

Доклады ТСХА



**Выпуск 292
Часть I**

Москва 2020

МИНСТРЕСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ДОКЛАДЫ ТСХА

Выпуск 292

(Часть I)

Москва
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
2020

УДК 63(051.2)
ББК 40

Доклады ТСХА : Сборник статей. Выпуск 292. Часть I / Коллектив авторов ; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. –Москва : Издательство РГАУ-МСХА, 2020. – 625 с.

ISBN 978-5-9675-1757-0

В сборник включены статьи по материалам докладов ученых РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, других вузов и научно-исследовательских учреждений на Международной научной конференции, посвященной 125-летию со дня рождения В.С. Немчинова, которая проходила 3-5 декабря 2019 года. Материалы представлены по актуальным проблемам процессов и машин в агробизнесе, энергетическим системам в АПК, инновационным направлениям развития системы технического сервиса в АПК, управлению качеством и метрологическому обеспечению в производственно - технологических системах АПК, эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов.

Ответственность за содержание публикаций несет авторский коллектив.

Сборник предназначен для студентов бакалавриата, магистратуры, аспирантов, преподавателей, научных работников, специалистов сельскохозяйственного производства.

Редакционная коллегия

Начальник управления научной деятельности **В.Г. Борулько**, ведущий инженер **З.Ф. Садыкова**, доцент **А.А. Манохина**.

ISBN 978-5-9675-1757-0

© Коллектив авторов, 2020
© ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2020

ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИМЕНИ В.П. ГОРЯЧКИНА

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ АПК

УДК 621.713.2: 62-187.3

РАСЧЕТ СУММАРНОГО ОТКЛОНЕНИЯ ОТ СООСНОСТИ ВАЛОВ И МАНЖЕТ В РЕДУКТОРАХ СЕЛЬХОЗНАЗНАЧЕНИЯ

*Ерохин Михаил Никитьевич, академик РАН, научный руководитель
института механики и энергетики имени В.П. Горячкина, ФГБОУ ВО РГАУ-
МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Леонов Олег Альбертович, заведующий кафедрой метрологии,
стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.
Тимирязева*

*Катаев Юрий Владимирович, доцент кафедры инженерной и
компьютерной графики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Разработана методика расчета суммарного отклонения от
соосности и суммарного радиального биения для соединения «вал – манжета»
редукторов сельхозмашин. Методика апробирована на редукторах завода АО
«Моссельмаш».*

***Ключевые слова:** размерная цепь, отклонение от соосности, допуск,
радиальное биение.*

Самыми распространенными уплотнениями в сборочных единицах и агрегатах машин являются резиновые армированные манжеты [1]. Широкое распространение в сельскохозяйственной технике манжеты получили из-за простоты конструкции, эффекта самоподжима за счет пружины, низкой стоимости, возможности быстрой разборки-сборки в полевых условиях при отказах техники. На ресурс соединения «вал – манжета» оказывает влияние множество параметров, но начало утечек будет обусловлено не только износостойкостью резины и ее старением, но и геометрическими параметрами соединения [2]. Отклонения формы и расположения поверхностей в таких соединениях приводят к более раннему раскрытию стыка. На начало утечек в соединении «вал-манжета» оказывают влияние такие геометрические параметры, как радиальные биением вала r и отклонение от соосности осей вала и манжеты Δ_c [3].

В редукторах сельхозмашин можно выделить унифицированные элементы, геометрические параметры которых влияют на отклонение от соосности манжеты и вала, это (рисунок) – зазоры в посадках внутренних и наружных колец подшипников качения ($S_{1\max} = T_1$ и $S_{2\max} = T_2$) – для данной схемы учитываются дважды, допуски на радиальные биения дорожек качения внутренних и наружных колец подшипников (попарно: T_3 и T_4 , T_6 и T_7), допуск на величину радиального зазора между шариками и кольцами ($g = T_5$); допуски на радиальные биения вала под левый подшипник и манжету (T_8 и T_9); допуск на

овальность (разностенность) манжеты (T_{10}); допуск отклонения от соосности отверстия корпуса (крышки) под наружный диаметр манжеты (T_{11}); зазор в посадке «крышка – корпус» ($S_{12\max} = T_{12}$); допуск отклонения от соосности отверстий в корпусе под наружные кольца подшипников качения (T_{13}).

Применяя теорию расчета размерных цепей, суммарное отклонение от соосности можно определить по выражению [4]:

$$\Delta_c = T_{\Sigma c} = \frac{1}{K_{\Sigma c}} \sqrt{K_{\Sigma cv}^2 \cdot T_{\Sigma cv}^2 + K_{\Sigma cs}^2 \cdot T_{\Sigma cs}^2}, \quad (1)$$

где K – коэффициент относительного рассеяния;

T – допуск звена размерной цепи;

индексы значат: Σ – суммарная величина; c – звено, как отклонение от соосности, в том числе это может быть v – векторное звено и s – звено в виде зазора.

Из векторных звеньев необходимо отдельно выделить звенья в виде радиального биения – те звенья, при вращении которых будет возникать динамическая составляющая в виде радиального биения вала относительно манжеты. Остальные векторные звенья – звенья, статически смещающие ось, как например, отклонения от соосности поверхностей отверстий или валов. Суммарное смещение, оказанное этими звеньями может при сборке оказаться равным нулю (взаимная компенсация), а может и выстроиться в линию и достичь наибольшего значения. Причем при эксплуатации целого ряда переходных посадок наблюдается проворачивание одной детали относительно другой, что может отражаться на суммарной величине отклонений формы и расположения поверхностей.

Векторные звенья обычно имеют коэффициент $K_v = 0,75$ [4] и суммарное значение допуска векторных звеньев равно [4]:

$$K_{\Sigma cv}^2 \cdot T_{\Sigma cv}^2 = 0,75^2 \sum_{i=1}^k \xi_{cvi}^2 \cdot T_{cvi}^2, \quad (2)$$

где ξ – передаточное отношение;

k – количество векторных звеньев, определяемых конструктором, как отклонение от соосности.

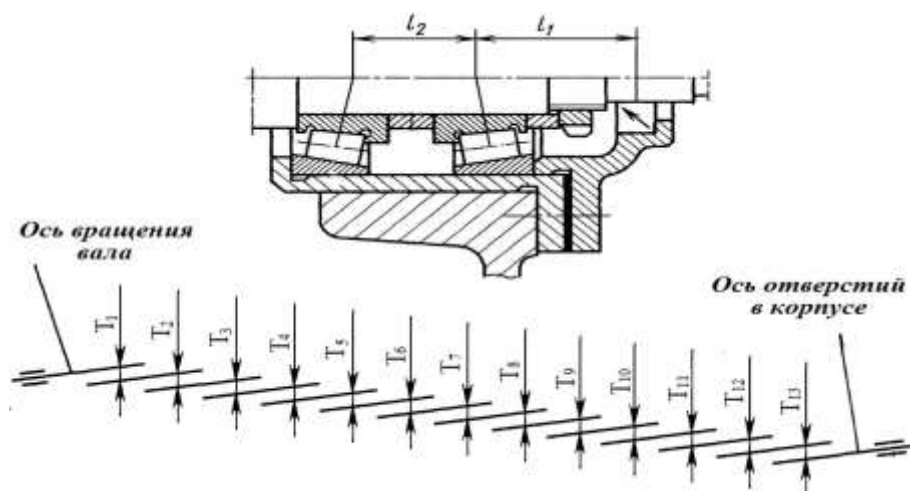


Рисунок 1 - Размерная цепь для расчета суммарной величины отклонения от соосности

Суммарное радиальное биение, как геометрическая сумма векторных звеньев в виде динамической составляющей, определяется по выражению, которое вытекает из зависимости (2)

$$r = T_{\Sigma rv} = \frac{0,75^2}{K_{\Sigma rv}^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n \xi_{rvi}^2 \cdot T_{rvi}^2}, \quad (3)$$

где n – число звеньев, которые конструктор будет считать, как радиальное биение.

Таким образом, главным вопросом определения суммарного отклонения от соосности является грамотное составление размерной цепи, выявление векторных звеньев и звеньев в виде зазора, что в дальнейшем будет отражать точность и достоверность расчетов определяемой величины.

С целью апробации теоретических зависимостей была рассмотрены геометрические параметры редукторов завода АО «Моссельмаш» типоразмера Н 090.20, данные расчета сведены в таблицу 1.

Таблица 1

**Расчета суммарного отклонения от соосности валов
и манжет в редукторах Н090.20**

Обозначение	Размерность	Величина для звеньев
Расчет без динамической составляющей		
$K_{\Sigma cs}^2 \cdot T_{\Sigma cs}^2$	мм ²	0,013359
$K_{\Sigma cv}^2 \cdot T_{\Sigma cv}^2$	мм ²	0,058404
Δ_c	мм	0,268
Расчет с динамической составляющей		
$K_{\Sigma cs}^2 \cdot T_{\Sigma cs}^2$	мм ²	0,013359
$K_{\Sigma cv}^2 \cdot T_{\Sigma cv}^2$	мм ²	0,054653
$K_{\Sigma rv}^2 \cdot T_{\Sigma rv}^2$	мм ²	0,003751
$r = T_{\Sigma rv}$	мм	0,061
Δ_c	мм	0,253

Если в расчетах суммарного отклонения от соосности не учитывать динамическую составляющую в виде радиального биения, а полученные значения просто суммировать как векторные звенья, то суммарное отклонение от соосности для нашего примера будет равно $\Delta_c = 0,268$ мм. При определении отдельно суммарного радиального биения в виде динамической составляющей, которое для нашего примера будет равно $r = 0,061$ мм, суммарное отклонение от соосности в виде статической составляющей составит $\Delta_c = 0,253$ мм. Следовательно, при расчете суммарного отклонения от соосности в сборочных единицах машин необходимо выявлять статические и динамические звенья, определять отдельно суммарное радиальное биение и суммарное отклонение от соосности.

Согласно требованиям ГОСТ 8752-79 «Манжеты резиновые армированные для валов. Технические условия», предельное радиальное биение и допуск соосности не должны превышать заданных величин, указанных в таблице 2.

**Требования ГОСТ 8752-79 к отклонениям формы
и расположения поверхностей соединения «вал – манжета»**

Параметр	Норма
Предельное радиальное биение поверхности вала, контактирующей с манжетой, мм, при частоте вращения вала: до 1000 мин ⁻¹ св. 1000 до 2000 мин ⁻¹ св. 2000 до 3000 мин ⁻¹ св. 3000 до 4000 мин ⁻¹ св. 4000 до 5000 мин ⁻¹ св. 5000 мин ⁻¹	 0,18 0,15 0,12 0,10 0,08 0,02
Допуск соосности посадочного места под манжету относительно оси вращения вала, мм, не более, при диаметрах вала: до 55 мм св. 55 до 120 мм св. 120 до 320 мм св. 320 до 500 мм	 0,10 0,15 0,20 0,25

Анализируемый редуктор имеет частоту вращения не более 1000 мин⁻¹, а диаметр вала под манжету равен 45 мм. Из данных таблицы 2 видно, что по предельному радиальному биению имеется практически тройной запас точности, а нормы допуска соосности нарушены в 2,5 раза.

Таким образом, определена зависимость и апробирован алгоритм расчета суммарного отклонения от соосности и суммарного радиального биения в соединении «вал – манжета». Рекомендовано конструкторам редуктора завода – изготовителя повысить требования к размерам деталей, образующих размерную цепь, определяющую суммарное отклонение от соосности.

Библиографический список

1. Ерохин, М.Н. Детали машин / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев – М.: Изд-во Транслог, 2018. – 410 с.
2. Ерохин, М.Н. Методика расчета натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек / М.Н. Ерохин, О.А. Леонов, Ю.В. Катаев, О.М. Мельников // Вестник машиностроения. – № 3. – 2019. – С. 41-44.
3. Леонов, О.А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники: Монография / О.А. Леонов – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2003. – 166 с.
4. Дунаев, П.Ф. Расчет допусков размеров / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов – М.: Машиностроение, 2016. – 304 с.

ВЛИЯНИЕ ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ТОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ С ЗАЗОРОМ НА ЕГО РЕСУРС

Леонов Олег Альбертович, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** рассмотрено влияние первоначальной точности соединения с зазором на ресурс соединения с зазором. Выявлено, что значительное уменьшение допуска посадки не приводит к существенному увеличению ресурса рассматриваемого соединения.*

***Ключевые слова:** допуск посадки, начальные зазоры, предельные функциональные зазоры, коэффициент запаса точности.*

Качество длительного функционирования соединений формирует гарантированный запас работоспособности, который может быть обеспечен двумя методами: созданием износостойких поверхностей и повышением точности обработки деталей. Это актуально как в машиностроении, так и при капитальном ремонте машин. Создание износостойких поверхностей не всегда связано с большими затратами, а повышение точности, в виде уменьшения допусков, приводит к увеличению стоимости обработки. Для нормирования точности соединений и деталей применяется единая система допусков и посадок [1].

Исследуемое соединение в процессе работы чаще всего имеет тенденцию к увеличению первоначального зазора, что приводит к переходу за верхнюю границу функционирования $S_{F_{\max}}$, в результате чего наблюдается отказ.

Рассчитаем конструктивный допуск подшипника скольжения, работающего в условиях жидкостного трения. Наиболее разработаны методы расчета предельных зазоров, основанные на гидродинамической теории смазки, исходные положения которой были сформулированы Н.П. Петровым в 1833 г. на основе исследований О. Рейнольдса. Исследования по оценке влияния зазора на параметры соединения при гидродинамической смазке проводили М.В. Коровчинский, С.А. Чернавский, И.Н. Поздов и др. Предельные функциональные зазоры в данной теории определяются по выражению [2]:

$$S_{F_{\min}}^{\max} = \frac{\omega \cdot k \cdot \mu \cdot d^2 \pm \sqrt{(\omega \cdot k \cdot \mu \cdot d^2)^2 - 16 \cdot p \cdot h_{\min}^2 \cdot \omega \cdot t \cdot \mu \cdot d^2}}{4 \cdot p \cdot h_{\min}}, \quad (1)$$

где ω – частота вращения вала, с^{-1} ; d – диаметр соединения, м;

p – удельное давление, Па;

h_{\min} – наименьшая толщина масляного слоя, м;

μ – динамическая вязкость масла, Па·с;

k и t – конструктивные коэффициенты.

Профессор А.И. Якушев ввел понятие коэффициента запаса точности, величина которого определяется по формуле [3]

$$K_T = \frac{S_{F \max} - S_{F \min}}{S_{K \max} - S_{K \min}} = \frac{T_F}{T_K}, \quad (2)$$

где: $S_{K \max}$, $S_{K \min}$ – наибольший и наименьший конструктивные зазоры.

Данный коэффициент характеризует не только точность соединения, но и запас материалов отверстия и вала на износ.

В качестве примера рассмотрим расчет соединения с параметрами, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Данные для расчёта конструктивных параметров подвижного соединения с зазором

Параметр		Значение
Диаметр соединения номинальный, d_n , мм		150
Длина соединения, l , мм		180
Шероховатость поверхности	отверстия, R_{ZD}, мкм	4,0
	вала, R_{Zd}, мкм	3,2
Давление в подшипнике, p , МПа		2,21
Частота вращения вала, n , мин ⁻¹		600
Минимальная толщина масляного клина, h_{\min} , мкм		14
Динамическая вязкость масла И-Л-А-32 при рабочей температуре 50°C, μ_{50} , Па·с		0,016

Результаты расчёта предельных функциональных зазоров подвижного соединения с зазором по формулам (8), (7) и (9) при различных значениях ресурса представлены в таблице 2.

В работе [4] была получена зависимость для расчета допуска посадки в зависимости от параметров, характеризующих модель параметрического отказа, по которой и были определены величины конструктивного допуска посадки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчёта конструктивных параметров подвижного соединения с зазором

Параметр		Значение				
Функциональные параметры	зазор наибольший, $S_{F \max}$, мм	0,294				
	зазор наименьший, $S_{F \min}$, мм	0,030				
Функциональный допуск посадки, T_F , мм		0,264				
Вероятность безотказной работы, P		0,95				
Квантиль для ВБР, H_{K2}		1,96				
Заданный ресурс работы, t_p , ч		10000	15000	20000	25000	26266
Конструктивный допуск посадки, T_k , мм		0,21	0,16	0,089	0,022	0
Коэффициент запаса точности, K_{3T}		1,3	1,6	4	12	∞
Квалитет точности отверстия и вала		9	8	7	3	0

Из данных таблицы 2 видно, что для условия обеспечения вероятности безотказной работы 0,95, при заданных характеристиках изнашивания соединения, которые формируются многими факторами, в том числе материалами пар трения, твердостью поверхностей деталей, покрытиями, шероховатостью поверхностей, и другими параметрами пар трения, для исследуемого соединения с гидродинамической смазкой обеспечивается ресурс до 20 тыс. ч при применении чистового шлифования, которое соответствует 7 качеству точности элементов, образующих соединение. Ресурс до 25 тыс. ч может быть обеспечен такой финишной обработкой, как притирка, которое соответствует 3 качеству точности с допусками на размер деталей 10 мкм. Можно обеспечить ресурс и в 26 тыс. ч, но тогда потребуется высокоточное оборудование с точностью обработки 1 мкм.

Таким образом, анализ динамики первоначальной точности соединения с зазором позволяет сделать выводы, что для условий среднесерийного машиностроительного или ремонтного производства с технологическим оборудованием, возможности которого ограничиваются 7 качеством, можно обеспечить 20 тыс. ч. безотказной работы соединения. Увеличение ресурса до 25 тыс. ч можно обеспечить дополнительной технологической операцией – полированием до 3 качества. Закупать высокоточное оборудование экономически нецелесообразно, т.к. приращение ресурса составит не более 5%.

Библиографический список

1. Бондарева, Г.И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г.И. Бондарева // Тракторы и сельхозмашины. – № 12. – 2016. – С. 39-42.
2. Леонов, О.А. Обеспечение норм взаимозаменяемости соединений «вал – втулка» при ремонте машин в АПК: монография / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. – Иркутск: Мегап rint, 2017. – 141 с.
3. Дунаев, П.Ф. Расчет допусков размеров / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Машиностроение, 2001. – 304 с.
4. Леонов, О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О.А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2010. – С. 106-110.

УДК 629.083

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

Антонова Ульяна Юрьевна, ассистент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Представлены основные дефекты гильзы цилиндров двигателя внутреннего сгорания и рассмотрены способы ремонта рабочей поверхности гильзы цилиндров.

Ключевые слова: дефект, гильза цилиндров, ремонтный размер, износ, трещины.

Проблемы повышения качества ремонта двигателей всегда остаются главной задачей обеспечения надежности современной техники в сельском хозяйстве [1]. Вопросы качества контроля при ремонте [2], особенно при дефектации и комплектации деталей, являются самыми сложными.

При эксплуатации гильзы цилиндров, образующей с поршнем соединение с зазором [3], могут возникать такие дефекты, как трещины, износ посадочных поясков, износ внутренней и наружной поверхностей, отклонение от формы, превышение допустимой шероховатости, излом бурта.

В таблице 1 представлены основные дефекты гильз цилиндров, поступивших на ремонтное предприятие.

Таблица 1

Основные дефекты гильз цилиндров

№ п/п	Дефект	Заключение
1	Трещины	Браковать
2	Износ наружной поверхности	Нанесение полимерных композиций на изношенные поверхности
3	Излом бурта	Пластической деформации, наплавки или приварки стальной ленты с последующей механической обработкой
4	Износ посадочных поясков	Пластической деформации, наплавки или приварки стальной ленты с последующей механической обработкой
5	Износ рабочей (внутренней) поверхности гильзы цилиндров	Растачивание до следующего РР. При размере более 93,0 браковать
6	Шероховатость превышает допустимое значение	Растачивание до следующего РР.
7	Отклонение формы	Растачивание до следующего РР.

Причинами появления трещин могут быть перегрев двигателя из-за превышения допустимой нагрузки; неполноценной работы системы охлаждения; нарушение технологии ремонта (например, перекося при запрессовке). Из-за резких перепадов температур (чрезмерного нагрева и резкого охлаждения) на поверхности гильзы могут появляться микротрещины, которые под действием нагрузок и температур могут привести к разрушению гильзы, вследствие чего ЦПГ может потерять работоспособность [4].

Причиной износа наружной поверхности гильзы являются кавитационное разрушение. Наличие данного дефекта может привести к образованию масляной

эмульсии – смешиванию охлаждающей жидкости с моторным маслом, также охлаждающая жидкость может загрязниться с моторным маслом.

Основными причинами излома бурта являются неровности и перекосы в области седла буртика, наличие посторонних частиц при запрессовке, несоблюдение технологии ремонта гильзы цилиндров. Если данный дефект не будет вовремя обнаружен, то после пуска двигателя сломанная гильза сдвинется в направлении коленчатого вала, и как только место излома окажется на высоте первого поршневого кольца, поршневое кольцо выскочит выше места излома. При обратном ходе поршня он вдавит гильзу цилиндра. Вращающийся коленчатый вал разобьет гильзу, также будут повреждены поршень и шатун.

Признаком износа посадочных поясков являются глубокие раковины на поверхности поясков, что является следствием кавитации и коррозии. Также износ посадочных поясков может вызывать вибрации в процессе эксплуатации двигателя.

Основным дефектов гильзы цилиндров является износ внутренней поверхности. Причинами изнашивания внутренней поверхности гильзы цилиндров является попадание пыли, вследствие чего рабочая поверхность гильзы цилиндров подвергается абразивному и механическому изнашиванию. При этом, гильза цилиндров изнашивается в верхней части больше, чем в нижней [5], т.к. в верхней части давление значительно выше, чем в нижнем (рис. 1).

