, 90 кг – на резину, 50 кг – на стекла, 25 кг – на краску, 65 кг – на «второстепенные» материалы. Преобладает же пока сталь, ее в машине около половины. При утилизации самыми сложными материалами были и остаются пластики. Их доля растет с каждым годом, увеличившись за последние десятилетия в 7 раз. Сложность в том, что в отличие от стали в каждой машине применяют до нескольких десятков типов пластмасс пяти основных групп, доминируют в которых поликарбонаты, полипропилены и полиамиды. После непростой сортировки каждый вид требует своего подхода к переработке. Но и металлические детали не так легко использовать повторно. Для решения проблемы крупные автомобильные фирмы строят заводы, по масштабам сопоставимые со сборочным производством. Впрочем, это не удивительно: ведь процесс рециклинга – по сути та же сборка, но в обратном порядке. Сначала автомобиль попадает в цех осушки и первичной разборки, где из него удаляют остатки топлива, масла, тормозную и охлаждающую жидкости (в общей сложности около 20 л). Далее снимают шины, многие фирмы используют отработанные покрышки для производства новых. Из 1 тонны резинового утиля возможно получить около 400 л нефти, а высвободившиеся при этом 135 л газа вместе с отработавшими жидкостями можно отправить на топку ТЭЦ. Положительным побочным эффектом можно считать и 140 кг стальной проволоки, получаемой при переработке 1 тонны старых шин.

Качественные экологические показатели конструкции автомобилей с учетом последующего рециклирования можно представить как:

- наличие экологической маркировки применяемых материалов и их классификации;
- повторное использование отдельных узлов и деталей без восстановления;
- возможность восстановления повторных для использования узлов и деталей без ущерба по качеству;

· определение узлов и деталей, которые невозможно переработать.

При утилизации машин, выработавших свой срок службы, необходимо обеспечить максимальное использование вторичных ресурсов (лома черного и цветного металла, смазочных материалов, резины пластиков и т. п.) и экологически безопасную технологию ликвидации материалов, непригодных к дальнейшему использованию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конкин М. Ю. Проблемы ресурсосбережения при использовании и утилизации техники. М. : ФГНУ «Информагротех», 2004. 198 с.
2. Конкин М. Ю. Утилизация как завершающая стадия жизненного цикла машины // Международный научный журнал. 2011. № 5.
3. Конкин М. Ю. Система экономического стимулирования ресурсосбережения при эксплуатации транспортных средств : научное издание. Рязань : РВВДКУ, 2011.

REFERENCES

1. Konkin M. Yu. Problemy resursosberezheniia pri ispol'zovanii i utilizatsii tekhniki [Problems of resource saving in the use and disposal of equipment]. Moscow, Informagrotekh, 2004, 198 p.
2. Konkin M. Yu. Utilizatsiia kak zavershaiushchaia stadiia zhiznennogo tsikla mashiny [Recycling as the final stage of the machine's life cycle]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*, 2011, no. 5.
3. Konkin M. Yu. Sistema ekonomicheskogo stimulirovaniia resursosberezheniia pri ekspluatatsii transportnykh sredstv [The system of economic incentives for resource saving in the operation of vehicles]. Ryazan, RVVDKU, 2011.

Об авторах:

Конкин Михаил Юрьевич, старший преподаватель Военного учебного центра ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор.

Лапаев Андрей Валентинович, и. о. начальника Военного учебного центра ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Mikhail Yu. Konkin, Senior teacher of the Military Training Center, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor.

Andrei V. Lapaev, Acting Head of the Military Training Center, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

УТИЛИЗАЦИЯ МАШИН И СОПУТСТВУЮЩИХ РЕСУРСОВ

М. Ю. Конкин, А. В. Лапаев

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** В статье рассмотрены особенности утилизации автомобилей, в том числе легковых. На основании проведенного анализа выявлены задачи, стоящие перед утилизацией. Названы отработавшие ресурсы, подлежащие утилизации.*

***Ключевые слова:** утилизация; отработавшие ресурсы; переработка; экология; загрязнения окружающей среды.*

DISPOSAL OF MACHINERY AND RELATED RESOURCES

M. Yu. Konkin, A. V. Lapaev

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The article discusses the features of recycling cars, including passenger cars. Based on the analysis, the tasks facing the disposal are identified. Spent resources to be disposed of are named.*

***Keywords:** recycling; spent resources; recycling; ecology; environmental pollution.*

Любое производство, в том числе и технический сервис, связано с потреблением ресурсов. Первоисточником всех ресурсов является природа – недра земли, атмосфера, растительный и животный мир. Добыча, производство и использование ресурсов нарушают экологическое равновесие, которое рано или поздно необходимо восстанавливать.

В научной литературе [1] приводятся данные, что на каждую тонну промышленной продукции приходится около 50 т отходов. Возрастающие объемы добываемого сырья увеличивают нагрузку на природу в виде отходов производства. Индустриали-

зация мирового хозяйства, ее последствия в виде образования и накопления вредных отходов производства связаны с прогрессирующим разрушением экосистемы, что может привести к необратимым экологическим изменениям.