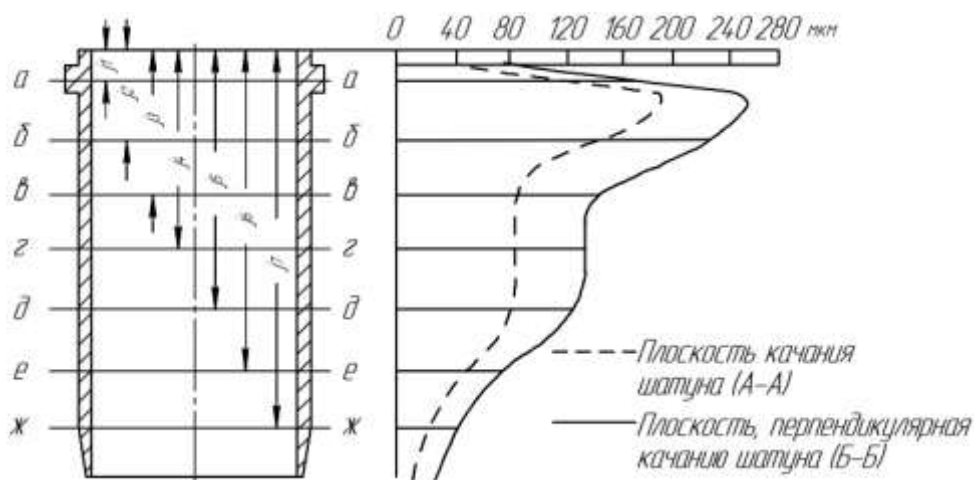


Рисунок 1 – Износ внутренней поверхности гильзы цилиндров

В настоящее время существует несколько способов восстановления рабочей поверхности гильз цилиндров. Каждый способ имеет свои достоинства и недостатки. Сравнительная характеристика способов ремонта представлена в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика способов ремонта рабочей поверхности гильзы цилиндров

№ п/п	Способ	Преимущества	Недостатки
1	Термопластическое деформирование	- не требуются дополнительные материалы - высокая производительность	- необходимость термообработки (отпуска) для снятия внутренних напряжений - изменение размеров внутренней поверхности гильзы за счет неполного снятия внутренних напряжений при отпуске
2	Гальванические покрытия	- высокая производительность - защита от коррозии - отсутствие термического воздействия на детали	- небольшая толщина наносимого покрытия - неравномерность наносимого слоя и недостаточная прочность сцепления покрытия с рабочей поверхностью - низкая производительность
3	Наплавка и напыление покрытий	- высокая износостойкость - увеличение ресурса	- низкая надежность из-за недостаточной прочности сцепления покрытия с основным металлом
4	Постановка стальных вставок	- возможность многократного восстановления гильз	- высокая трудоемкость и себестоимость - износ поршневых колец
5	Расточка под РР	- высокая производительность - низкая себестоимость - не требуются специальные установки по наращиванию металла	- необходимость наличия поршней и колец ремонтных размеров - расход материала гильзы при расточке - малый ресурс расточенной гильзы

На данный момент наиболее распространенным способом ремонта рабочей поверхности гильз цилиндров является расточка под ремонтный размер из-за его простоты и доступности оборудования [4]. Сущность данного метода заключается в расточке гильзы по внутреннему диаметру до следующего ремонтного размера. Разные производители устанавливают определенное количество ремонтных размеров – от 1 до 3. Данным методом ремонтируются многие модели двигателей, как отечественных, так и зарубежных – ЯМЗ-236, 238; ЗиЛ-508.10; ЗМЗ-5233, 406, 402; УЗАМ-3317, 3313; Chrysler, AMC 242; Ауди, КР, КУ и RT, и т.д.

Таким образом, гильза цилиндров испытывает большие нагрузки при работе, и подвергается эксплуатационным дефектам, каждый из которых имеет свои причины для появления и может быть устранён тем или иным способом, применяемым в авторемонтном производстве.

Библиографический список

1. Ерохин, М.Н. Способы модифицирования поверхностей трения деталей машин / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, Н.Н. Чупятов. – Москва, 2014. – 140 с.
2. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.
3. Леонов, О.А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Трение и износ. – 2019. – № 4. – С. 424-430.
4. Антонова, У.Ю. Методика определения контрольных точек в технологическом процессе ремонта гильз цилиндров / У.Ю. Антонова // Международный технико-экономический журнал.– № 5. – 2018. – С. 59-65.
5. Леонов, О.А. Метрологическое обеспечение контроля гильз цилиндров при ремонте дизелей // О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова, У.Ю. Антонова // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки.– № 6. – 2018. – С.104-109.

УДК 631.363

ЭЛЕМЕНТЫ И ПРОЦЕССЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шкаруба Нина Жоровна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Метрологическое обеспечение измерений представлено с позиций системного и процессного подхода. Определены основные цели, элементы и процессы метрологического обеспечения на предприятиях технического сервиса АПК.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, качество, элементы и процессы метрологического обеспечения, качество продукции

Процессы ремонтного производства оказывают существенное влияние на качество конечной продукции – отремонтированных изделий [1], поэтому внедрение системы менеджмента качества для такого вида производств является первостепенной задачей [2].

Качество конечной продукции ремонтного производства зависит от множества факторов [3], наиболее важные среди них представлены на рисунке.

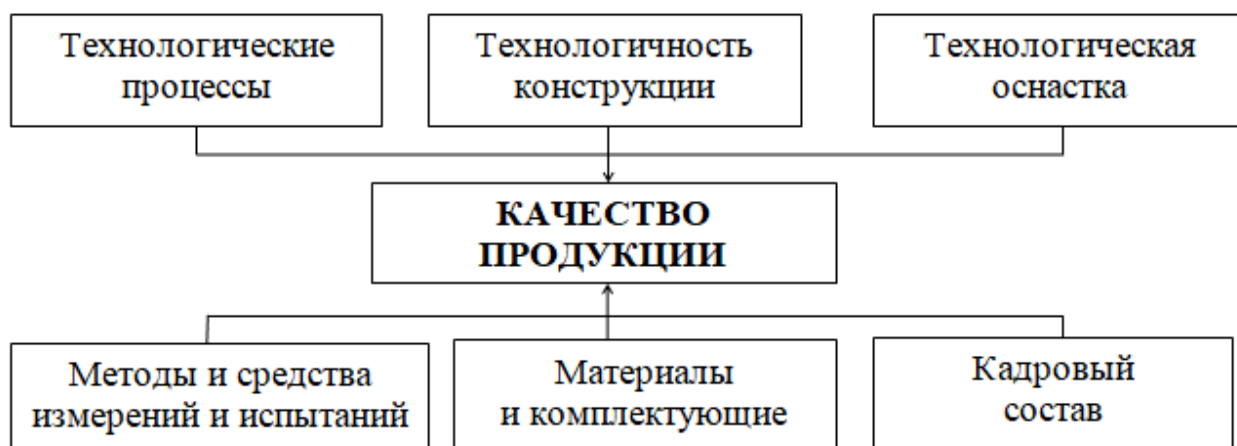


Рисунок – Факторы, влияющие на качество конечной продукции

Чтобы обеспечить заданные показатели надежности, требуется соблюсти нормы точности и допуски [4], которые формируют запас точности по величинам зазоров или натягов [5].

Среди представленных факторов, особое место занимают методы и средства измерений, испытаний и контроля на ремонтных предприятиях. Именно от достоверности измерительной информации зависит адекватность принимаемых управленческих решений о регулировании технологического процесса и заключении о годности контролируемых изделий. За качество и достоверность измерительной информации на ремонтных предприятиях отвечает система метрологического обеспечения.

Требования к метрологическому обеспечению технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной и промышленной техники представляют собой комплекс обязательных и рекомендуемых к исполнению действий, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение эффективности и качества работ по эксплуатации и ремонту.

Главная цель деятельности метрологической службы – организация, координация и непрерывное управление качеством выполнения работ и оказания услуг по обеспечению единства измерений на всех стадиях полного жизненного цикла продукции. Для достижения главной цели метрологическая служба должна реализовывать ряд функций (табл. 1).

Таблица 1

Функции метрологической службы

Наименование функции	Содержание функции
Информационная	Сбор, обработка, анализ, хранение и актуализация информации об измерительных и контрольных процессах в системе метрологического обеспечения; доведение информации до заинтересованных сторон.

Наименование функции	Содержание функции
Планирования	Определение целей управляемой системы метрологического обеспечения, поиском наиболее эффективных методов и средств, необходимых для достижения этих целей, и формулированием системы показателей, определяющих ход работ по достижению поставленных целей.
Технологическая	Подбор, разработка, внедрение и освоение различных измерительных технологий.
Управления человеческими ресурсами	Подбор, аттестация и повышение квалификации персонала метрологической службы. Расстановка специалистов на рабочих местах в соответствии с квалификацией. Доведение до персонала информации о квалификационных требованиях, мере ответственности и правах.
Организационная	Организация рабочих мест, обеспечение условий деятельности, обеспечение необходимыми методиками, техническими средствами, информацией, содержащей требования к выполнению плановых заданий.
Научно - техническая	Регулярный обзор технических научных источников и достижений в сфере метрологического обеспечения, выбор новых методов, приобретение, внедрение и освоение современных методов и методик в процесс достижения цели.
Маркетинга	Обзор и анализ рынка предложений новых технических средств, выбор поставщиков, приобретение технических средств.
Методическая	Планирование и проведение обучения специалистов и исполнителей смежных производственных подразделений, вопросам выполняющих работы по метрологическому обеспечению, оказание консультативной помощи.
Контрольно-надзорная	Контроль и надзор за состоянием и правильностью применения средств измерения, состоянием и правильностью реализации методик выполнения измерений, соблюдения метрологических правил и норм, устанавливаемых нормативной документацией.

Современное метрологическое обеспечение измерений можно рассматривать как систему обеспечения качества контроля. Составными элементами системы метрологического обеспечения измерений являются:

- эталоны, единицы величин и шкалы измерений;
- поверочные и калибровочные установки;
- средства измерений, испытаний и контроля, а также стандартные образцы;
- вспомогательное оборудование;
- методики (измерений, поверки, калибровки, испытаний, контроля, аттестации, метрологической экспертизы);
- операторы (специалистов, выполняющих измерения, поверителей, калибровщиков, испытателей и др.),
- условия измерений (испытаний, поверки, калибровки и др.).

К процессам системы метрологического обеспечения измерений (МОИ) относят:

- проектирование МОИ, включая установление требований к показателям точности и полноте, достоверности, своевременности и актуальности

измерительном информации: выбор принципов, методов и методик измерений; выбор элементов МОИ,

- метрологическое подтверждение пригодности элементов МОИ установленным требованиям, в т.ч. испытания в целях утверждения типа средств измерений, поверку и калибровку средств измерения, аттестацию методик измерений, метрологическую экспертизу технической документации и др.);

- подготовительные и вспомогательные работы (действия), связанные с проектированием МОИ, метрологическим подтверждением пригодности элементов МОИ и поддержанием функционирования системы МОИ.

Чтобы деятельность метрологической службы предприятия полностью удовлетворяла требованиям государственных и международных стандартов к процедурам управления контрольным, измерительным и испытательным оборудованием необходимо внутри системы менеджмента качества предприятия разработать и поддерживать в рабочем состоянии систему качества измерений, которая бы документально регламентировала основные процедуры выполнения отдельных видов деятельности по метрологическому обеспечению измерений.

При разработке системы управления метрологическим обеспечением измерений необходимо все элементы системы качества по стандарту ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» интерпретировать применительно к продукции метрологической службы. При разработке системы метрологического обеспечения измерений целесообразно использовать международный стандарт «ГОСТ Р ИСО 10012-2008 «Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию» который был подготовлен на основании международного стандарта, разработанного Техническим комитетом ISO/TK 176 «Менеджмент качества и обеспечение качества», Подкомитетом ПК 3 «Поддерживающие технологии». Данный стандарт содержит общие требования и руководство, касающиеся менеджмента измерительных процессов и метрологического подтверждения измерительного оборудования, используемого для обеспечения и демонстрации соответствия метрологическим требованиям. Он устанавливает требования к менеджменту качества в системе менеджмента измерений, которая может быть использована организацией, проводящей измерения, как часть всей системы менеджмента, а также для обеспечения соответствия метрологическим требованиям

Эффективная система метрологического обеспечения измерений обеспечивает пригодность измерительного оборудования и измерительных процессов своему предназначенному использованию и является важным инструментом для достижения целей по обеспечению качества продукции и управлению рисками при неправильных результатах измерения. Одним из установленных в ISO 9000 принципов является процессный подход. Измерительные процессы можно рассматривать как специфические процессы, направленные на обеспечение качества продукции организации.

Таким образом, нами определены основные функции и элементы системы метрологического обеспечения при проектировании и изготовлении продукции

машиностроительного и ремонтного производства, реализация которых способствует достижению главной цели деятельности организации в области качества – удовлетворения требований потребителя.

Библиографический список

1. Бондарева, Г.И. Составляющие качества ремонта / Г.И. Бондарева // Сельский механизатор. – № 7. – 2016. – С. 2-4.
2. Бондарева, Г.И. Построение современной системы качества на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов // Сельский механизатор. – № 8. – 2017. – С. 34-35.
3. Леонов, О.А. Управление качеством / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Ю.Г. Вергазова. – М.: Издательство «Лань», 2018. – 180 с.
4. Леонов, О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О.А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2010. – С. 106-110.
5. Ерохин, М.Н. Методика расчета натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек / М.Н. Ерохин, О.А. Леонов, Ю.В. Катаев, О.М. Мельников // Вестник машиностроения. – № 3. – 2019. – С. 41-44.

УДК 658.562.6

НЕОБХОДИМОСТЬ КОНТРОЛЯ ПРИ МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИКИ ДЛЯ АПК

Антонова Ульяна Юрьевна, ассистент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** рассмотрены особенности входного контроля на предприятиях технического сервиса и вопросы современного метрологического обеспечения, приведена зависимость для определения экономического эффекта от применения новых средств контроля.*

***Ключевые слова:** контроль, метрологическое обеспечение, средства контроля, брак, потери.*

Такие факторы, как дешевые материалы и старое технологическое оборудование оказывают существенный отрицательный эффект на надежность отечественной техники, но и отсутствие современного метрологического обеспечения машиностроительных предприятий и выполнения операций контроля, вносят свой вклад в общее качество [1].

При проектировании машин для АПК расчеты точностных параметров необходимо вести по современным методикам [2, 3], а старые приводят к формированию точности, которая не обеспечиваются существующим

оборудованием. Малые предприятия по производству запасных частей, обычно используют списанное технологическое оборудование.

В современных условиях качество производства значительно улучшится за счет ввода операций контроля. Документы на метрологическое обеспечение должны быть сформированы в виде требований, которые нацелены на обеспечение единства измерений и точности. Точность надо назначать по технико-экономическим, и нормативным критериям. Это приведет к уменьшению затрат на обеспечение качества, главным образом по таким категориям, как потери от внутреннего брака, внешнего брака, произойдет и изменение затрат на инспекцию – контроль.

Современное метрологическое обеспечение механических производств — это система менеджмента качества контроля, включающая нормы обеспечения единства измерений на предприятии, контроль в заданных точках, выбор средств измерений по моделям оптимизации затрат и потерь, своевременная калибровка средств измерений. Система метрологического обеспечения должна вписываться в систему менеджмента качества предприятия, построенную по модели ИСО 9000 [4].

От внедрения контроля формируются экономические потери, 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 (СК) для современных условий производства должно происходить по соотношению цена/качество, нужно выбирать СК из заданной номенклатуры, где цена уже не является главнейшим фактором. Большее значение имеют затраты на измерения, такие, как заработная плата контролера, затраты на энергию, материалы, калибровку, и пр. Качество СК 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 [5].

Экономический эффект от замены применяемых СК 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 СК.

Экономический эффект рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}^G = 3_{\Sigma 1}^G \frac{B_{И1}}{B_{И2}} - 3_{\Sigma 2}^G = \left[\left(3_{III1}^G + П_{III1}^G \right) \frac{B_{И2}}{B_{И1}} - \left(3_{III2}^G + П_{III2}^G \right) \right] - E_n \cdot K, \quad (1)$$

где $3_{\Sigma 1}^G$, $3_{\Sigma 2}^G$ – приведенные затраты в расчете на годовой объем контроля, проводимого при использовании базового и нового СК, руб./год; $B_{И1}$, $B_{И2}$ – годовые объемы контроля, изм./год; $3_{Г1}$, $3_{Г2}$ – себестоимость годового объема контроля, руб./год; $П_1$, $П_2$ – годовые потери от погрешности измерений и

контроля при использовании базового и нового СК, руб./год; K_D – дополнительные капитальные вложения на приобретение СК, руб.; E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Перечень объектов входного контроля формирует начальник службы качества, а устанавливает и утверждает руководитель предприятия. После назначения объектов выбирают виды контроля – выборочный или сплошной.

Для входного контроля на мелкосерийном машиностроительном предприятии в большинстве случаев используются универсальные средства измерений, которые не подлежат обязательной поверке, и в лучшем случае проходят калибровку. Эта особенность вносит существенный вклад в формирование потерь машиностроительного предприятия, так как при повышении погрешности измерений возможно увеличение забракованных объектов входного контроля, а также необоснованных претензий к поставщикам.

Библиографический список

1. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.

2. Ерохин, М.Н. Методика расчета натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек / М.Н. Ерохин, О.А. Леонов, Ю.В. Катаев, О.М. Мельников // Вестник машиностроения. – № 3. – 2019. – С. 41-44.

3. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – № 4. – 2019. – С. 23-26.

4. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. – № 4. – 2016. – С. 34-35.

5. Леонов, О.А. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2013. – С. 71-74.

УДК 631.173.004.12

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АУДИТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ МИЛИОРАТИВНОЙ ТЕХНИКИ

Бондарева Галина Ивановна, заместитель директора, ФГБНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова

Карпузов Василий Викторович, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Разработана система аудита качества, разработанная для предприятия по ремонту мелиоративной техники. Приводятся рекомендации по

реализации программы внутреннего аудита на предприятии технического сервиса и карта процесса внутреннего аудита системы менеджмента качества.

Ключевые слова: *система менеджмента качества; технический сервис; аудит качества.*

Формирующаяся в современных условиях система ремонта мелиоративных машин требует новых подходов к обеспечению качества продукции и услуг на предприятиях технического сервиса и в универсальных дилерских центрах. Одним из наиболее значимых направлений совершенствования указанной деятельности является внедрение систем менеджмента качества (СМК) в соответствии с международными стандартами ИСО серии 9000. Актуальность создания и сертификации указанных систем на предприятиях по ремонту мелиоративных машин подтверждается разработкой типовой модели СМК для предприятия технического сервиса.

Качество ремонта любой специальной техники, в том числе и мелиоративных машин, складывается из множества составляющих, и решить вопросы брака без программ современного эффективного менеджмента в области качества – невозможно. В работе [1] доказано, что при функционировании СМК на предприятии технического сервиса возникает экономическая эффективность от снижения внутренних и внешних потерь. Мероприятия по применению инструментов контроля качества [2] и метрологическому обеспечению производства [3] существенно дополняют этот эффект. Особенности функционирования СМК по процессам производства определены в виде организации системы контроля затрат на качество [4], а процессный подход рассмотрен подробно в работе [5]. Важнейшим элементом при функционировании СМК является разработка методики проведения внутреннего аудита системы.

Система аудита качества в той или иной форме должна быть реализована в каждой организации вместе с организацией работ по расчету затрат на качество. На системной основе деятельность по аудиту качества начинается осуществляется при внедрении системы менеджмента качества. После принятия стратегического решения о разработке и внедрении СМК на предприятии технического сервиса мелиоративных машин начинается осуществляется совокупность последовательных аудитов, связанная с необходимостью оценки существующей ситуации с менеджментом качества, а затем – степени соответствия действующей СМК установленным требованиям. Внутренние и внешние аудиты качества проводятся на предприятии по ремонту мелиоративных машин как в период подготовки системы к сертификации, так и после ее завершения.

При реализации программы аудита необходимо обеспечить определение целей, области и критериев для каждого конкретного аудита, выбор методов

аудита, формирование группы по аудиту, поручение ответственности руководителю группы за проведение конкретного аудита, управление выходными данными программы аудита.

Разработана карта процесса внутреннего аудита, рис., где представлены участники процесса, метрики процесса и средства диагностики процесса. В качестве исходной информации выступают международные и государственные стандарты, руководство по качеству предприятия, документы третьего уровня СМК, а также стандарты предприятия по внутреннему аудиту.

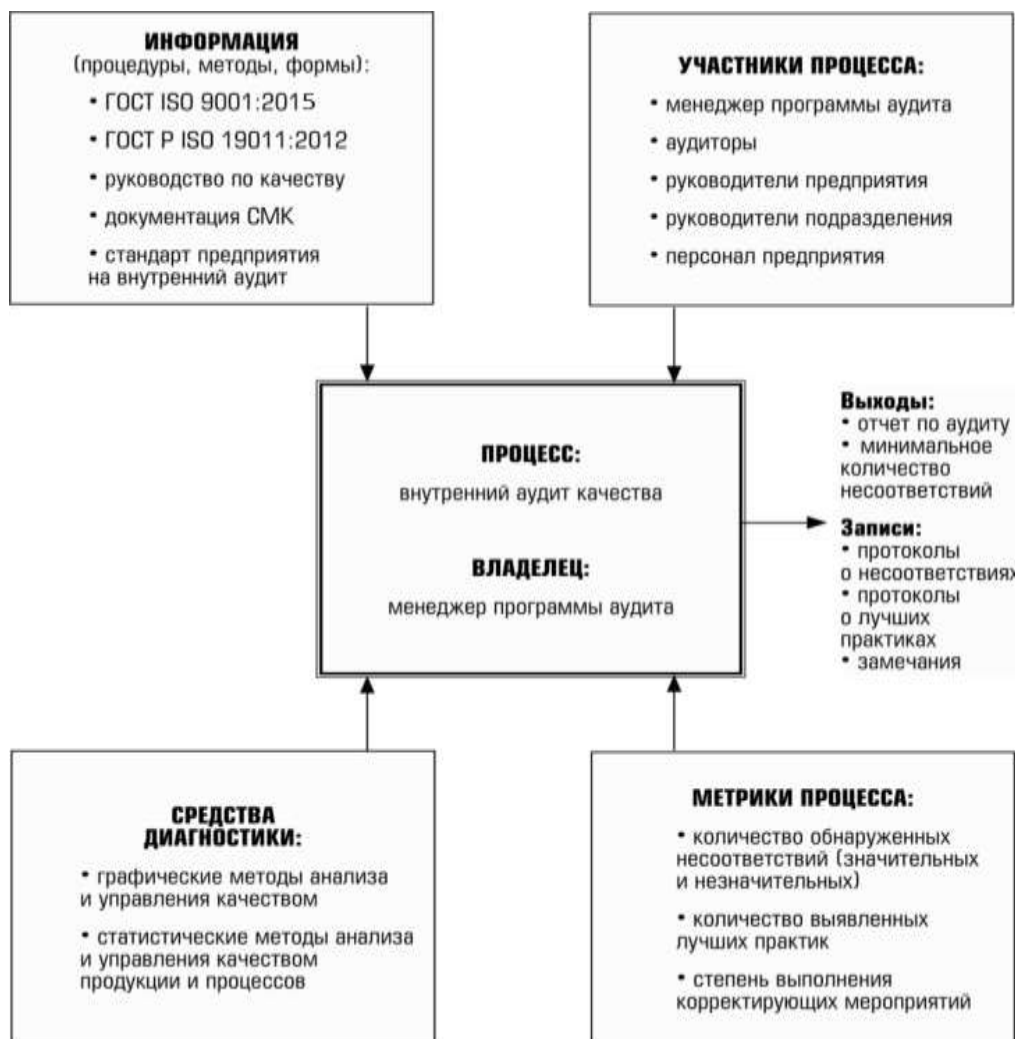


Рисунок – Карта процесса внутреннего аудита системы менеджмента качества

В результате процесса аудита формируется отчет по аудиту и количество выявленных несоответствий. Формируются записи в виде протоколов о несоответствиях, протоколы о лучших практиках (предложения аудиторов) и замечания.

Предприятием должна быть обеспечена компетентность лиц, ответственных и участвующих в программах аудита, что необходимо подтверждать соответствующими документами о повышении квалификации сотрудников.

При правильной организации процесса аудита будет внесен определенный вклад в практику «непрерывного совершенствования» деятельности и результатов работы предприятия по ремонту мелиоративной техники, заложенную в ИСО 9001, что окажет существенное влияние на рост показателей удовлетворенности потребителя – предприятий и организаций, использующих мелиоративную технику по целевому назначению.

Таким образом, разработана система аудита качества для предприятия по ремонту мелиоративной техники, карта процесса внутреннего аудита системы менеджмента качества, сформированы рекомендации и последовательность операций по реализации программы внутреннего аудита на предприятии технического сервиса мелиоративной техники.

Библиографический список

1. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор, – № 4. – 2016. – С. 34-35.

2. Леонов, О.А. Управление качеством / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Ю.Г. Вергазова – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 180 с.

3. Леонов, О.А. Экономика качества, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Н.Ж. Шкаруба – М.: Издательство Инфра-М, 2016. – 251 с.

4. Леонов, О.А. Организация системы контроля затрат на качество на предприятиях технического сервиса АПК сертификации / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, – № 8-1. – 2009. – С. 56-59.

5. Леонов, О.А. Построение функциональной модели процесса «Техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники» с позиции требований международных стандартов на системы менеджмента качества / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, – № 7. – 2009. – С. 35-40.

УДК 658.562

СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПРОЦЕССУ «РЕМОНТ МАШИН»

***Бондарева Галина Ивановна**, заместитель директора ФГБНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова.*

***Аннотация:** Управление качеством на предприятии необходимо реализовать через разработку описания процессов. Изложены теоретические основы необходимости построения взаимодействий между процессами внутри предприятия технического сервиса. На основе методологии моделирования процессов построена общая схема процесса «Ремонт машин».*

Ключевые слова: *технический сервис, менеджмент качества, процессный подход, вход процесса, выход процесса.*

При ремонте машин часто появляются претензии потребителя [1] из-за низкого качества оказываемых услуг, которые возникают от отсутствия контроля [2]. Эти последствия возникают от низкой эффективности использования системы менеджмента качества в соответствии с требованиями стандартов ИСО 9000 [3]. Из-за низкой эффективности контрольных процессов и системы качества увеличиваются затраты на контроль в виде поиска брака и устранения его для потребителя.

В теории, при создании машин назначаются допуски, которые не обеспечивает изношенное оборудование ремонтных предприятий. Растет внутренний брак и внутренние потери. Растут и отказы техники у потребителя в виде внешних потерь, которые больше внутренних и приводят к потере клиентов [4]. Становятся необходимым использование семи классических инструментов контроля качества.

Менеджмент качества на предприятии реализуется через разработку описания процесса. Эффективное функционирование процессного подхода обеспечивается проектированием методик менеджмента динамики экономических показателей качества, которые позволят оперативно реагировать на отклонения в процессах.

Организация менеджмента качества процесса связана с подготовкой производства, оборудования и рабочих, а также с разработкой метрологического обеспечения по допускам на размеры, анализа погрешностей измерений и классов точности средств контроля [5].

При ремонте машин должны использоваться статистические методы контроля качества. Оценку экономической эффективности функционирования системы менеджмента качества при процессном подходе необходимо проводить с помощью разработанных комплексных методик и которые позволяют рассчитать изменение таких показателей, как доходность объема продаж и рентабельность от изменения внутренних и внешних потерь предприятия.

На основе методологии моделирования процессов построим общую схему процесса «Ремонт машин» (рис. 1).

Каждый процесс происходит не сам по себе, а выполняет какие-либо функции в организации и является подконтрольным высшему руководству организации.

Вход процесса – продукт, который в ходе выполнения процесса преобразуется в выход.

Вход предполагает наличие своего поставщика. Входами процесса могут выступать: сырьё, материалы, полуфабрикаты, документация, информация, персонал, услуги и т.д.

Ресурс процесса – материальный или информационный объект, постоянно используемый для выполнения процесса, но не являющийся входом процесса.

Выход процесса – материальный или информационный объект или услуга, являющийся результатом выполнения процесса и потребляемый внешними по отношению к процессу клиентами.

Результат процесса всегда имеет потребителя. Потребителем может выступать другой процесс, тогда для него этот выход будет выступать входом. Выход процесса может использоваться как ресурс при реализации другого процесса. Выходами процесса могут выступать: готовая продукция, документация, информация, персонал, услуги и т.д.

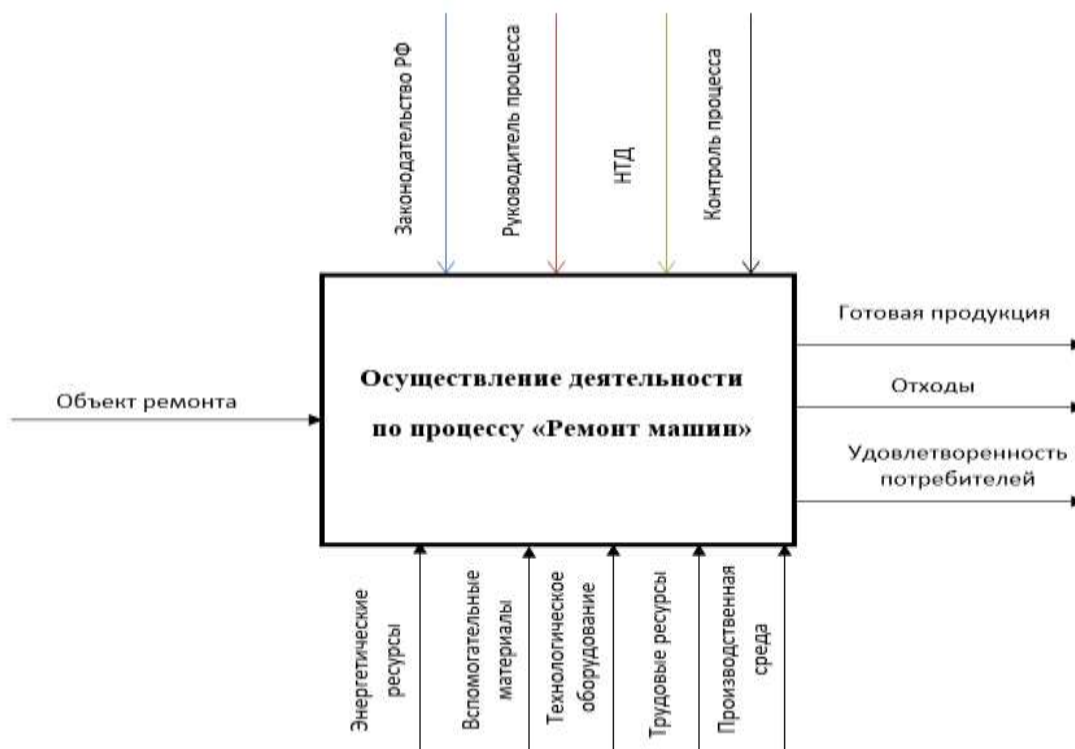


Рисунок 1 – Схема осуществления деятельности по процессу «Ремонт машин»

Процесс «Ремонт»

Цель процесса

Отремонтировать продукцию в соответствии с заказом

Начало и окончание процесса

Началом процесса является поступление Заказа на производство.

Процесс завершен, если выполнен Заказ, а продукция сдана на склад.

Вход процесса

№ потока	Наименование
2	Заказ
5	Проектная документация
9	Комплектующие

Выход процесса

№ потока	Наименование
6	Выполненный заказ

Таким образом, для повышения качества выполняемых работ, управление качеством на предприятиях технического сервиса должно реализоваться на основе процессного подхода.

Библиографический список

1. Бондарева, Г.И. Составляющие качества ремонта / Г.И. Бондарева // Сельский механизатор, – № 7. – 2016. – С. 2-4.
2. Леонов, О.А. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте / О.А. Леонов // Тракторы и сельхозмашины, – № 3. – 2016. – С. 30-32.
3. Леонов, О.А. Управление качеством / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Ю.Г. Вергазова – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 180 с.
4. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор, – № 4. – 2016. – С. 34-35.
5. Леонов, О.А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Г.Н. Темасова. – М.: МГАУ, 2011. – 120 с.

УДК 621-182.8

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Вергазова Юлия Геннадьевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Разработана обобщенная классификация неподвижных соединений с целью выявления методики расчета норм точности, рассмотрен пример выбора параметров по данной классификации, характеризующих цилиндрическое соединение со шпонкой.*

***Ключевые слова:** классификация, неподвижное соединение, натяг, зазор, посадка.*

Неподвижные соединения широко используются при проектировании любых видов машин. В сельскохозяйственных машинах это сопряжения звездочек, зубчатых колес, шкивов с валами, направляющих втулок и опор подшипников скольжения с корпусами и т.д. В данного рода соединениях всегда требуется четко обосновать величины натягов [1], иначе из-за несоблюдения требуемых норм точности начинаются постепенные отказы, обусловленные проворачиванием деталей относительно друг друга [2]. Для расчета норм точности используется классическая теория расчета натягов в посадке, что не всегда применимо для тех узлов, которые должны быстро разбираться в полевых условиях при выполнении сельскохозяйственных работ [3]. Методы расчета

точности по модели параметрического отказа хотя и разработаны [4], но требуют первоначального сбора статистических данных о динамике изнашивания [5].

С целью обобщения методов и подходов к исследованию точности была разработана обобщенная классификация неподвижных соединений (рис.1).

Неподвижные соединения чаще всего имеют посадки с гарантированным натягом, но могут встречаться и соединения с зазором и переходные. Базовые элементы методики расчета натягов в посадках базируются на теории сопротивления материалов, а для посадок с зазором невозможно применить классическую теорию гидродинамической смазки, когда определяются предельные зазоры по моменту всплытия вала в масляном клину, т.к. неподвижные соединения с зазором такого типа смазку не используют.

Неподвижные соединения формируются с помощью посадок с натягом, причем как без дополнительного крепления, так и с дополнительным креплением с помощью шпонок, штифтов и других средств.

Группы размеров посадок с натягом имеют свою особенность в применении и расчетах.

Группа малых размеров включает соединения до 3 мм включительно. Здесь существенное влияние на прочность формируемого соединения оказывает высота шероховатости поверхностей. Деформация материала деталей чаще всего упругопластическая, а сопряжения формируются продольным методом.

Размеры свыше 3 до 500 мм – это средние размеры, где применяются детали из различных материалов, не только металлов, но и пластмасс, которые наиболее часто используются как втулки для подшипников скольжения.

Размеры свыше 500 до 10 000 мм – это большие размеры. Материалы чаще используются из железа, в основном легированные жаропрочные стали, высокопрочные чугуны, серые чугуны, бронза. Метод формирования соединения - поперечный, поэтому чаще всего встречается упругий характер деформирования.

По данной классификации, цилиндрическое соединение со шпонкой может характеризоваться следующими параметрами:

- по назначению – для передачи крутящего момента;
- по типу нагружения – циркулярное или колебательное;
- по виду посадки – возможны все варианты;
- по форме контакта – либо линия либо поверхность;
- по виду изнашивания – чаще всего при фреттинг-коррозии;
- по характеру нагрузки – циклические, динамические, ударные;
- по виду контакта поверхностей и виду нагрузки – смешанные.



Рисунок 1 - Классификация неподвижных соединений

Формирование сопряжений с натягом производится различными методами (рис. 2). Выделено два главных метода – поперечный и продольный (осевой).

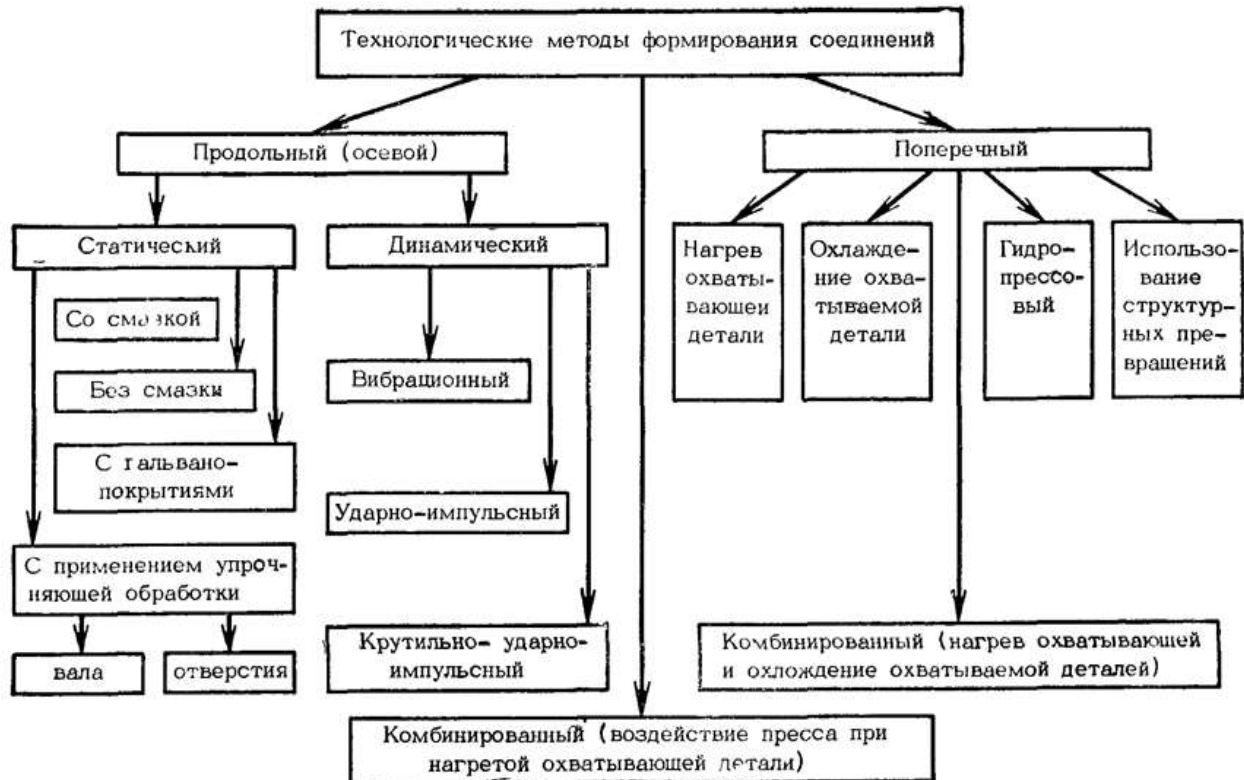


Рисунок 2 - Классификация методов формирования соединений с натягом

Поперечный метод предполагает вначале продольную взаимную ориентацию деталей, а потом их соединение, где происходит взаимная деформация именно поперечном сечении.

Продольный метод осуществляется одновременным продольным осевым ориентированием соединяемых деталей, и происходит их взаимная деформация.

Наибольшая прочность получается при соединении поперечным методом, так как неровности сминаются меньше, одна неровность (выпуклость) входит в другую (впадину), особенно если параметры шероховатости равные и выполнены одним способом, например - шлифованием. Качественные соединения получают поперечным формированием, при охлаждении детали типа «вал» в жидком азоте.

Гидропрессовый метод, когда для предохранения соединяемых поверхностей от задиров при повторной разборке и сборке используют масло, которое вводится под давлением в место контакта сопряжений, позволяет значительно улучшить качество контакта.

Согласно теории сопротивления материалов, здесь возможно пластическое, упругое и упруго-пластическое деформирование деталей.

Таким образом, разработана обобщенная классификация неподвижных соединений для облегчения выбора методов и подходов к исследованию точности, конструктивных и эксплуатационных параметров с целью влияния на надежность и долговечность соединений.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – № 4. – 2019. – С. 23-26.

2. Леонов, О.А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных параметров: Дис. ... доктор. техн. наук: 05.20.03 / Леонов Олег Альбертович; МГАУ. – М., 2004. – 324 с.

3. Вергазова, Ю.Г. Реализация теоретических исследований точностных параметров соединений «Вал - втулка со шпонкой» / Ю.Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 5. – 2015. – С. 41-47.

4. Ерохин, М.Н. Способы модифицирования поверхностей трения деталей машин / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, Н.Н. Чупятов. – Москва, 2014. – 140 с.

5. Леонов, О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О.А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2010. – С. 106-110.

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СВОЙСТВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ «ВАЛ-ВТУЛКА» СО ШПОНКОЙ СЕЛЬХОЗМАШИН

Вергазова Юлия Геннадьевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Рассмотрены и проанализированы наиболее распространенные соединения деталей сельхоз машин, проанализированы точностные параметры цилиндрических соединений со шпонкой, выделены главные достоинства и недостатки шпоночных соединений.

Ключевые слова: надежность, шпоночное соединение, допуск, зазор, натяг, посадка, отклонение, цилиндрическое соединение.

Неподвижные соединения с натягом, с зазором и переходные находят широкое применение в сборочных единицах сельхозмашин, тракторов, автомобилей, различных приводов и др. технике [1]. Чаще всего это сопряжения «звездочка – вал», «зубчатое колесо – вал», «шків – вал», направляющие втулки и опоры подшипников скольжения и т.д.

Надежность таких соединений недостаточна не только из-за слабого обеспечения конструкторами параметров износостойкости, но и из-за несоблюдения требуемых норм точности [2], причем в ряде случаев изнашивание цилиндрических соединений со шпонкой порой начинается с такого зазора, который находится в зоне аварийного износа согласно классической кривой изнашивания [3]. Модель параметрического отказа для данного вида соединений свидетельствует о необходимости проведения расчета норм точности в зависимости от требуемого ресурса [4, 5].

Шпоночные соединения для сельхозмашин изготавливаются двух групп: ненапряженные; напряженные.

Ненапряженные соединения формируются с помощью призматических и сегментных шпонок, они не деформируют ступицу и вал в собранном состоянии.

Напряженные формируются с помощью клиновых шпонок, они специальным образом создают деформацию деталей соединений в собранном состоянии.

В настоящее время свыше 300 видов сельхозмашин машин имеют приводы в виде цепных, ременных передач и редукторов. Наиболее распространены в звездочках цепных передач соединения типа «вал-втулка звездочки», а в редукторах - «вал-втулка шестерни», которые имеют шпонки, таблица 1. Шпонки в данных соединениях обеспечивают относительную неподвижность поверхностей, с помощью которых передаются крутящие моменты.