Природа, окружающая среда уже много лет востребуется обществом как всеобъемлющая «безвозмездно» утилизирующая система. Но процесс утилизации не является безвозмездным, на его организацию расходуются ресурсы, связанные с переработкой отходов производства, защитой окружающей среды и возмещением ранее нанесенного ущерба. Природа во всем своем многообразии проявлений, окружающая среда в микро- и макроизмерении выступает в форме потребительной стоимости, полезности, пользуется «спросом» со стороны общества, хотя и потребляется всем мировым сообществом в целом, но дифференцированно, неравномерно отдельными странами, регионами в зависимости от объемов используемых ресурсов. За пользование ресурсами необходимо платить. Эта плата должна быть соразмерена с величиной ущерба, наносимого экологии, который может быть косвенно определен затратами на ликвидацию антропогенных последствий. Такая концептуальная позиция полностью применима к процессам утилизации машин и сопутствующих ресурсов [1].

Территориальная рассосредоточенность техники существенно меняет подходы к организации утилизации в связи с необходимостью сбора, транспортировки и предварительной подготовки техники к утилизации на ремонтных предприятиях АПК.

Утилизация, укладывается в формат, определяющий ее существенные параметры.

Утилизация – это комплекс научно обоснованных технических, технологических, организационно-экономических и правовых мероприятий, процессов и нормативов, обеспечивающих частичную и полную переработку использованных технических средств производства и сопровождающих их ресурсов в целях обеспечения ресурсосбережения и охраны природы.

Цель утилизации – возможное многократное использование природных ресурсов, воплощенных в средства производства, и сопровождающие их параллельно функционирующие ресурсы, по их прямому назначению, последующее использование остаточной годности их фрагментов или получаемого сырья, вторич-

ных ресурсов и локализация для обеспечения защиты окружающей среды тех использованных ресурсов, переработка которых в настоящее время затруднена [2].

Объектами утилизации являются все виды ресурсов после истечения их жизненного цикла по причине физического и морального износа и нецелесообразности восстановления их первоначальной годности и исходного состояния для использования по назначению.

Результат утилизации – вторичные ресурсы в виде узлов и деталей с остаточной годностью, вторичное сырье для переработки в иные ресурсы, локализованные ресурсы, не влияющие на окружающую среду.

Средства утилизации – техника, технология, организация специализированного производства, обеспечивающие экономически, экологически целесообразные процессы движения ресурсов после окончания их жизненного цикла.

Утилизация технических средств производства агропромышленного комплекса связана с разработкой инфраструктуры совокупности предприятий, выстраиваемой в соответствии с технологической цепочкой, использованием ранее созданной сети ремонтно-обслуживающих предприятий и предприятий службы материально-технического обеспечения.

При техническом сервисе используются и подлежат утилизации такие отработавшие ресурсы:

- предпродажное обслуживание – вода, моющие средства, растворители консервантов, ветошь, полиэтиленовая пленка и др.;
- ежесменное и периодическое обслуживание – вода, моющие средства, масла, смазки, фильтры, технологические жидкости и др.;
- текущий и капитальный ремонты – дополнительно к перечисленному выше изношенные детали из черного и цветного металлов, пластмассы, аккумуляторные батареи в сборе, шины, другие резинотехнические изделия и прочие ресурсы.

Утилизация этих отходов производства должна осуществляться переработкой во вторичные ресурсы, фильтрацией,

нейтрализацией, захоронением, допускающим минимальное загрязнение природы.

В период использования техники происходит нарушение экологического равновесия в результате разрушения структуры почвы, загрязнения окружающей среды отработавшими газами, парами топлива, подтеками масел, другими загрязнителями. Ежегодно техникой, используемой в сельском хозяйстве России, в атмосферу выбрасывается 1,5 млн т различных загрязняющих веществ, значительная часть которых пока не охвачена утилизацией из-за отсутствия рациональных технологий и по причине безвозмездности многих действий товаропроизводителей, приводящих к сбрасыванию отходов производства на природу.

Из изложенного вытекают следующие задачи утилизации:

- обеспечить экологическое равновесие путем утилизации отходов, возникающих при проведении работ по техническому сервису;
- обосновать наиболее целесообразные, экономичные организационно-технические процессы утилизации;
- использовать утилизацию отработавших ресурсов в качестве сырья для получения вторичных ресурсов;
- обеспечить экономное расходование ресурсов путем введения платы за их потребление в размерах, соответствующих последующим расходам на возмещение ущерба, наносимого окружающей среде их использованием и утилизацией [2].

Утилизация технических средств производства формируется как завершающее звено, входящее в комплекс работ по техническому сервису. В основе утилизации лежат технологические процессы переработки материалов, входящих в состав машины, и ресурсов, потребляемых ею при использовании в течение полного жизненного цикла. Одно из важнейших направлений природоохранной ресурсосберегающей утилизации – рециклинг – обеспечивает получение вторичного сырья в результате переработки утилизируемой техники и сопутствующих ресурсов.