Таблица 1

Посадки в соединениях со шпонкой некоторых сельхозмашин

Наименование машины и сборочной единицы	Место установки сопряжения	Посадка на чертеже, мм	Предельные зазоры (+) или натяги (-), мкм
Соединение «вал-втулка звездочки»			
Картофелеуборочный комбайн КПК-3	Валы редукторов привода элеваторов, горок	$\varnothing 30 \begin{matrix} +0,17 \\ -0,05 \end{matrix}$	0...+220
	Вал привода элеватора	$\varnothing 30 \begin{matrix} +0,17 \\ -0,17 \end{matrix}$	0...+340
Сеялки СЗ-3,6; СЗУ- 3,6; СЗА – 3,6; СЗТ – 3,6	Редуктор	$\begin{matrix} +1,000 \\ \varnothing 35 \begin{matrix} +0,032 \\ -0,170 \end{matrix} \end{matrix}$	+32...+1170
	Натяжной механизм	$\begin{matrix} +0,20 \\ \varnothing 20 \begin{matrix} +0,06 \\ -0,14 \end{matrix} \end{matrix}$	+60...+340
Сеноуборочная машина КИК-1,4	Биттер	$\varnothing 25 \begin{matrix} +0,14 \\ -0,52 \end{matrix}$	0...+660
		$\varnothing 40 \begin{matrix} +0,17 \\ -0,17 \\ -0,08 \\ -0,25 \end{matrix}$	-90 ... +420
Редуктор универсальный Н 090. 20.000	Валы редуктора	$\varnothing 30 \begin{matrix} +0,17 \\ -0,05 \end{matrix}$	0...+220
Соединение «вал-втулка шестерни»			
Картофелеуборочный комбайн ККУ-2А	Коробка вариатора	$\varnothing 45 \begin{matrix} +0,06 \\ -0,06 \end{matrix}$	0...+120
	Редуктор распределительный	$\varnothing 45 \begin{matrix} +0,06 \\ +0,02 \\ -0,04 \end{matrix}$	-20...+100
Картофелеуборочный комбайн КПК-3	Валы редукторов привода элеваторов, горок	$\varnothing 40 \begin{matrix} +0,025 \\ +0,018 \\ +0,002 \end{matrix}$	-18 ...+23
Сеноуборочная машина КИК-1,4	Редуктор	$\varnothing 25 \begin{matrix} +0,045 \\ -0,045 \end{matrix}$	0...+90

Наименование машины и сборочной единицы	Место установки сопряжения	Посадка на чертеже, мм	Предельные зазоры (+) или натяги (-), мкм
	Редуктор основной	+ 0,045 $\varnothing 30 \begin{array}{l} \overline{+ 0,036} \\ + 0,015 \end{array}$	-36 ... +15
Редуктор универсальный Н 090. 20.000	Вал редуктора	$\varnothing 40 \begin{array}{l} A \\ H \end{array}$	-18...+23

Главные достоинства шпоночных соединений – это обеспечение простоты и относительной надежности конструкции, легкости сборочных и разборочных работ, низкая цена получаемого соединения.

Основные недостатки шпоночных соединений – это относительно низкая способность передавать большие нагрузки из-за малых площадей поперечных сечений шпоночных пазов, а также из-за большой концентрации напряжений в зоне контакта пазов, усложнение конструкции для реализации перемещения деталей относительно друг друга и низкая степень центрирования осей вала и отверстия, предполагающая наличие радиального биения.

Материал, используемый для изготовления валов сельхозмашин – Сталь 45, и это чаще всего валы редукторов или валы из светлотянутой калиброванной стали равного диаметра по длине.

Звездочки изготавливаются из высокопрочного чугуна ВЧ45...ВЧ60, для малых скоростей до 2 м/с, или, для больших скоростей – Сталь 45. Шестерни для редукторов сельхозназначения изготавливают из Стали 40Х.

В зависимости от условий его работы назначаются рекомендуемые поля допусков цилиндрических соединений со шпонкой для заданного чертежом номинального размера [5], (табл. 2).

Таблица 2

Рекомендуемые поля допусков цилиндрических соединений со шпонкой

Условия работы	Поля допусков		Вид посадок
	отверстия втулки	вала	
Точное центрирование	<i>H6</i>	<i>js6; k6; m6; n6</i>	переходные
Большие нагрузки	<i>H7</i>	<i>s7</i>	с натягом
	<i>H8</i>	<i>x8; u8; s8</i>	
Осевое перемещение	<i>H6</i>	<i>n6</i>	с зазором
	<i>H7</i>	<i>n7</i>	

Из таблиц 1 и 2 видно, что нормируются одни допуски, а реальные – совсем другие. В реальных и нормируемых цилиндрических соединениях со шпонкой чаще всего присутствуют только зазоры, причем величина их достаточно значительна. Наличие зазора отрицательно влияет как на долговечность самого

соединения, так и сопрягаемых элементов, так как стык соединений раскрыт и туда попадают частички пыли, грязи, вода, минеральные удобрения и пр., что значительно ускоряет процесс изнашивания. Например, для цепных передач повышение зазора в соединении «звездочка-вал» приведет к увеличению биений, ударов, толчков, вибрации и как следствие – к повышенному износу, провисанию и срыву цепи.

Отклонение от установленных норм точности может привести к снижению срока службы и раннему отказу, но рекомендуемые посадки по 6 качеству, таблица 2, в сельхозмашиностроении и при ремонте машин достигнуть невозможно без использования нового высокоточного оборудования, которое на данных предприятиях отсутствует. Необходимо выбирать другие пути обеспечения заданной точности и решать проблемы надежности.

Цилиндрические соединения со шпонкой являются элементами сборочных единиц, которым необходимо обеспечить гарантированный запас работоспособности, так как с их отказом невозможна эксплуатация машины.

В этих соединениях, эксплуатация начинается при наличии зазора, что снижает их износостойкость и долговечность.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных параметров: Дис. ... доктор. техн. наук: 05.20.03 / Леонов Олег Альбертович; МГАУ. – М., 2004. – 324 с.

2. Вергазова, Ю.Г. Реализация теоретических исследований точностных параметров соединений «Вал-втулка со шпонкой» / Ю.Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 5. – 2015. – С. 41-47.

3. Ерохин, М.Н. Способы модифицирования поверхностей трения деталей машин / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, Н.Н. Чупятов. – Москва, 2014. – 140 с.

4. Леонов, О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О.А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2010. – С. 106-110.

5. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – № 4. – 2019. – С. 23-26.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Голиницкий Павел Вячеславович, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Статья посвящена изучению методов, направленных на обеспечение безопасности и качество зернового сырья. Автором исследовано влияние СВЧ-энергии на снижение обсемененности и выявлены наиболее эффективные режимы, влияющие на микробиологические показатели зернового сырья.*

***Ключевые слова:** зерновое сырье, СВЧ-поле, СВЧ-обработка, микробиологическая обсемененность, электротермическая обработка.*

Производство и потребление качественных и безопасных продуктов питания, а также их доступность составляют одну из первейших основ жизнедеятельности человека, определяющих продовольственную независимость страны и благополучие общества. Наибольшая роль в решении этой задачи отводится агропромышленному комплексу. Предприятия АПК составляют основу стратегического комплекса страны, оказывают непосредственное влияние на малый бизнес, а также способствуют расширению производства. Одной из важнейших задач агропромышленного комплекса является повышение качества производимой продукции, как основа конкурентоспособности и эффективной деятельности предприятия.

Подготовка сырья занимает важное место в системе мероприятий, направленных на получение качественной продукции. Поэтому необходимо обеспечить безопасность применяемого сырья в цепи производства-хранения-переработки-реализации.

Продукты переработки зерна являются продуктами повседневного спроса и играют существенную роль в питании. Однако в последние годы значительно увеличилось число товарных партий зерна не отвечающих требованиям безопасности. Ухудшению качества зерна, его технологических показателей, потерям сухого вещества, загрязнению высокотоксичными и канцерогенными продуктами метаболизма микроскопических грибов – микотоксинами, способствует поражения зерна микроорганизмами грибной и бактериальной этиологии. Причем заражение зерна может происходить как в поле, так и при хранении. При этом наблюдается не только ухудшение качества зерна, но и

значительное изменение его химического состава и как следствие накопление токсичных веществ [1].

В связи с этим, особую актуальность приобретают технологические мероприятия, направленные на снижение количества нежелательных микроорганизмов в пищевых производствах и сохранение качественных показателей продуктов переработки зерна.

Специфика оздоровления продовольственного зерна требует коренного изменения приоритетов, так как инфекционные агенты зерна представлены, в том числе и споровыми формами возбудителей, имеющими высокую устойчивость к температурному фактору. Обработка зерна после предварительного увлажнения, стимулирующего начало прорастания спор, является необходимым условием в процессе его обеззараживания. Температурное воздействие вызывает денатурацию белков и, следовательно, гибель возбудителей.

Анализируя применяемые методы в отраслях перерабатывающей промышленности, альтернативным будет являться такой прием, который способен, наряду с эффективным уничтожением патогенной микрофлоры различной этиологии, обеспечить сохранность пищевой ценности зернового сырья.

Этим требованиям могут отвечать электрофизические методы. Метод ВЧ и СВЧ-полей объединяет воздействие двух полей – электромагнитного и теплового, показывая высокую эффективность в оздоровлении зерна от комплекса патогенных микроорганизмов грибной, бактериальной и вирусной этиологии.

Явление, наблюдаемой при воздействии СВЧ-энергии на живые ткани имеют в основном тепловой характер, они зависят от дисперсии, диэлектрической проницаемости и проводимости. Гибель микроорганизмов происходит в результате денатурации белка при сравнительно невысоких темпах нагрева до 1,2-1,6 °С/с- за счет диэлектрического разрушения клеток живой ткани. Технология обеззараживания с использованием ВЧ –и СВЧ- полей предполагает объединение следующих операций:

- предварительное увлажнение зерна, т.к. в основе большинства технологических процессов, выполняемых с помощью ВЧ- и СВЧ-энергии лежит диэлектрический нагрев обрабатываемого материала;
- нагрев продукции для достижения определенного уровня их равномерного увлажнения, а также инициации роста спор грибов;
- термическое обеззараживание [2, 3].

Преимуществом использования СВЧ-энергии является возможность осуществления процессов избирательного (локального) нагрева отдельных зон (компонентов, включений) продукта, отличающихся диэлектрическими характеристиками. Такие включения, имеющие значения коэффициента поглощения выше, чем остальная среда, будут избирательно нагреваться с более высокой до 10 °С в секунду, скоростью независимо от места их расположения по всему объему продукта. Эта особенность СВЧ-энергии используется для целей

пастеризации и стерилизации. Стерилизующее действие СВЧ-нагрева с учетом избирательности наиболее эффективно не на отдельные микроорганизмы, а на их колонии. Летальное действие тепла на микроорганизмы достигается в широком диапазоне температур. Летальность существенно выше при высоких температурах. СВЧ установки позволяют за короткий промежуток времени достигнуть высокого уровня температуры. Летальное воздействие необходимо учитывать как в период рабочей температуры, так и в период охлаждения. В процессе эксперимента получены данные о влиянии СВЧ-энергии на грибы родов *Penicillium*, *Mucor*, *Alternarium*, *Fusarium*, а также общую микробную загрязненность зерна кукурузы, риса, гречихи, ячменя. Некоторые виды грибов родов *Aspergillus* и *Penicillium* являются главным источником поражения и гибели зародыша зерна. Экспериментальные данные по влиянию СВЧ-энергии на зараженность зерна плесневыми грибами представлены на рисунках 1, 2.

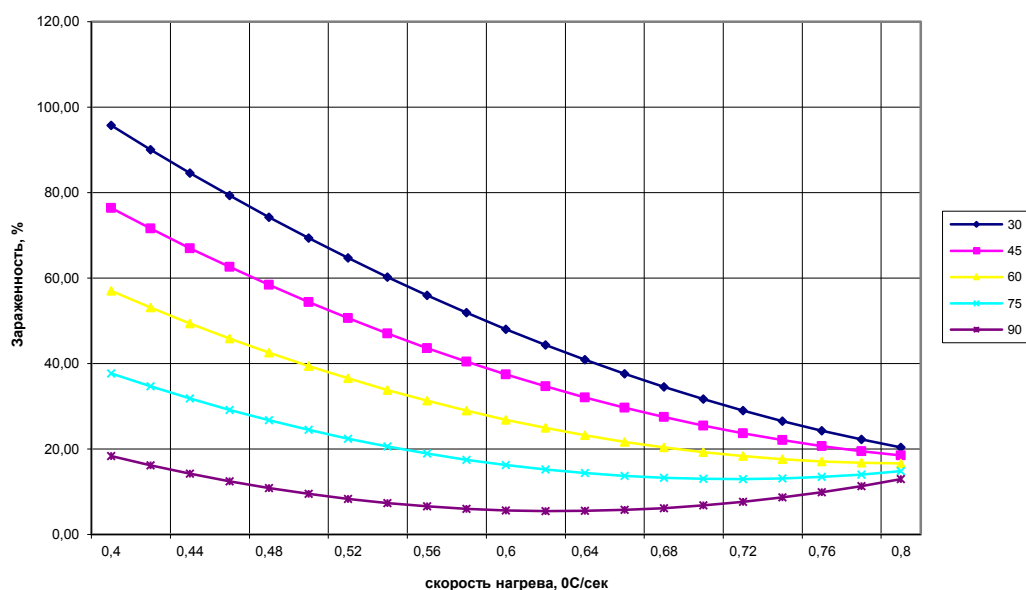


Рисунок 1 – Влияние скорости нагрева СВЧ-энергии на зараженность кукурузы возбудителями рода *Aspergillus*

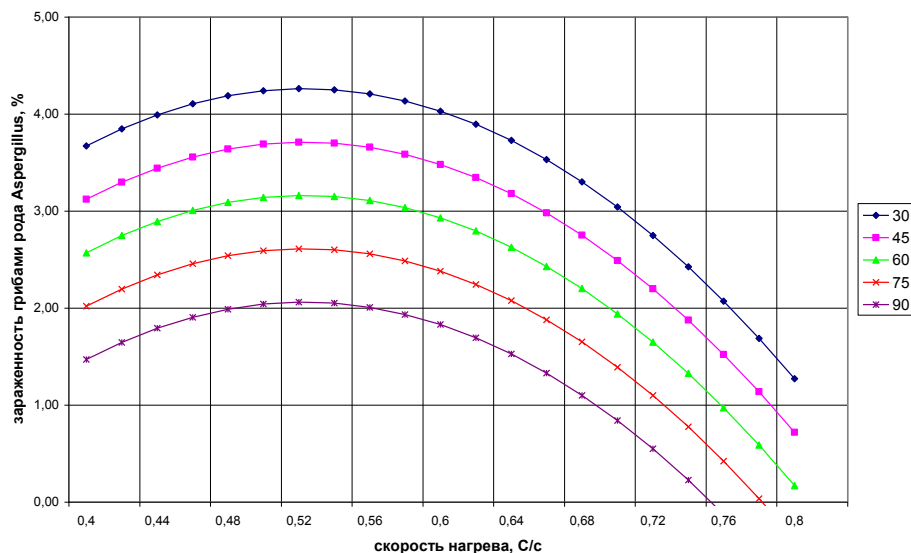


Рисунок 2 – Зараженность зерна ячменя грибами р. *Aspergillus* в зависимости от параметров СВЧ-поля

Быстрый и полный обеззараживающий эффект по патогенным грибам рода *Aspergillus* наблюдается при скорости нагрева 0,8 °C/c и экспозиции 60...90 с, но при этом необходимо учитывать, что такие нагрузки СВЧ-поля могут привести к гибели самого зерна. Эффективными режимами обеззараживания зерна от грибов рода *Aspergillus* можно считать следующие: варианты со скоростью нагрева 0,4 °C/c и экспозицией обработки 60...90 с, а также варианты со скоростью нагрева 0,6...0,8 °C/c и экспозицией обработки 30...90 с.

В настоящее время, результаты многолетних исследований и производственных испытаний однозначно подтвердили преимущество метода, зарекомендовав его как наиболее безопасный, экологичный, энерго- и трудозакономичный их всех существующих [4]. Пищевая и перерабатывающая промышленность является одной из тех отраслей, где СВЧ-энергия находит широкое применение в самых разнообразных технологических процессах, реализация которых позволяет значительно интенсифицировать производство и получать продукцию высокого качества, стабилизировать выход готового продукта и увеличить его сроки хранения [5].

Библиографический список

1. Черкасова, Э.И. Влияние термического обеззараживания на комплекс микроорганизмов и качество многокомпонентных смесей растительного происхождения: автореф. дис. ... канд.с/х наук 03.00.16 / Черкасова Эльмира Исламовна. – Красноярск 2006. – 19с.
2. Пат. 2292164 Российская Федерация Способ обработки Смеси крупы с овощами / Н.В. Цугленок, Р.Х., Юсупов Г.Г. Юсупова,Г.И. Цугленок, Э.И. Черкасова, Ю.И. Зданович; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет". - № 2005119352/13 заявл. 21.06.2005; опубл. 27.01.2007, Бюл. № 23. - 10 с.: ил.

3. Пат. 2283861 Российская Федерация способ производства солода из пивоваренных сортов ячменя / Н.В. Цугленок, Р.Х. Юсупов, Г.Г. Юсупова, Г.И. Цугленок, Ю.И. Зданович; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО "Южно-Уральский государственный университет". - № 2005112329/13 заявл. 25.04.2005 опубл. 20.09.2006, Бюл. № 23. - 10 с.: ил.

4. Черкасова, Э.И. Использование СВЧ-поля для обеспечения микробиологической безопасности продуктов растительного происхождения / Э.И. Черкасова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. серия: пищевые и биотехнологии. – № 1. – т. 2. – 2014. – С. 67-71.

5. Кретьова, Ю.И. Проблемы и пути решения экологической безопасности зернового продовольственного сырья / Ю.И. Кретьова, Э.И. Черкасова // В сборнике: наука ЮУРГУ материалы 63-й научной конференции. Министерство образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. – 2011. – С. 49-52.

УДК 631.173.004.12

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АПК

Карпузов Василий Викторович, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Представлена разработка подходов к реализации процесса управления знаниями на предприятии технического сервиса АПК. Приводится нормативная база, разработанные для предприятия ТС АПК модель и спецификация процесса управления знаниями, этапы реализации процесса, порядок организации деятельности по разработке и внедрению процесса на предприятии технического сервиса АПК.*

***Ключевые слова:** система менеджмента качества; предприятие технического сервиса АПК; управление знаниями, спецификация процесса.*

В соответствии с ГОСТ Р 53894–2016 под менеджментом знаний понимается дисциплинарный подход к достижению поставленных перед организацией целей путем оптимального использования знаний. Концепция управления базой знаний впервые реализована в пятой версии международных стандартов ИСО серии 9000 на системы менеджмента качества (СМК) [1]. 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.

Поскольку обязательные требования в отношении знаний организации реализованы только в действующей пятой версии национального стандарта

ГОСТ Р ИСО 9001-2015, реализация данного процесса на предприятиях технического сервиса АПК не рассматривается ни в типовом проекте ГОСНИТИ [2], ни в методических указаниях Минсельхоза по созданию СМК на предприятии ТС АПК [3]. В соответствии с вышеизложенным, разработка процесса управления знаниями на предприятии технического сервиса АПК является важной и актуальной задачей.

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 дилерских центров изготовителей с/х техники и других предприятий технического сервиса 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 предприятию технического сервиса АПК, чтобы обеспечивать текущий уровень осуществления деятельности и создавать новые возможности для повышения качества технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники [4].

Основу нормативной базы реализации процесса управления знаниями на предприятии технического сервиса АПК составляют национальные стандарты, важнейшие из которых представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные национальные стандарты в области менеджмента знаний

Обозначение стандарта	Наименование стандарта
ГОСТ Р 53894-2016	Менеджмент знаний. Термины и определения
ГОСТ Р 54146-2010	Менеджмент знаний. Руководство для малых и средних предприятий
ГОСТ Р 57127-2016/PAS 2001:2001	Менеджмент знаний. Руководство по наилучшей практике
<u>ГОСТ Р 54875–2011</u>	Менеджмент знаний. Руководство по устоявшейся практике внедрения системы менеджмента знаний
<u>ГОСТ Р 54876–2011</u>	Менеджмент знаний. Руководство по обеспечению взаимосвязи менеджмента знаний с культурой организации и другими организационными процессами
ГОСТ Р 57132-2016	Менеджмент знаний. Взаимосвязь с организационными функциями и дисциплинами. Руководство по наилучшей практике
ГОСТ Р 57133-2016	Менеджмент организационной культуры и знания. Руководство по наилучшей практике
ГОСТ Р 57134-2016	Менеджмент знаний. Мастерство приобретения знаний. Руководство по наилучшей практике

ГОСТ Р 57325–2016	Менеджмент знаний. Руководство по включению в стандарты требований по учету потребностей микро-, малых и средних предприятий
ГОСТ Р 57319–2016	Менеджмент знаний. Руководство для успешного достижения целей малых предприятий
ГОСТ Р 57320–2016	Менеджмент знаний. Применение процессно-ориентированного менеджмента знаний на малых и средних предприятиях
ГОСТ Р 58192-2018	Менеджмент знаний. Практика применения менеджмента знаний на малых и средних предприятиях

В соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001–2015 в рамках реализации типовых подходов к созданию СМК сервисного предприятия разработана модель процесса управления знаниями для предприятия технического сервиса АПК (рис. 1) и спецификация процесса (табл. 2).

Документированная процедура процесса управления знаниями на предприятии технического сервиса АПК 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.

Управляющие воздействия



Рисунок 1 – Модель процесса «Управление знаниями» на предприятии технического сервиса АПК

**Спецификация процесса «Управление знаниями»
для СМК предприятия ТС АПК**

Код процесса	П. ИСО 9001	Наименование процесса
СТО СМК ХХ–2019	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 поддержания и улучшения процессов СМК		Установление единого порядка планирования, обеспечения, управления и улучшения знаний предприятия ТС АПК с целью повышения качества услуг по ТО и ремонту с/х техники
Владелец процесса		Руководитель процесса
Представитель руководства по качеству		Руководитель службы качества
Потребители процесса		Выходы процесса
Сельхозтоваропроизводители, подразделения и персонал предприятия ТС АПК		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 и 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		

Разработку и внедрение процесса управления знаниями на предприятии технического сервиса АПК следует осуществлять путем последовательной реализации перечисленных ниже этапов:

- 1) Организация работ по реализации процесса;
- 2) Разработка целей и задач реализации процесса менеджмента знаний;
- 3) Оценка реального состояния баз и потоков знания;
- 4) Разработка инструментов и методов менеджмента знаний;
- 5) Внедрение процесса менеджмента знаний в деятельность СМК, обучение и подготовка персонала инструментам и методам менеджмента знаний;
- 6) Оценка результатов внедрения процесса менеджмента знаний, разработка и реализация корректирующих действий;
- 7) Разработка и реализация проектов по улучшению системы менеджмента знаний предприятия ТС АПК.

При внедрении процесса менеджмента знаний на предприятии технического сервиса АПК целесообразно воспользоваться рекомендациями ГОСТ Р 54875-2011.

Внедрение в СМК процесса управления знаниями следует рассматривать как предпосылку для устойчивого развития предприятия ТС АПК. 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 технического сервиса АПК в целом.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9001–2015 Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартиформ, 2015. – 32 с.
2. Соловьев, Р.Ю. Типовой проект построения эффективной системы менеджмента качества в соответствии со стандартами ИСО 9000 для предприятий технического сервиса в АПК / Р.Ю. Соловьев, В.П. Лялякин, В.К. Фрибус, М.И. Силина, М.Н. Костомахин, М.А Красовский – М.: ГНУ ГОСНИТИ, 2009. – 156 с.
3. Карпузов, В.В. Методические рекомендации по созданию системы менеджмента качества на предприятии ТС АПК / В.В. Карпузов, А.Н. Самордин – М.:ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 352 с.
4. Леонов, О.А. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие. / О.А. Леонов, В.В. Карпузов, Н.Ж. Шкаруба, Н.Е. Кисенков – М.: Издательство КолосС, 2009. – 468 с.

МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АПК

Куликов Александр Алексеевич, профессор кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье отражена история развития метрологического обеспечения в России, проанализировано современное состояние метрологического обеспечения производства в АПК, изложены основные аспекты требований по метрологическому обеспечению производства.

Ключевые слова: метрология, средства измерений, поверка, калибровка, контроль, аграрный сектор.

Метрологическая деятельность в АПК является частью обеспечения продовольственной безопасности, причем сильно связана и с экономикой качества [1]. Измерения и контроль незримо сопровождают как производство и переработку с.-х. продукции, так и услуг, формируя величины затрат и потерь [2].

Прошло пятьдесят лет, когда в январе 1965 года состоялась первая межотраслевая конференция «Метрологическое обеспечение производства», которая обеспечила существенное развитие измерительной техники в стране. В дальнейшем Госстандарт, Академия Наук совместно с отраслевыми министерствами неоднократно проводили конференции по метрологическому обеспечению производства. Это привело к развитию эталонной базы страны и доведению её по точности измерений до уровня, обеспечивающего потребности всех отраслей производства, в том числе АПК России. Метрология стала обеспечивать качество измерений в стране.

В народном хозяйстве России, по данным Росстандарта, используются свыше 1,5 млрд. единиц средств измерений различного назначения. В АПК России насчитывается около 800 тысяч производственных предприятий и организаций. Все они имеют средства измерения, контроля, автоматизации, лабораторное оборудование с целью получить достоверную информацию, эффективно управлять производством, вести исследования. Номенклатура средств измерений, контроля и автоматизации насчитывает порядка 1000 наименований, а общее количество средств измерений составляет свыше 30 млн. единиц. Для АПК особенно актуально точность измерения массы, а повсеместно используемых системах отопления в АПК – измерения давления, причем уже используются новые принципы действия таких приборов [3].

Приведём лишь один пример потерь при взвешивании зерна в период уборочной кампании на стационарных автомобильных весах. Периодическую поверку таких весов, как и первичную, производят на месте их установки. Погрешность измерения на поверенных весах не превышает одного процента, но

с учётом того, что весы устанавливаются часто вне помещения, загрязняются, влияет окружающая среда и условия, методика взвешивания и другие факторы, в особенности, если оператор устройства не обеспечивает соответствующего обслуживания при эксплуатации, погрешность измерения значительно возрастает. На точность измерения влияет и водитель грузовика. По данным ЦСУ в 2015 году собрано 102 млн. тонн зерна. Потеря в один процент от одной процедуры взвешивания, без учёта влажности даёт потерю 1 млн. тонн зерна. Экономическая потеря легко подсчитывается.

При эксплуатации приборы, используемые в сферах государственного регулирования, требуются периодически поверять, остальные подлежат калибровке, которая добровольна и проводится редкими предприятиями. Использование новых средств измерений, контроля и автоматизации всегда сопровождается разработкой методик выполнения измерений и оценкой точности [4].

Еще один важный сектор АПК, где необходимо обеспечение точности – это техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники. Здесь требуются средства измерений линейных величин, причем используются приборы универсального назначения, погрешность которых значительно влияет на потери от брака. Особенно важно здесь организовать входной контроль запасных частей и материалов [5], так как последнее время наблюдается большое количество такого рода продукции, не соответствующей требованиям стандартов, технических условий и других документов.

По мере повышения требований к качеству продукции, обеспечению её безопасности, на предприятиях АПК находят применение более точные средства измерений и контроля. Увеличилось использование и зарубежной измерительной техники, поступающей, в том числе при покупке машин, технического оборудования, что с одной стороны увеличивает зависимость от импорта запчастей, комплектующих, стандартных и типовых материалов. Все это приводит к росту производственных затрат, но снижает риски от брака.

Заметим, что повышение качества машин, оборудования, продукции всегда связано с объективной тенденцией ужесточения допусков на характеристики материалов, готовых изделий, повышением точности поддержания режимов технологических процессов, с необходимостью вести контроль непосредственно в потоке производства. Это повышает требования к достоверности и выбору средств измерения, контроля и автоматизации.

Аграрный сектор страны после перестроечного периода потерпел реформирование, особенно пострадала нечернозёмная зона страны, сократились производства. Взятый курс на импортозамещение продовольствия способствует становлению и развитию сельских товаропроизводителей и малого бизнеса. С возрождением и укреплением производства будет возрождаться и метрологический контроль, поскольку при внедрении систем менеджмента качества определены требования по метрологическому обеспечению производства.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Экономика качества / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова. – Saarbrucken, 2015. – 305 с.
2. Леонов, О.А. Экономика качества, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Н.Ж. Шкаруба. – М.: Издательство Инфра-М, 2016. – 251 с.
3. Леонов, О.А. Методы и средства измерений / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2014. – 256 с.
4. Леонов, О.А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Г.Н. Темасова. – М.: МГАУ, 2011. – 120 с.
5. Бондарева Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор, – № 4. – 2017. – С. 36-38.

УДК 658.562.5

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ

Петухов Александр Евгеньевич, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье рассмотрены факторы, влияющие на качество готовой продукции при ремонте машин. Рассмотрен алгоритм менеджмента качества процесса механической обработки, в который включены действия, связанные с управлением несоответствиями и корректирующие действия.

Ключевые слова: качество, ремонт деталей, алгоритм процесса, качество процесса.

При ремонте машин часто возникает брак из-за низкого уровня качества метрологического обеспечения измерений на различных этапах технологического процесса [1] и различных объектов метрологического обеспечения [2]. При выборе средств измерений используют устаревшие рекомендации, не учитывающие экономических критерий выбора средств измерений [3]. В виду сложности расчетов точностных параметров деталей машин и узлов на ремонтных предприятиях, как правило, назначают допуски и посадки по аналогии, без учета таких факторов как вероятность отказа и интенсивность износа соединений [4], что также негативно сказывается на уровне качества ремонта.

В теории, при создании машин назначаются допуски, которые не обеспечивает изношенное оборудование. Растет внутренний брак и внутренние потери. Растут и отказы техники у потребителя в виде внешних потерь, которые

больше внутренних. Становятся необходимым использование семи классических инструментов контроля качества, что эффективно на 95%.

Менеджмент качества процесса механической обработки на предприятии реализуется через разработку описания процесса. Эффективное функционирование процессного подхода обеспечивается проектированием методик менеджмента динамики экономических показателей качества, которые позволят оперативно реагировать на отклонения в процессах.

Поскольку управление потоковыми характеристиками сопряжено с использованием информации о потоке, то необходимо разработать методику, обеспечивающую достоверность информационных данных, используемых для анализа качества технологического процесса.

Организация менеджмента качества процесса механической обработки связана с подготовкой производства, оборудования и рабочих, а также с разработкой метрологического обеспечения по допускам на размеры, анализа погрешностей измерений и классов точности средств контроля.

При ремонте машин должны использоваться статистические методы контроля качества. Оценку экономической эффективности функционирования системы менеджмента качества при процессном подходе необходимо проводить с помощью разработанных комплексных методик [5], которые позволяют рассчитать измерение таких показателей, как доходность объема продаж и рентабельность от изменения внутренних и внешних потерь предприятия.

Рассмотрим алгоритм менеджмента качества процесса механической обработки, рисунок. Функционирование алгоритма осуществляется с помощью контроля данных о процессе.

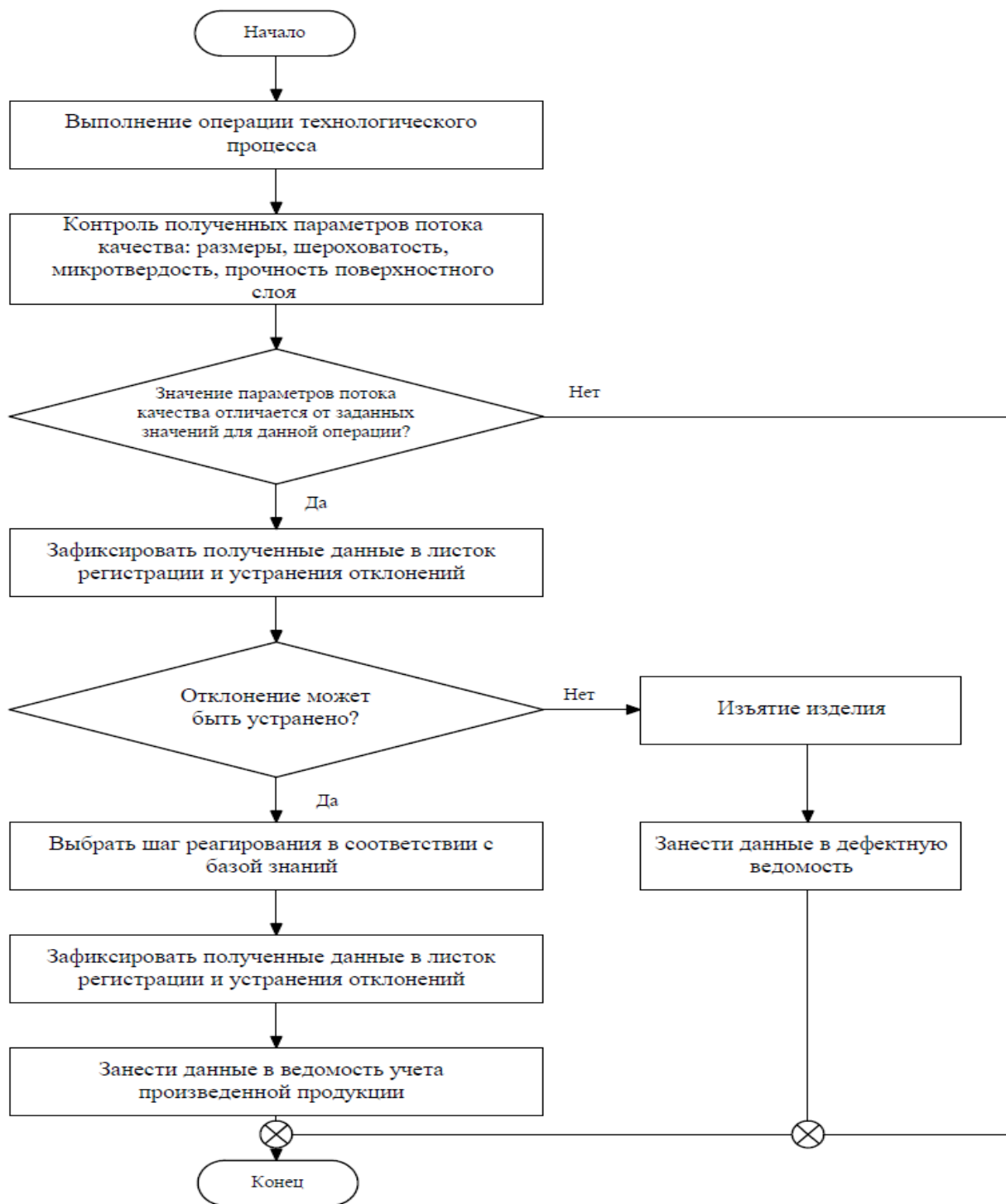


Рисунок 1 – Алгоритм процесса механической обработки с позиции управления качеством процесса

Главный показатель качества механической обработки при ремонте деталей – геометрическая точность поверхности, которая оценивается параметрами макрогеометрии и шероховатостью. Шероховатость получаемой при механической обработки детали зависит от множества факторов: методов обработки, режимов резания, геометрических параметров и качества заточки режущих пластин инструмента, физико-механических характеристик обрабатываемого материала, жёсткости технологической системы, наличия

охлаждающей жидкости и др. Отклонение любого из перечисленных факторов приводит к возникновению несоответвий.

Разработанный алгоритм состоит из шагов по выявлению несоответвий и корректирующих мероприятий. Когда несоответвие выявлено, принимается решение о корректировке несоответвий на последующих операциях процесса механической обработки. Когда несоответвие не устранимо, принимается решение о прекращении производства продукции и изъятии брака. Это создаст возможность сократить количество бракованной продукции, внутреннего и внешнего брака, и уменьшит затраты на качество не на последнем этапе производственного цикла, а сразу после выявления неисправимого брака, что позволит ликвидировать непроизводственные запасы и увеличить такт производства.

Таким образом, снизятся издержки на качество, снизится время простоев, повысится производительность труда и удовлетворенность потребителя.

Библиографический список

1. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.

2. Леонов, О.А. Метрологическое обеспечение контроля гильз цилиндров при ремонте дизелей / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова, У.Ю. Антонова // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. – № 6. – 2018. – С. 104-109.

3. Леонов, О.А. Результаты экономической оптимизации выбора средств измерений при контроле качества технологических процессов в ремонтном производстве / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – № 5 (25). – 2009. – С. 109-112.

4. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – 2019. – № 4. – С. 23-26.

5. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. – 2016. – № 4. – С. 34-35.

УДК 631.363

УПРАВЛЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Петухов Александр Евгеньевич, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Рассмотрен процесс управления испытательным оборудованием в рамках системы менеджмента качества. Разработаны

паспорт процесса, алгоритм процесса и матрица ответственности по процессу управления испытательным оборудованием.

Ключевые слова: *испытательное оборудование, система менеджмента качества, паспорт процесса, матрица ответственности.*

Управление испытательным оборудованием (ИО) необходимо для обеспечения единства и необходимой точности измерений при выполнении испытательных операций, используемых для установления действительных значений контролируемых величин и подтверждения соответствия требованиям, установленных в технической документации.

Для испытательного оборудования должны быть определены процессы и разработаны документированные процедуры, устанавливающие порядок выбора испытательного оборудования, приобретения, учета, идентификации, аттестации, ремонта, обслуживания и списания.

При управлении испытательным оборудованием в организации должен быть установлен следующий порядок работ:

- учет имеющегося ИО и составление графика периодической аттестации и технического обслуживания ИО;
- регистрация и первичная аттестация нового ИО;
- идентификация ИО путем нанесения бирок на оборудование;
- эксплуатация ИО;
- периодическая аттестация и ТО;
- подтверждение соответствия ИО заданным метрологическим требованиям;
- ремонт,
- снятие с учета, списание и утилизация ИО;
- хранение и консервация ИО.

Управление испытательным оборудованием является частью комплекса работ по метрологическому обеспечению на ремонтных и машиностроительных предприятиях [1].

От метрологического обеспечения процессов испытаний, контроля и их качества по большей части зависит безопасность выпускаемой продукции (изделии), а также повышение качества этой продукции.

Для построения системы управления метрологическим обеспечением измерений на ремонтных и машиностроительных предприятиях [2] или системы менеджмента измерений [3], необходимо, чтобы в нормативную документацию по данному процессу были включены паспорт процесса, алгоритм, матрица ответственности, контекстная диаграмма и диаграмма декомпозиции.

С учетом установленного порядка работ и с учетом требований ГОСТ Р ИСО 9001 разработаны паспорт, алгоритм и матрица ответственности для процесса «Управление испытательным оборудованием».

Паспорт процесса «Управление испытательным оборудованием» (табл. 1) способствует лучшему восприятию технологии выполнения процесса. За счет

создания паспорта процесса осуществляется его документирование, в результате у организации появляется возможность управлять данным процессом, вносить в него изменения, оценивать результативность и эффективность процесса.

Таблица 1

Паспорт процесса «Управление испытательным оборудованием»

Наименование характеристики процесса	Описание характеристики процесса
Наименование процесса	управление испытательным оборудованием
Цель процесса	повышение эффективности использования ИО, управление качеством проводимых испытаний, контроль состояния и применения по назначению
Руководитель процессов	главный метролог
Вход процесса	испытательное оборудование; паспорт; ТД; эксплуатационная документация и руководство по эксплуатации
Выход процесса	материалы учета ИО; график аттестации ТО ИО; аттестат ИО; протокол первичной аттестации; акт соответствия ИО метрологическим требованиям; акт несоответствия ИО метрологическим требованиям; акт снятия с учета/ консервации ИО
Основные ресурсы процесса	персонал, финансы, информационные ресурсы и программное обеспечение, инфраструктура и производственная среда.
Внешняя нормативная документация, управляющая процедурами процесса	ГОСТ ISO 9001–2015, ГОСТ РВ 0015–002, ГОСТ Р ИСО 10012–2008, ГОСТ Р 8.820–2013
Выполняемые пункты требований ГОСТ Р ИСО 9001 и ГОСТ РВ 0015–002	- п. 7.6. ГОСТ РВ 0015–002, ГОСТ Р ИСО 9001–2015 - п. 6, п. 7.1.3, п. 8 ГОСТ Р ИСО 10012–2008
Внутренняя нормативная документация, управляющая процедурами процесса	СТО «Управление испытательным оборудованием»
Критерии оценки результативности	- наличие аттестованного и отвечающего метрологическим требованиям испытательного оборудования; - идентификация ИО; - наличие всех необходимых протоколов, актов, карточек, графиков и записей
Периодичность оценки результативности процесса	не реже одного раза в год

Порядок управление испытательным оборудованием представлен алгоритмом (рис. 1) и описан с помощью матрицы ответственности (табл. 2).