Утилизация технических средств производства АПК как комплексная проблема находится в стадии становления; еще не определена ее концепция, нет правового сопровождения по цело-

му ряду позиций, отсутствуют узаконенные требования к машинам по их приспособленности к утилизации.

В технологическом плане развитие утилизации может быть представлено постепенным переходом от одного этапа к другому.

Нецивилизованная утилизация характеризуется выбытием из процесса использования технических средств производства, которые полностью утратили свою годность. Они перемещаются на территорию, принадлежащую хозяйству или за ее пределы на обочины дорог, в лесные массивы, где подвергаются естественному разрушению под воздействием сил природы и тем самым меняют экологическую обстановку как в зоне их выброса, так и на значительном расстоянии от нее.

Технологическая утилизация – это целенаправленные воздействия, связанные с изъятием из отработавших ресурсов компонентов, пригодных для последующего использования по назначению и последующую локализацию остатков ресурсов в связи с невозможностью их использования в настоящее время при реально применяемых технологиях переработки.

Признаки технологической утилизации имели место и проявляются сейчас на фоне нецивилизованной утилизации. Из опыта функционирования парков техники, располагающих мобильными и стационарными техническими средствами, известно, что при списании, замене и выбраковке технических средств перед отправкой их на площадки сбора аварийных машин и металлолома предприимчивые водители и специалисты ремонтных мастерских разбирают выбракованную технику, изымая годные узлы, агрегаты и детали для последующего их использования при эксплуатации аналогичных машин [1]. Это процесс повторного использования ресурсов, бывших в употреблении, процесс ресурсосбережения, создания неконтролируемого запаса ресурсов для повышения уровня технической готовности, сокращения времени простоя техники в период устранения отказов. Это начало технологической утилизации с ее основными признаками обеспечения повторного использования ресурсов и локализации остающихся.

Оборот ресурсов, который обеспечивает создание безотходной технологии с высокой эффективностью ресурсопотребления, является целью утилизации и критерием ее технологического совершенства.

Многокомпонентность материальной структуры легковых машин усложняет процесс утилизации, но при этом появляется возможность повысить эффективность утилизации за счет возврата в сферу использования многих дорогостоящих ресурсов.

Утилизируемые ресурсы позволяют возвратить в сферу повторного использования значительные объемы металла по более низким затратам, чем его получение из руд. Подлежащие утилизации масла регенерируются, очищаются, дополняются присадками и используются как по прямому назначению, так и в качестве жидкостей гидросистем тракторов или используются в качестве печного топлива. Предназначенные к утилизации ресурсы дают возможность извлекать свинец из аккумуляторных батарей, использовать стекло и пластмассы в качестве материала наполнения в соответствующих технологических процессах.

Последовательность построения технологических процессов утилизации обеспечивает максимально возможное ресурсосбережение и экологическое равновесие.

Тенденции развития конструкций тракторов и автомобилей обуславливают снижение металлической составляющей и увеличение доли пластмасс, стекла, резинотехнических изделий в составе машин будущего. Такое развитие конструкций машин определяет соответствующие коррективы организации и технологии их утилизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технический сервис – опыт и перспективы развития : научное издание / Ю. А. Конкин, И. Г. Голубев, В. Н. Кузьмин, М. Ю. Конкин. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2011.
2. Конкин М. Ю. Проблемы ресурсосбережения при использовании и утилизации техники. М. : ФГБНУ «Информагротех», 2004.

REFERENCES

1. Konkin Yu. A., Golubev I. G., Kuz'min V. N., Konkin M. Yu. *Tekhnicheskii servis – opyt i perspektivy razvitiia : nauchnoe izdanie* [Technical service – experience and development prospects]. Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2011.

2. Konkin M. Yu. Problemy resursosberezheniia pri ispol'zovanii i utilizatsii tekhniki [Problems of resource saving in the use and disposal of equipment]. Moscow, FGBNU «Informagrotekh», 2004.

Об авторах:

Конкин Михаил Юрьевич, старший преподаватель Военного учебного центра ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор.

Лапаев Андрей Валентинович, и. о. начальника Военного учебного центра ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

About the authors:

Mikhail Yu. Konkin, Senior teacher of the Military Training Center, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor.

Andrei V. Lapaev, Acting Head of the Military Training Center, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Научное издание

**ЧТЕНИЯ
АКАДЕМИКА
В. Н. БОЛТИНСКОГО**

Сборник статей

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано в печать 17.03.2021. Формат 60×90/16.
Усл.-печ. л. 20,44. Тираж 100 экз.

Заказ № 98153

Отпечатано в типографии «OneBook.ru»
ООО «Сам Полиграфист»
129090 г. Москва, Протопоповский пер., 6
www.onebook.ru