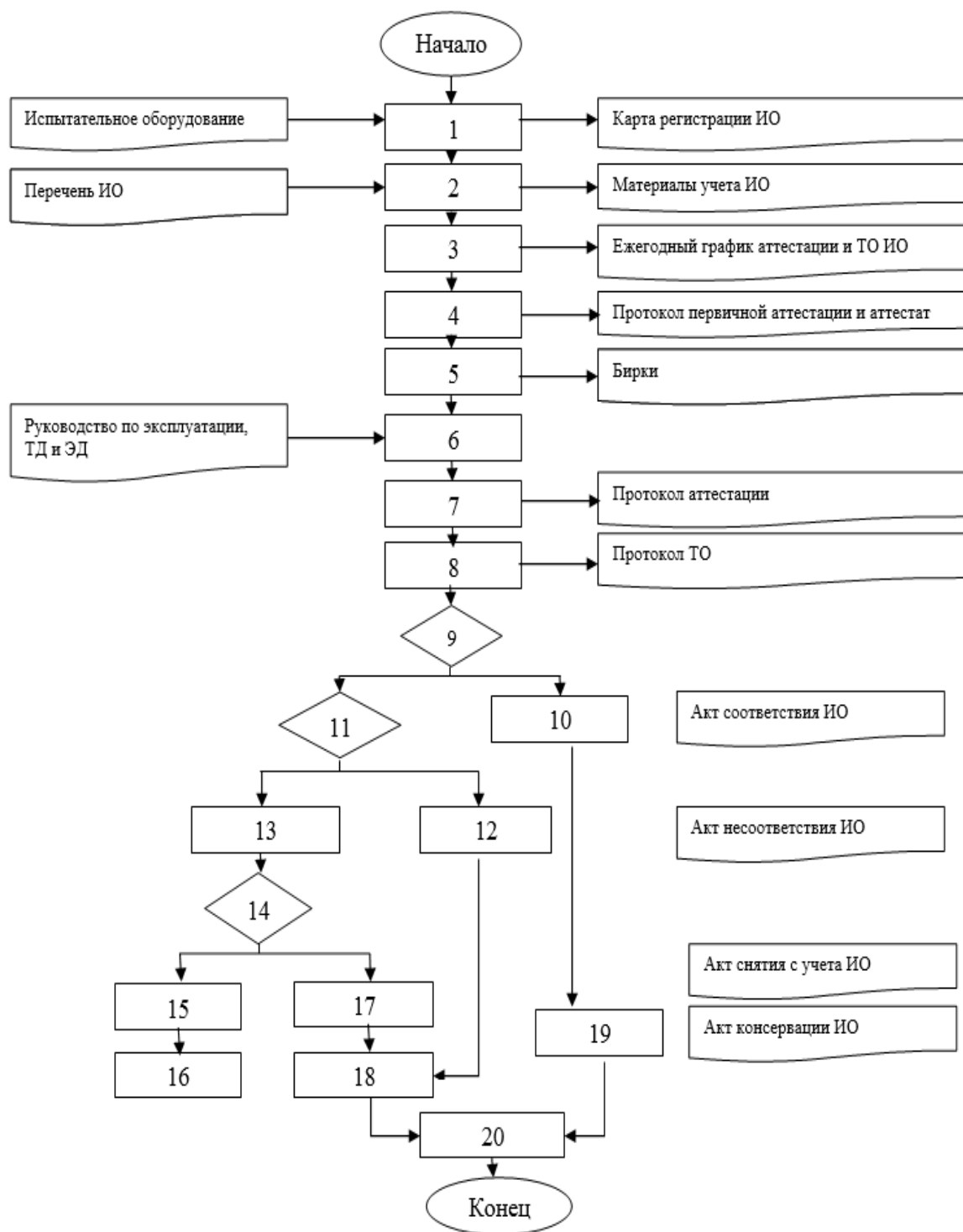


Рисунок 1 – Алгоритм процесса «Управление средствами испытаний»

В процессе управления испытательным оборудованием одним из важных этапов является проведение аттестации (первичной, периодической, повторной). Аттестация испытательного оборудования, проводится на основании Программы и методики аттестации. Качество работы испытательного оборудования напрямую зависит от проведения аттестации.

Матрица ответственности

Действие	Ответственность							
	Директор	Заместитель главного метролога	Вед. спец. гр. калибровки СИ и аттестации ИО	Вед. спец. гр. МЭ технической документации	Вед. спец. гр. ремонта и наладки СИ	Лаборант аналитик	Зав. бюро измер. приборов	Рук. подразделения
1. Регистрация нового ИО	-	О	У	-	-	У	И	-
2. Учет ИО	-	О	-	У	И	У	У	-
3. Составление графиков аттестации и тех. обслуживания	-	О,И	У	У	У	У	У	-
4. Первичная аттестация	У	О	И	У	-	-	-	-
5. Идентификация ИО	-	О	У	У	-	-	И	-
6. Эксплуатация	-	У	У	У	У	У	У	О, И
7. Периодическая аттестация	У	О	И	У	-	-	-	-
8. Периодическое тех. обслуживание	-	О	У	У	И	У	-	-
9. Соответствует ли ИО метрологическим требованиям	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Составление акта соответствия ИО	-	О	У	И	У	-	-	-
11. Требуется ремонт?	-	-	-	-	-	-	-	-
12. Составление акта несоответствия ИО	-	О	У	И	У	-	-	-
13. Ремонт	-	О	У	У	И	-	-	У
14. Ремонт выполнен?	-	-	-	-	-	-	-	-
15. Повторная аттестация	У	О	И	У	-	-	-	-
16. Повторное тех. обслуживание	-	О	У	У	И	У	-	-
17. Снятие с метрологического учета	-	О	-	У	И	У	У	-
18. Списание и утилизация	О	У	-	У	У	-	И	-
19. Хранение и консервация	-	О	У	У	И	У	У	-
20. Отчет	-	О, И	У	У	У	У	У	У

Таким образом, были разработаны типовые элементы стандарта организации (паспорт, алгоритм, матрица ответственности), которые могут быть использованы для интеграции процесса управления испытательным оборудованием в систему управления метрологическим обеспечением измерений на ремонтных и машиностроительных предприятиях. Критерии оценки результативности, представленные в таблице 1, могут быть использованы для разработки методики управления рисками измерительных процессов в ремонтном производстве [4]. Что в конечном итоге, позволит

обеспечить экономическую эффективность функционирования системы менеджмента качества ремонтного предприятия [5].

Библиографический список

1. Шкаруба, Н.Ж. Современные организационные подходы к метрологическому обеспечению ремонтного производства / Н.Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – № 3 (59). – 2013. – С. 41-44.
2. Леонов, О.А. Построение системы управления метрологическим обеспечением измерений на ремонтных и машиностроительных предприятиях / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Международный технико-экономический журнал. – № 6. – 2018. – С. 69-76.
3. Шкаруба, Н.Ж. Анализ основных элементов системы менеджмента измерений / Н.Ж. Шкаруба, Е.А. Левщанова // Международный технико-экономический журнал. – № 5. – 2014. – С. 41-46.
4. Шкаруба, Н.Ж. Управление рисками измерительных процессов в ремонтном производстве / Н.Ж. Шкаруба // Международный технико-экономический журнал. – № 6. – 2018. – С. 77-82.
5. Бондарева, Г.И. Оценка экономической эффективности функционирования системы менеджмента качества на ремонтных предприятиях / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Научный результат. Серия: Технология бизнеса и сервиса. – Т. 2. № 1 (7). – 2016. – С. 51-56.

УДК 631.363

УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НА БАЗЕ СТАНДАРТОВ ИСО 9000 НА РЕМОНТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Петухов Дмитрий Михайлович, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Проведен анализ возможных причин низкого качества при создании и ремонте машин. Выбрано направление для совершенствования качеством, определены возможные варианты управления потоковыми характеристиками на базе стандартов ИСО 9000 на ремонтном предприятии.

Ключевые слова: качество, элементы и процессы системы качества, управления потоковыми характеристиками

При создании машин назначаются допуски, которые не обеспечивает старое технологическое оборудование [1], появляются внутренние потери, а при отказе машин у потребителя – внешние потери, которые выше внутренних. Эти вопросы решает внедрение системы качества, причем использование семи

классических инструментов решает 95% проблем. Низкое качество ремонта машин обусловлена многими факторами, это плохое состояние контроля [2], отсутствие эффективной системы качества и процессного подхода в соответствии с требованиями стандартов ИСО 9000 [3], рост затрат на переделки и контроль [4].

Технологии управления качеством техпроцесса на предприятии реализуется через разработку описания процесса. Схематичное представление процесса (рис. 1), позволяет обеспечить четкое функционирование системы качества.

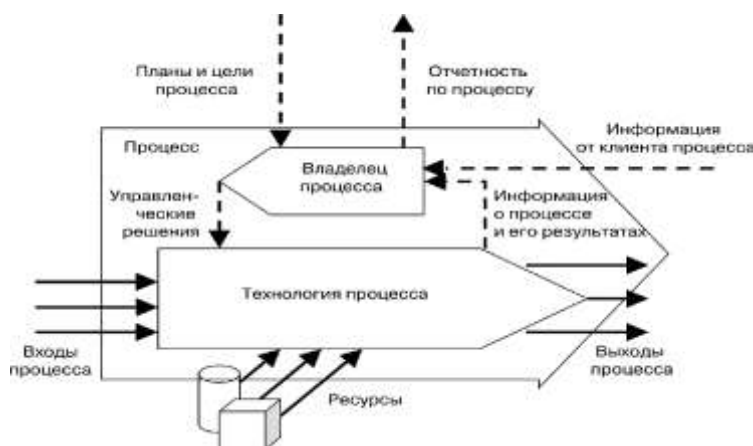


Рисунок 1 – Схема управления процессом

Организация управления качеством процесса связана с подготовкой производства, оборудования и рабочих, с разработкой системы управления метрологическим обеспечением измерений [5], оценкой потерь и затрат на измерения, регулярной калибровкой и оценкой погрешности приборов.

Без использования статистических методов контроля качества не будет эффекта в управлении. Для оценки технико-экономической эффективности работы системы качества проводят с помощью оригинальных методов [3], где становится возможным расчет динамики показателей доходности объема продаж и рентабельности от изменения внутренних и внешних потерь, которые, в свою очередь, зависят от количества брака на предприятии.

Поскольку управление потоковыми характеристиками сопряжено с использованием информации о потоке, то необходимо составить схему взаимодействия процессов и потоков управления на предприятии (рис. 2), разработать методику, обеспечивающую достоверность информационных данных, используемых для анализа качества технологического процесса.

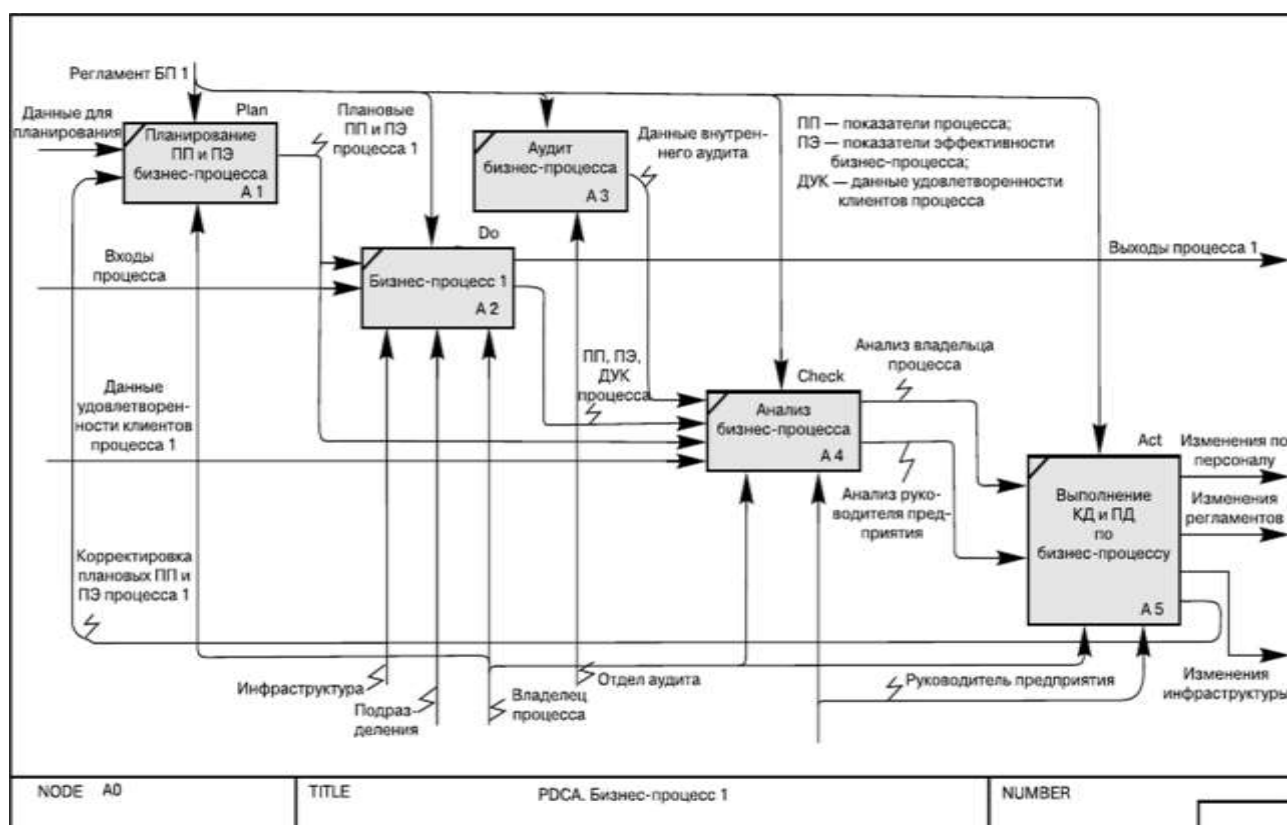


Рисунок 2 – Схема взаимодействия процессов и потоков управления

Управления качеством процесса при процессном подходе осуществляется с помощью контроля данных о процессе. Алгоритм управления состоит из шагов по выявлению несоответствий и корректирующих мероприятий. Когда несоответствие выявлено, принимается решение о корректировке несоответствий на последующих операциях техпроцесса. Когда несоответствие не устранимо, принимается решение о прекращении производства продукции и изъятии брака. Это создаст возможность сократить количество бракованной продукции, внутреннего и внешнего брака, и уменьшит затраты на качество не на последнем этапе производственного цикла, а сразу после выявления неисправимого брака, что позволит ликвидировать непроизводственные запасы и увеличить такт производства.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – № 4. – 2019. – С. 23-26.
2. Шкаруба, Н.Ж. Современные организационные подходы к метрологическому обеспечению ремонтного производства / Н.Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 3 (59). – 2013. – С. 41-44.
3. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. – № 4. – 2016. – С. 34-35.

4. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.

5. Леонов, О.А. Построение системы управления метрологическим обеспечением измерений на ремонтных и машиностроительных предприятиях / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Международный технико-экономический журнал. – № 6. – 2018. – С. 69-76.

УДК 658.562.5

КАЛИБР – КОЛЬЦО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО ВАЛА КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ АВТОМОБИЛЕЙ ГАЗ

Петухов Дмитрий Михайлович, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Рассмотрены факторы, влияющие на долговечность сборочной единицы, выражена значимость операций контроля, в том числе с помощью калибров. Определены размеры калибра – кольца для контроля шлицевого вала карданной передачи автомобилей ГАЗ при ремонте.

Ключевые слова: долговечность, контроль, средство измерений, калибр, допуск.

Долговечность сборочных единиц как новой, так и отремонтированной техники отечественной техники в настоящее время достаточно низкая из-за целого ряда причин [1]. Брак возникает при отсутствии метрологического обеспечения операций контроля, при использовании изношенного оборудования, запасные части могут приобретаться у ненадежного поставщика, квалификация рабочих не вполне соответствует требуемой.

Управление качеством в современных условиях возможно только при выполнении положений стандартов ИСО 9000. Качество ремонта начинается с качества организации операций контроля [2].

При организации контроля необходимо выбрать средства измерений. Применяемый алгоритм выбора средств достаточно примитивен и не соответствует современным требованиям. Сейчас разработаны методики, позволяющие провести выбор средств измерений с оценкой технико-экономических показателей средств измерений [3] с расчетом потерь от неправильного забракования и принятия деталей и расчета затрат на контроль [4]. Все эти потери отражаются в отчетах по внутренним потерям предприятия [5]. Экономия при организации контроля может быть достигнута и при применении новых средств измерений, в том числе – использования калибров.

Все средства измерений предприятий по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники должны проходить периодическую тарировку.

Организация входного контроля запасных частей включает в себя сплошной и выборочный контроль. Сплошному контролю должны подвергаться детали, имеющие важное значение для обеспечения заданного ресурса сборочной единицы. При выборочном контроле проверка соответствия требованиям осуществляется только у случайно выбранных деталей из партии и по их качеству либо бракуют всю партию, либо принимают.

Калибры занимают определённую нишу в обеспечении качества контроля в ремонтном производстве. Так как большинство операций в мелкосерийном производстве осуществляется с помощью универсальных средств измерений, то возникает проблема контроля нескольких параметров одновременно. Для этого могут быть использованы калибры.

Рассмотрим пример.

Шлицевое соединение карданной передачи автомобиля Газель, подвижное, нагрузка - умеренная, центрирование - по внутреннему диаметру d : $d-8\times 36H7/f7\times 40H12/a11\times 7D9/h8$, где $z = 8$ – число зубьев; $d = 36$ мм – внутренний диаметр; $D = 40$ мм – наружный диаметр; $b = 7$ мм – ширина зуба.

По ГОСТ 7951 – 80 определяем допуски калибра – пробки для прямобочного шлицевого соединения при центрировании по внутреннему диаметру d и сводим в таблицу 1.

Таблица 1

Значения допусков размеров калибра – пробки

Размеры	Допуски на изготовление калибров		
	Z	H	Y
d	8,5	7,0	19,0
D	7,0	4,0	13,0
b	12	4,0	18,0

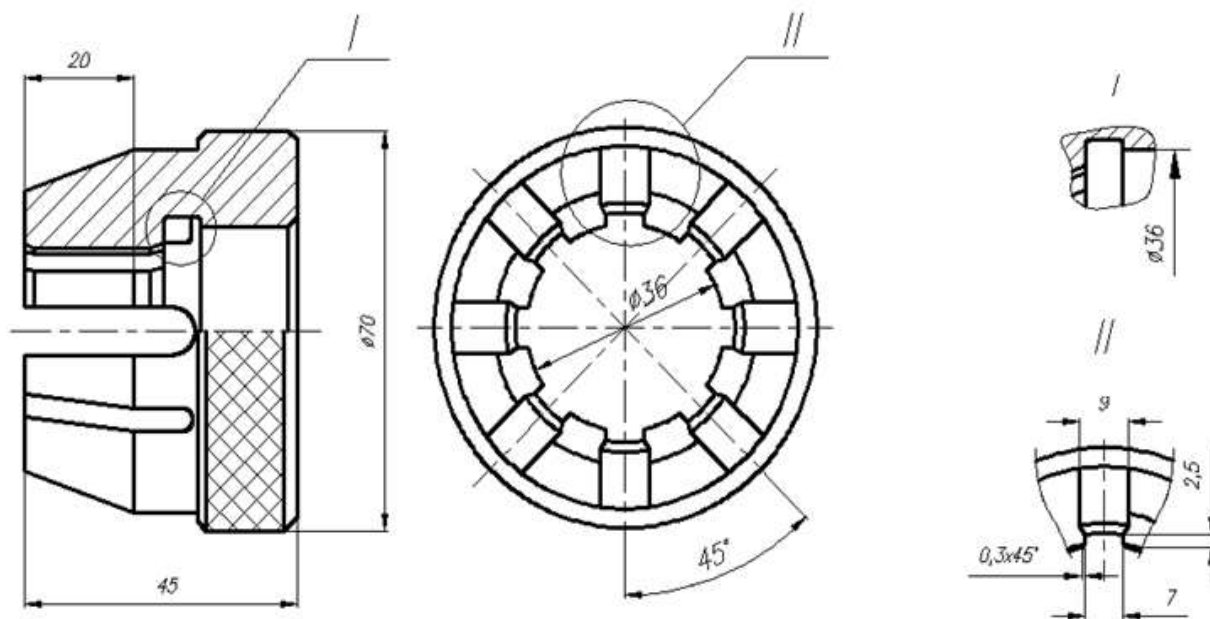


Рисунок 1 – Эскиз калибра –кольца шлицевого прямобочного соединения
 $d-8 \times 36H7/f7 \times 40H12/a11 \times 7D9/h8$

По ГОСТ 7951-80 находим размеры проходного комплексного калибра кольца. Согласно ГОСТ 24960-81 «Калибры для шлицевых прямобочных соединений», выбираем вид проходного комплексного калибра – кольца и чертим на рисунке эскиз по номинальным размерам. Таким образом, выполнен расчет калибра – кольца для карданной передачи автомобиля Газель.

Библиографический список

1. Бондарева, Г.И. Составляющие качества ремонта / Г.И. Бондарева // Сельский механизатор. – № 7. – 2016. – С. 2-4.
2. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.
3. Леонов, О.А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2012. – С. 89-91.
4. Леонов, О.А. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2013. – С. 71-74.
5. Леонов, О.А. Методика оценки внутренних потерь для предприятий ТС в АПК при внедрении системы менеджмента качества / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 1. – 2012. – С. 128-129.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Пчелкин Александр Андреевич, преподаватель-исследователь кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье проводится анализ сходимости и воспроизводимости, для того, чтобы понять, насколько процесс способен воспроизводить последовательные результаты, а также делается оценка измерительных процессов контроля исследуемых параметров.

Ключевые слова: Качество, процесс, измерение, анализ, сходимость, воспроизводимость

Качеству уделяется большое внимание при производстве и ремонте машин для сельского хозяйства [1]. Существует типовая модель системы качества для процессов ремонта [2]. Система контроля качества на ремонтных предприятиях требуется для оценки деятельности по качеству и браку. Оценка внутренних потерь самая сложная составляющая при оценке брака [3]. Информация о браке предполагает наличие инструментов контроля качества: контрольных листов, контрольных карт и диаграмм разброса. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса должно соответствовать современным нормам [4, 5].

Стандарты серии ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 и ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002 существенно изменяют как терминологию, сложившуюся отечественной метрологии, так и методы контроля точности (правильности и прецизионности) выполняемых измерений. Официальное признание того факта, что измерения, фактически имеют существенно различающиеся метрологические характеристики, а также необходимость оценивать и контролировать систематические и случайные погрешности выполняемых измерений не только на верхнем и нижнем (для прецизионности – воспроизводимость и повторяемость), но и на промежуточных («промежуточная прецизионность») уровнях влекут за собой пересмотр методологии контроля.

Термины «повторяемость» и «сходимость» становятся синонимами и относятся к измерениям, выполняемым в течение краткого промежутка времени, одним исполнителем, на одном и тем же оборудовании, с использованием одних и тех же инструментов в условиях повторяемости. Мерой повторяемости (сходимости) является дисперсия повторяемости s_R^2 . Другими словами, это минимально возможная для методики измерений случайная погрешность.

Цель анализа сходимости и воспроизводимости - оценить вариации измерений (рис. 1), связанные с работой измерительного прибора, и ошибки в работе оператора, сравнивая их с вариациями измерений тестируемых деталей

(рис. 2). Помимо этого, анализ может преследовать более широкие цели, позволяя сравнить вариации с пределами допусков или с вариацией измерений, которая ожидается в ходе процесса.

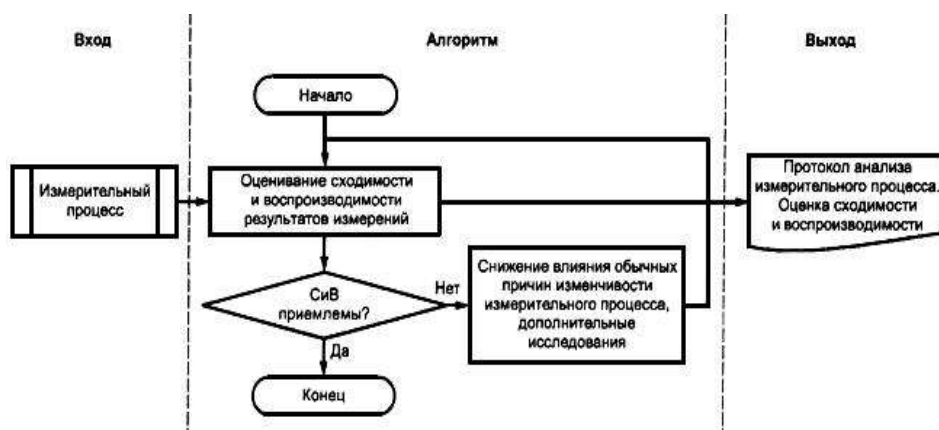


Рисунок 1 - Схема периодического оценивания сходимости и воспроизводимости измерительных процессов согласно ГОСТ Р 51814.5-2005

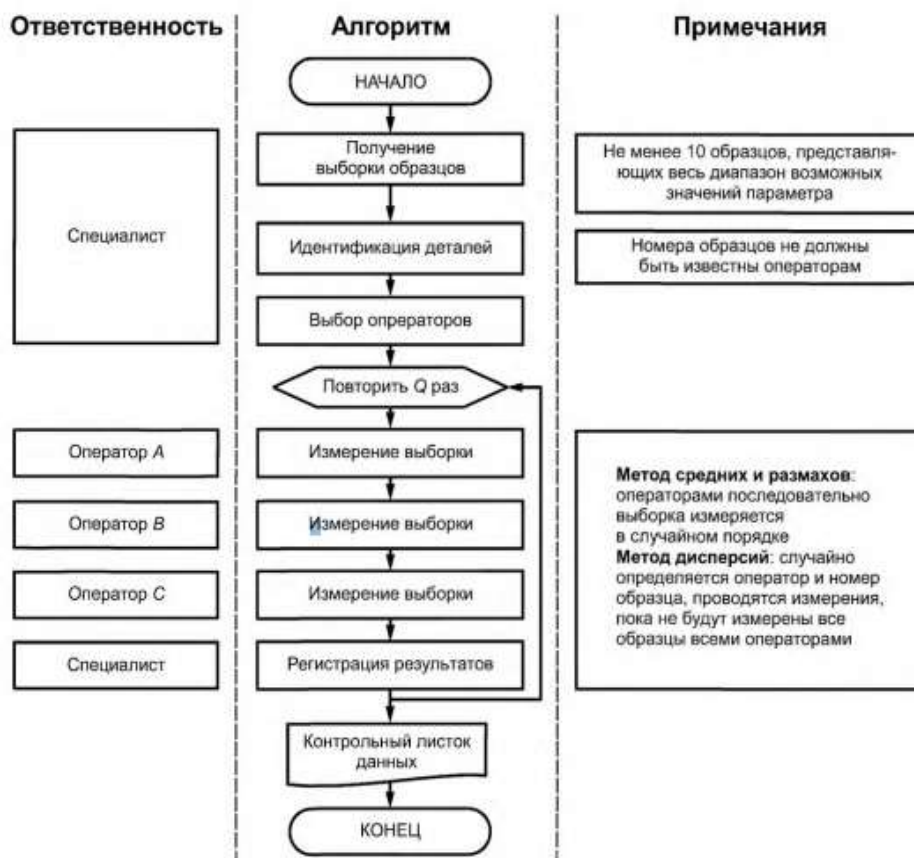


Рисунок 2 - Порядок сбора данных об измерительном процессе для оценивания его сходимости и воспроизводимости согласно ГОСТ Р 51814.5-2005

Обеспечение достоверности решения задач управления качеством возможно лишь при достаточно высоком качестве измерений. Для оценки степени достижения необходимой точности измерений проводится анализ измерительного процесса: *R&R-анализ (Repeatability & Reproducibility)*, или анализ повторяемости и воспроизводимости. Анализ сходимости и воспроизводимости, как измерительный инструмент, используется не для определения достоверности процесса, а для того, чтобы понять, насколько процесс способен воспроизводить последовательные результаты. То есть, не только узнать, насколько точным является инструмент, но и понять, насколько точны операторы, использующие этот инструмент.

Для оценки измерительных процессов контроля исследуемых параметров применяется единая методика проведения анализа. Количество операторов $N = 3$, проводят замеры 10 деталей с трехкратным повторением измерительной процедуры ($Q=3$). Для каждого оператора по каждому изделию вычисляется среднее значение измерения и размах. Далее определяется среднее значение измеряемого показателя \bar{x}_j и средний размах R . Для каждого оператора, а так же общий средний размах R и величину $x = \max x - \min X_j$.

Согласно ГОСТ Р 51814.5-2005 при $\%R\&R < 10\%$ измерительный процесс считается приемлем, при $10\% < \%R\&R < 30\%$ процесс может быть принят к применению в зависимости от важности результатов, стоимости приборов и т.п. При $\%R\&R > 30\%$ измерительный процесс нуждается в совершенствовании.

Результаты оценивания сходимости и воспроизводимости измерительного процесса исследуемых параметров показывают, что из трех полностью приемлемой можно считать только измерительную систему контроля детали, остальные системы выходят за границу 10%, следовательно, возможность их использования будет определяться требованиями к качеству и достоверности самих результатов измерения.

Библиографический список

1. Бондарева, Г.И. Составляющие качества ремонта / Г.И. Бондарева // Сельский механизатор. – № 7. – 2016. – С. 2-4.
2. Леонов, О.А. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса / О.А. Леонов. – М.: РГАУ-МСХА, 2016. – 161 с.
3. Леонов, О.А. Методика оценки внутренних потерь для предприятий ТС в АПК при внедрении системы менеджмента качества / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 1 (52). – 2012. – С. 128-129.
4. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.
5. Леонов, О.А. Метрологическое обеспечение контроля гильз цилиндров при ремонте дизелей / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова, У.Ю. Антонова // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. – № 6. – 2018. – С. 104-109.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕМОНТЕ МАШИН НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Пчелкин Александр Андреевич, преподаватель-исследователь кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В данной статье рассмотрена роль измерительной системы и качество используемых результатов измерений в ремонте машин. Проведена оценка проблем связанная с измерительными процессами и предложен анализ для проверки надежности измерительных систем.

Ключевые слова: Измерительный процесс, измерительная система, анализ, данные, статистика, ремонт, машины, технический сервис

Вопрос, связанный с проблемами качества [1] и метрологического обеспечения в сфере ремонта машин [2], является актуальным.

Для технических сервисов главной задачей является качественное и быстрое обслуживание клиентов, поскольку качество - это важнейший инструмент в конкурентоспособности отечественных предприятий с позиции системы менеджмента качества и оценки эффективности ее работы [3]. Данные измерений являются основным показателем в оценке качества процессов [4]. Полученные результаты постоянно используются предприятиями. В частности, решение о необходимости регулировки ремонтного процесса основывается на данных измерений. А качество измерений влияет на весь ремонтный процесс, в том числе на затраты и потери [5].

На основании стандарта ГОСТ Р 51814.5-2005, разработанного специально для оценки качества, где изложена последовательность проведения анализа измерительных и контрольных процессов и систем, результаты измерений или статистические данные, сравниваются с приемочными контрольными границами для заданного процесса.

Если сравнение показывает, что процесс статистически неуправляем, то производится его регулировка или замена. Другое применение системы данных – определение наличия корреляции и функции между двумя или большим числом переменных. Например, если предположить, что размер и допуск имеют определенную взаимосвязь реализации технологического процесса на конкретном оборудовании. Исследования таких взаимосвязей – это примеры аналитической метрологии, особенно при расчете допусков.

Обычно, аналитические исследования позволяют расширить знания о системе и факторах, влияющих на процесс. При таких исследованиях получение точных результатов измерений относится к важнейшей задаче, так как они приводят к лучшему пониманию процессов. Выгода от использования данных, основанных на точных результатах измерений, зависит от качества

используемых средств измерений. Если оно низкое, то польза от процедуры мала. Если же качество средств измерений высокое, то польза будет значительной.

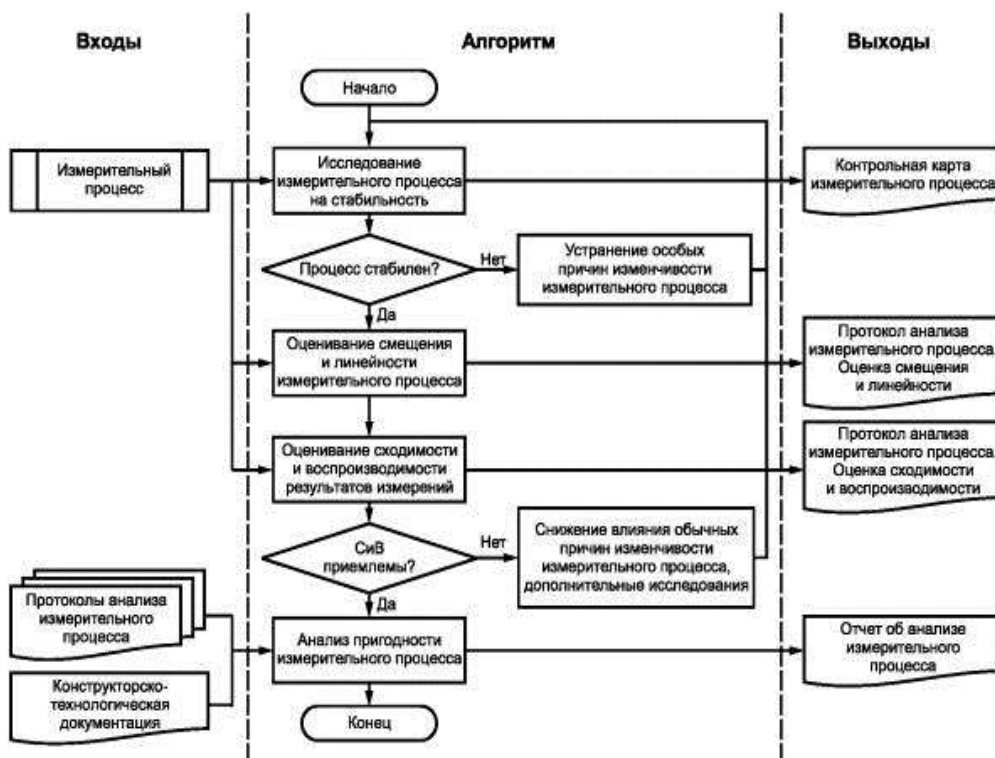


Рисунок 1 - Схема первоначального оценивания статистических характеристик измерительных процессов согласно ГОСТ Р 51814.5-2005

Чтобы применение результатов измерений принесло пользу и оправдало затраты на их получение, нужно сконцентрировать внимание на качестве данных. Используемая измерительная система должна адекватно различать детали для эффективного мониторинга процесса. Перед тем как собрать данные для управления ремонтным процессом или вычисления индексов пригодности, следует провести анализ измерительной системы, для того чтобы убедиться, что она точна и способна адекватно находить различия между деталями.

Необходимо провести анализ измерительной системы, нужно понять: может ли она адекватно находить различия между деталями; является ли она стабильной во времени; точна ли она во всем диапазоне изменений.

В ряде случаев, процесс ремонта может потребовать контроля без измерений. Это, прежде всего невозможность определения параметров, одна из причин - дороговизна измерительного оборудования. Но может быть и так, что при грамотной экспертизе, параметры могут быть определены достаточно точно.

Если предположить, что существуют автоматические системы контроля качества какой-либо детали, которые бы оценивали все параметры, то их стоимость сказалась на себестоимости работ. Но чаще всего, потребитель оценивает качество детали на глаз, а значит, контролер, оценивающий качество изготовленных деталей может выступать в роли измерительной системы.

Контролер полностью заменяет такой контроль, причем, экономя техническому сервису покупку дорогого оборудования, например, для испытаний двигателей, оценивающего перечисленные выше критерии.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Управление качеством / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Ю.Г. Вергазова – М.: Издательство Лань, 2018. – 180 с.
2. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.
3. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. – № 4. – 2016. – С. 34-35.
4. Леонов, О.А. Управление качеством производственных процессов и систем качеством / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова, П.В. Голиницкий – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2018 – 182 с.
5. Леонов, О.А. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства предприятиях / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – № 2. – 2013. – С. 71-74.

УДК 006.91

ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ СМК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Самордин Андрей Николаевич, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Рассмотрены важнейшие вопросы, связанные с формированием организационной структуры управления СМК на предприятиях технического сервиса в АПК. Определены виды работ при формировании организационной структуры управления СМК, предложена типовая структура службы качества предприятия ТС АПК, распределены основные функции на разных уровнях организационной структуры.*

***Ключевые слова:** менеджмент качества; процессный подход; организационной структуры управления.*

Но качество новой и отремонтированной отечественной техники плохо обеспечивается современным производством.

Такая ситуация связана с тем, что на ремонтные предприятия поступают объекты, имеющие изношенные соединения и детали, отказ которых формируется постепенно [1, 2]. Причем это касается не только подвижных

соединений, но и соединений с натягом [3, 4]. Таким образом, уже заранее формируется ремонтный фонд, который нельзя характеризовать как качественный. Даже внедрение современной системы менеджмента качества [5] и совершенствование вопросов метрологического обеспечения пока не столь сильно влияют на эффективность производства.

Практика создания СМК на российских предприятиях показала, что создание СМК «под ключ» силами консалтинговой организации не позволяет получить эффективно и результативно действующую систему. Специфика и многочисленные особенности деятельности конкретного предприятия могут быть учтены только при создании СМК силами собственных работников и подразделений с привлечением в необходимых ситуациях высококвалифицированных консультантов.

При формировании и оптимизации организационной структуры СМК, прежде всего, необходимо иметь в виду, что создание и функционирование СМК не является каким-то дополнительным видом деятельности предприятия ТС АПК, который необходимо выполнять наряду с основной деятельностью по реализации услуг по техническому обслуживанию и ремонту техники.

Формирование организационной структуры управления СМК предприятия ТС АПК включает следующие виды работ:

- назначение представителя руководства по качеству;
- создание службы качества;
- создание координационного совета по качеству;
- назначение ответственных за качество в структурных подразделениях;
- формирование рабочей группы.

Для координации всех работ по созданию и функционированию СМК, разработки и реализации стратегических решений в области качества продукции и услуг при первом руководителе предприятия ТС АПК целесообразно сформировать Координационный совет по качеству. Для небольшого сервисного предприятия это может быть один или два человека.

Совет является постоянно действующим высшим коллегиально-совещательным органом и формируется из числа руководителей основных функциональных подразделений и ведущих специалистов предприятия ТС АПК. Состав совета утверждается приказом по предприятию, возглавляет совет сам руководитель предприятия технического сервиса.

Стандарт ИСО 9001 требует назначить одного из заместителей первого руководителя организации в качестве представителя руководства по качеству. Основные функции представителя руководства по качеству:

- координация деятельности подразделений по вопросам СМК;
- подготовка предложений руководству по реорганизации и финансированию;
- подготовка проектов приказов по СМК;
- организация разработки документации СМК;
- организации проведения и анализ результатов внутренних аудитов.

В создании и функционировании СМК значительную роль играет служба качества. Работа по формированию службы качества является одним из первых этапов создания СМК предприятия ТС АПК. Для дилерских центров, ремонтных заводов и специализированных предприятий технического сервиса может быть рекомендована структура функционирования службы качества в соответствии с рисунком.



Рисунок 1 – Структура службы качества предприятия ТС АПК

Координация всей деятельности осуществляется службой качества, формируемой, как правило, из числа сотрудников ОТК, метрологической службы, службы стандартизации и отдела управления качеством. В состав службы качества могут быть включены и представители других подразделений, занимающиеся вопросами контроля или обеспечения качества продукции. На период создания СМК обычно формируется временная рабочая группа из уполномоченных подразделения по качеству.

Нижний уровень в организационной структуре управления СМК предприятия ТС АПК представляют ответственные (уполномоченные) за качество структурных подразделений. Они являются проводниками политики в области качества на всех уровнях структуры управления. Вместе со службой качества уполномоченные участвуют в разработке документации СМК для своего подразделения, в проведении самооценки, внутренних аудитов, собирают и обрабатывают информацию о качестве в своем подразделении, разрабатывают и обеспечивают реализацию планов корректирующих и предупреждающих действий; обеспечивают подготовку и проведение внутренних аудитов в подразделении и т.д.

Таким образом, определены основные виды работ при формировании организационной структуры управления СМК, предложена типовая структура службы качества предприятия ТС АПК, распределены основные функции на разных уровнях организационной структуры.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Трение и износ. – Т. 40. № 4. – 2019. – С. 424-430.
2. Leonov, O.A. A parametric failure model for the calculation of the fit tolerance of joints with clearance / O.A. Leonov, N.Zh. Shkaruba // Journal of Friction and Wear. – Т. 40. № 4. – 2019.– С. 332-336.
3. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – № 4. – 2019. – С. 23-26.
4. Leonov, O.A. Determining the tolerances in fitting for joints with interference / O.A. Leonov, N.Zh. Shkaruba, Yu.G.Vergazova // Russian Engineering Research. – Т. 39. № 7. – 2019. – С. 544-547.
5. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. – № 4.– 2016. – С. 34-35.

УДК 62-233.27

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Сапожников Иван Иванович, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В данной статье рассматриваются дефекты подшипниковых узлов и способы их устранения. Рассмотрены технические условия сборки подшипниковых узлов, поля допусков посадочных поверхностей валов и отверстий в корпусах для сопряжения с подшипниками качения, а также способы крепления подшипников качения на валу и в корпусе.

Ключевые слова: дефекты, технические условия, поля допусков, посадочные поверхности, способы крепления.

В процессе эксплуатации подшипников качения изнашиваются соединения внутреннего и внешнего кольца, а также тела и дорожки качения. Внезапных отказов по данному узлу – практически нет, чаще всего они постепенные, описываемые моделью параметрического отказа [1, 2].

При ремонте подшипников качения, как правило, ограничиваются их промывкой и закладкой в них новой порции соответствующей смазки. Подшипник промывают в ванне, затем шприцем вводят в него консистентную рабочую смазку, представляющую собой смесь минерального масла и мыла [3].

Чтобы облегчить посадку подшипников качения на вал подшипники нагревают до 80...90°C в масляной ванне или индукционным методом при

помощи специального аппарата (рис. 1).

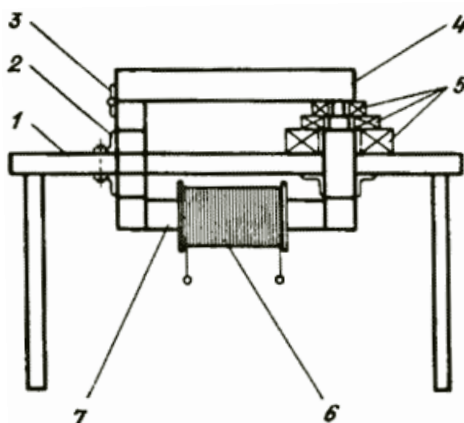


Рисунок 1 - Приспособление для нагрева подшипников индукционным способом:

1 — стол; 2 — хомут; 3 — шарнир; 4 — магнитопровод съемный; 5 — подшипники; 6 — катушка; 7 — магнитопровод неподвижный

Однако, несмотря на широкую распространенность метода нагрева в ванне, он имеет ряд недостатков. Подшипник нагревается длительное время и неравномерно: больше нагревается та его часть, которая расположена ближе к источнику тепла, подогревающего масло в ванне.

Метод индукционного нагрева подшипников качения лишен этих недостатков. Индукционным методом подшипники нагреваются примерно в 3 раза быстрее, чем в масляной ванне. Аппарат вмонтирован в огнестойкую асбоцементную плиту, на которую кладут нагреваемый подшипник.

При разборке подшипниковых узлов подшипники тщательно промывают и проверяют на пригодность для дальнейшей эксплуатации: в случае непригодности подшипники заменяют. Возможные дефекты подшипниковых узлов и способы их устранения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Дефекты подшипниковых узлов и способы их устранения

Дефект или его признак	Причины	Способ устранения
Повышенный шум	Повреждение тел качения подшипника	Подшипник заменить.
	Защемление тел качения вследствие неправильной регулировки	Отрегулировать натяг в подшипниках
	Износ посадочных мест на валу и в корпусе	Отремонтировать посадочные места
	Отсутствие смазки	Смазать подшипники
Повышенный нагрев	Защемление тел качения из-за чрезмерного натяга в подшипниках	Отрегулировать натяг в подшипниках
	Недостаток смазочного материала	Добавить смазочный материал.
	Несоосность посадочных мест на валу и в корпусе	Устранить несоосность.
	Загрязнение подшипника	Подшипник промыть,

	вследствие выхода из строя уплотнения	уплотнение заменить. При наличии цветов побежалости на кольцах и телах качения подшипник заменить.
Выкрошивание рабочих поверхностей колец и тел качения	Усталость материала	Подшипник заменить.
Увеличенный радиальный и осевой зазоры в подшипнике	Частичный износ рабочих поверхностей подшипника	Допустимое увеличение зазоров по сравнению с начальными: для опор шпинделей и точных валов — 25 %, для остальных — в 3-4 раза. При больших зазорах подшипник следует заменить

Для снятия шарикового подшипника с вала пользуются винтовым съемником. Подшипники стягивают за внутреннее кольцо, чтобы усилие стягивания не передавалось шарикам. При стягивании подшипника за наружное кольцо последнее может лопнуть вследствие расклинивания его шариками. Изношенный подшипник заменяют подшипником того же номера. В исключительных случаях можно применять подшипник, габаритные размеры которого допускают установку в гнездо при помощи промежуточных втулок (по наружному и внутреннему диаметру) и упорных колец (по ширине). Набивают подшипник густой смазкой на 2/3 объема камеры во избежание ее выдавливания в двигатель.

При сборке подшипниковых узлов должны выполняться следующие технические условия [4]:

1) Кольца и тела качения подшипника должны быть чистыми, без заметных дефектов. При вращении от руки подшипник должен вращаться свободно, без значительного шума. Новый подшипник с неповрежденной упаковкой и незагустевшей смазкой можно не промывать. Загрязненные подшипники промывают в бензине с добавлением 6–8 % минерального масла или в индустриальном масле (12 или 20) в ванне с электроподогревом при температуре 60–90°С в течение 15–20 мин. После промывки подшипник просушивают на бумаге или с помощью сжатого воздуха. Пятна коррозии на подшипнике удаляют мягкой шкуркой и пастой ГОИ с последующей промывкой.

2) Осевой и радиальный зазоры в подшипнике должны быть в допустимых пределах. Величина начальных зазоров для подшипников различных типов приведена в специальной литературе.

3) Посадочные места в корпусе и на валу должны быть точно и чисто обработаны. Перед сборкой подшипникового узла посадочные места промывают керосином, просушивают и смазывают. Механические повреждения, забоины, вмятины, следы коррозии устраняют. Диаметры шеек валов контролируют с помощью предельных скоб и микрометров, а диаметры отверстий корпусов — предельными пробками, индикаторными нутромерами или штихмассами.

Допустимые значения шероховатостей посадочных поверхностей вала и корпуса приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Шероховатость посадочных поверхностей вала и корпуса
под подшипники качения**

Посадочные поверхности	Класс точности подшипника	Номинальные диаметры, мм			
		до 80		от 80 до 500	
		Параметры шероховатости поверхности, мкм			
		R _z	R _a	R _z	R _a
Вала	0	6,3	1,25	10	2,50
	6 и 5	3,2	0,63	6,3	1,25
	4	1,6	0,25	3,2	0,63
Отверстия в корпусе	0	6,3	1,25	10	2,50
	6, 5 и 4	3,2	0,63	6,3	1,25
Торцов заплечиков вала и отверстия в корпусе	0	10	2,50	10	2,50
	6, 5 и 4	6,3	1,25	10	2,50

4) Во избежание перекоса, радиус закругления галтели на валу (при отсутствии кольцевой проточки или выточки) должен быть меньше, чем радиус фаски у подшипника.

5) Упорный заплечик вала или отверстия в корпусе должен быть перпендикулярен к посадочным поверхностям. Перпендикулярность заплечиков вала и корпуса оси посадочного места проверяют угольником или индикатором.

6) Недопустимо попадание в подшипниковый узел грязи или абразива, что приводит к ускоренному изнашиванию подшипника.

7) При правильной сборке подшипник должен работать плавно и бесшумно, а также не нагреваться выше 70°С.

8) Выбор посадки подшипника на вал и в отверстие корпуса зависит от типа машины, требований к точности вращения, характера нагрузки, типа, размера и условия монтажа подшипника [5]. Необходимая посадка подшипника обеспечивается за счет допусков на диаметры вала и отверстия корпуса. На чертежах рядом с номинальным размером дается условное обозначение поля допуска только поверхности, сопряженной с подшипником.

9) Для обеспечения правильной установки подшипника на вал и в корпус следует применять специальные приспособления. При запрессовке подшипника на вал или в корпус используют монтажные трубы из мягкого металла, винтовые и гидравлические прессы (рис. 2). Усилие запрессовки прикладывается к тому кольцу подшипника, которое устанавливается с натягом, а при запрессовке одновременно на вал и в корпус — к обоим кольцам. Для облегчения работы вал может охлаждаться, а корпус нагреваться, подшипник, соответственно, либо нагреваться, либо охлаждаться.

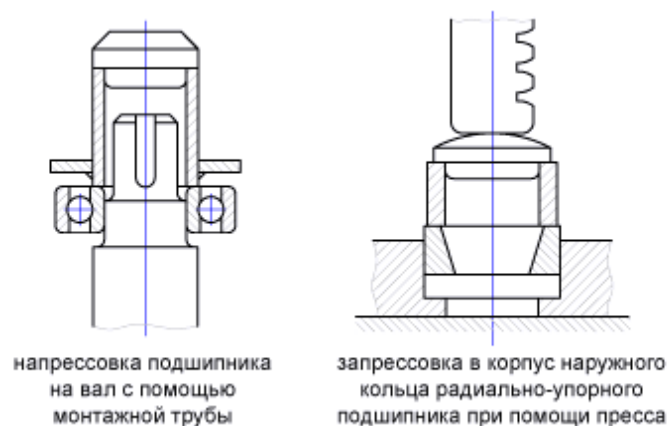


Рисунок 2 - Запрессовка подшипника на вал и в корпус

10) После сборки проверяют по периметру прилегание подшипника к заплечу вала и корпуса, входение щупа 0,03 мм и более не допускается.

11) Отсутствие перекоса подшипника при установке его вместе с валом в корпус проверяют свободным проворотом вала вручную.

12) Во избежание защемления тел качения подшипники, устанавливаемые с предварительным натягом, должны иметь плавный ход и незначительный шум при провороте от руки, а в подшипниках без предварительного натяга, кроме того, должен ощущаться небольшой осевой люфт.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – № 4. – 2019. – С. 23-26.

2. Леонов, О.А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Трение и износ. – Т. 40. № 4. – 2019. – С. 424-430.

3. Сапожников, И.И. Основные принципы и подходы к повышению качества продукции машиностроения / И.И. Сапожников // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 4. – 2007. – С. 49-52.

4. Сапожников, И.И. Теоретические условия выбора допусков, влияющих на качество изделий / И.И. Сапожников // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – № 8. – 2006. – С. 48-50.

5. Сапожников, И.И. Анализ посадок местно-нагруженных колец подшипников качения сельскохозяйственной техники / И.И. Сапожников // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии: Сборник статей. – № 288-2. – 2016. – С. 108-110.

КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА ТОЧНОСТИ ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Сапожников Иван Иванович, старший преподаватель кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье рассмотрено, что при расчете и выборе коэффициента запаса точности необходимо учитывать не только фактор долговечности, но и фактор стоимости, причем относительной, рассчитанной на единицу ресурса.

Ключевые слова: ресурс, точность, восстановление, стоимость, износостойкость, допуск

Конструирование сборочных единиц и узлов сельскохозяйственных машин – сложная задача. При выборе допусков и посадок используют три метода: прецедентов, подобия и расчетный.

Наиболее точным методом выбора допусков и посадок является расчетный метод. Здесь допуски и посадки рассчитываются по специальным методикам, как для соединений с зазором [1, 2], так и с натягом [3, 4]. Но встает вопрос, насколько надо запастись точностью?

Определение оптимальной точности обработки и выбор качества – сложная технико-экономическая задача. При произвольном назначении более грубого качества ухудшается качество работы соединения, сокращается его технический ресурс, снижается надежность, а при выборе необоснованно высокого качества с малыми допусками резко увеличивается либо количество брака (рис., а) при том же технологическом процессе, либо стоимость изготовления деталей (рис., б) при переходе на более точное и дорогое технологическое оборудование.

Величина начального зазора $S_{нач}$ зависит от особенностей конструкции сборочной единицы и условий эксплуатации. В любом случае он учитывает температурные расширения деталей в рабочем состоянии, погрешности формы и расположения поверхностей каждой детали, шероховатость поверхности и многие другие факторы. Если назначить зазор S меньше $S_{нач}$, то появляются задиры, риски, возможно схватывание, растут удельные давления и пластические деформации, возможно заклинивание соединения. Превышение предельно допустимого зазора $S_{пред. доп}$ приводит к аварийному изнашиванию, так как растут утечки масла через зазор, нарушается стабильность вращения, происходит схватывание, появляются стуки. Поэтому функциональный допуск посадки (соединения) равен разности этих зазоров.

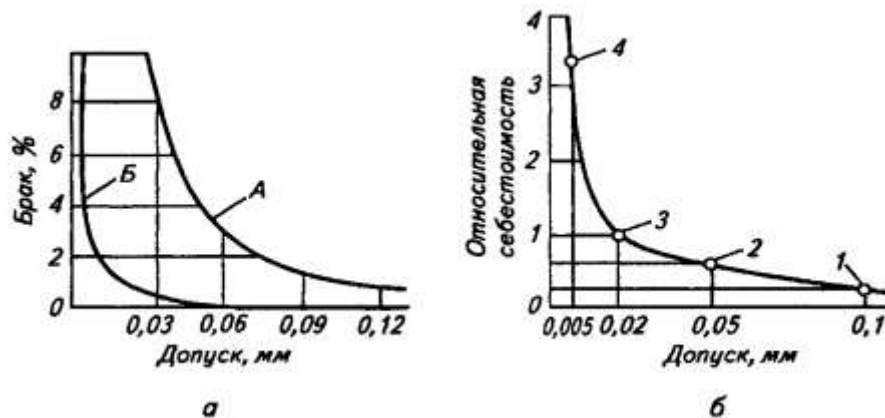


Рисунок 1 – Зависимость процента возможного брака (а) и относительной себестоимости (б) от допуска:

A – более грубый и *B* – более точный технологические процессы;
1 – холодное волочение; *2* – точение; *3* – шлифование; *4* – притирка

Профессор А.И. Якушев ввел понятие коэффициента запаса точности, величина которого определяется по формуле [5]

$$K_T = \frac{S_{Fmax} - S_{Fmin}}{S_{Kmax} - S_{Kmin}} = \frac{N_{Fmax} - N_{Fmin}}{N_{Kmax} - N_{Kmin}} = \frac{T_F}{T_K}, \quad (1)$$

где S_{Fmax} , S_{Fmin} (N_{Fmax} , N_{Fmin}) – наибольшие и наименьшие функциональные зазоры (натяги); S_{Kmax} , S_{Kmin} (N_{Kmax} , N_{Kmin}) – наибольшие и наименьшие конструктивные зазоры (натяги); T_F и T_K – функциональный и конструктивный допуски и посадки.

При K_T свыше 10 достигается наибольшая долговечность соединения, так как увеличивается запас материалов на износ и увеличение безотказной работы соединения. Показатели надежности тоже растут. Но это приводит и к уменьшению конструктивного допуска T_K , что увеличивает стоимость изготовления из-за необходимости выполнения дополнительной технологической операции обработки, обеспечивающей меньший допуск; применение более точных средств измерений.

Действительные значения коэффициентов запаса точности для различных подвижных соединений сельскохозяйственной техники, по нашим данным [5], колеблются от 0,5 до 11. Такой широкий диапазон показывает, что допуски и посадки соединений не рассчитывают, а назначают, используя методы подобия и прецедентов.

Профессор Белов В.М. в своей работе предлагает принять, базируясь на оптимальных сроках эксплуатации машин, и по технико-экономическим критериям, коэффициент запаса точности для всех типов соединений $K_T = 3$.

В последнее время появились методы расчета допусков и посадок, которые учитывают изменение параметров точности во времени с последующей корректировкой конструктивных параметров точности.

Таким образом, при расчете и выборе коэффициента запаса точности необходимо учитывать не только фактор долговечности, но и фактор стоимости, причем относительной, рассчитанной на единицу ресурса, а данный вопрос можно решить только методом технико-экономической оптимизации.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Модель параметрического отказа для расчета точностных параметров соединения с зазором / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Трение и износ. – Т. 40. № 4. – 2019. – С. 424-430.
2. Leonov, O.A. A parametric failure model for the calculation of the fit tolerance of joints with clearance / O.A. Leonov, N.Zh. Shkaruba // Journal of Friction and Wear. – Т. 40. № 4. – 2019. – С. 332-336.
3. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – № 4. – 2019. – С. 23-26.
4. Leonov, O.A. Determining the tolerances in fitting for joints with interference / O.A. Leonov, N.Zh. Shkaruba, Yu.G. Vergazova // Russian Engineering Research. – Т. 39. № 7. – 2019. – С. 544-547.
5. Леонов, О.А. Взаимозаменяемость / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. – СПб.: Издательство «Лань», 2018. – 208 с.

УДК 621.731.1

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Селезнева Наталья Игоревна, заместитель директора по науке,
Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт, ФГБОУ ВО
«АГТУ»*

***Аннотация:** Рассмотрены теоретические основы и практическое использование методики оценка качества технологического оборудования ремонтных предприятий параметрическим методом.*

***Ключевые слова:** качество, технологическое оборудование, параметрический метод.*

Запас работоспособности соединения может быть обеспечен двумя методами: созданием износостойких поверхностей и повышением точности обработки деталей [1]. Причем точность оказывает достаточно существенное влияние на ресурс соединения [2]. Например, массово применяемые в машиностроении соединения «вал – уплотнение», были исследованы по параметрам износостойкости, долговечности и надежности. Анализ показал, что износ происходил из-за несоответствия норм точности. Расчет новых посадок позволил значительно повысить ресурс соединения [3]. В посадках с натягом

требуется еще более внимательное отношение к нормам точности, так как проворачивание вала относительно отверстия приведет к отказу [4]. Повышение точности обработки деталей приводит к увеличению ресурса соединений, но это может привести к появлению брака, который плохо отражается на репутации предприятия [5]. Поэтому необходимо оценивать качество технологического оборудования ремонтных предприятий АПК.

Параметрический метод позволяет исключить неопределенность исходных данных при оценке образцов однородной техники, изготовленной в разных странах. Проведем расчет без учета потерь и с учетом потерь сначала для новых станков, а затем для подержанных станков, расчет ведем для годовой программы ремонта $W_{Г2}=2000$ дет.

Сумма долей издержек без учета потерь образует характеристическое уравнение производства [5]:

$$\alpha+\beta+\gamma+\delta+\varepsilon=1, \quad (1)$$

а с учетом потерь от брака уравнение производства будет выглядеть так:

$$\alpha+\beta+\gamma+\delta+\varepsilon+\zeta=1, \quad (2)$$

где α , β , γ , δ , ε , ζ – соответственно удельный вес групп элементов сметы издержек, пропорциональных соответственно массе, трудоемкости обслуживания, мощности, расходу запасных частей и расходу материалов;

α – амортизация основных производственных фондов и прочие издержки;

β – заработная плата (основная и дополнительная), а также отчисления на страхование;

γ – топливо и энергия;

δ – расходы на запасные части;

ε – сырье и расходные материалы;

ζ – потери.

Сравнительная оценка качества проводилась для следующего оборудования: станок АМС-SHOU К-1500U, станок ROBBI REX 1500, станок ЗД4230, станок MQ8260A.

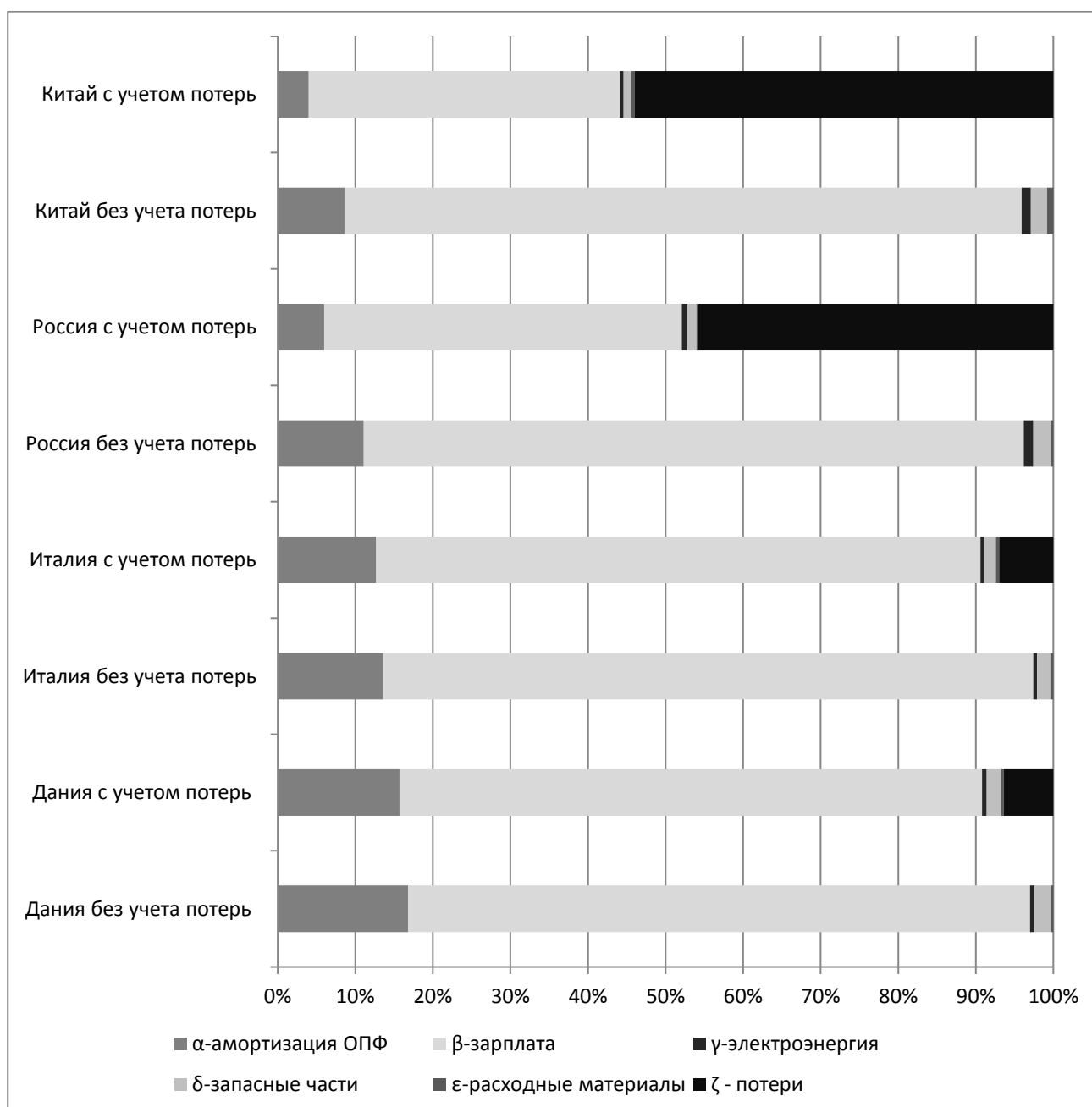


Рисунок 1 – Изменения в соотношении элементов затрат с учетом и без учета потерь для новых станков

По результатам расчетов видно, что без учета потерь от брака экономически выгодно приобретение более дешевого оборудования, так как издержки на него значительно меньше, чем на дорогое. Однако, при учете потерь видно, что у более дешевого оборудования этот элемент занимает гораздо большую часть от общего объема издержек, чем у дорогих станков. Таким образом, при меньших издержках на приобретение оборудования производитель получит больше издержек при его обслуживании.

Для предприятий с небольшой программой ремонта подойдет станок со средними ценой и уровнем точности; для среднего объема производства – станок с более высоким уровнем точности, так как при увеличении программы ремонта будет увеличиваться процент брака и, соответственно, доля потерь в издержках.

При большом объеме производства наиболее целесообразно и с экономической, и с технической точки зрения приобретение самого точного и дорогого оборудования.

Предложенная методика оценки качества технологического оборудования для обработки шеек коленчатых валов учитывает потери от всех видов брака, возникающих в процессе обработки деталей – исправимого и неисправимого, давая тем самым точную оценку техники.

Результаты расчета, проведенные по предложенной методике, показывают, что покупка предприятием дешевого технологического оборудования приводит к значительному увеличению потерь от исправимого и неисправимого брака, и наоборот, покупка дорогого оборудования позволяет снизить производственный брак, но при этом составляющая стоимости станка в общих издержках значительно выше. Предпочтительным из рассмотренных является итальянский станок ROBVI REX 1500, имеющий наилучшие показатели качества с учетом потерь от брака.

Методика является универсальной, так как позволяет использовать её для различных видов техники и для предприятий с разными программами ремонта и требованиями к уровню точности.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О.А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2010. – С. 106-110.
2. Леонов, О.А. Расчет допуска посадки с натягом по модели параметрического отказа монография / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – № 4. – 2019. – С. 23-26.
3. Ерохин, М.Н. Методика расчета натяга для соединений резиновых армированных манжет с валами по критерию начала утечек / М.Н. Ерохин, О.А. Леонов, Ю.В. Катаев, О.М. Мельников // Вестник машиностроения. – № 3. – 2019. – С. 41-44.
4. Леонов, О.А. Расчет посадок соединений со шпонками для сельскохозяйственной техники качеством / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2014. – С. 13.
5. Леонов, О.А. Управление качеством / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Ю.Г. Вергазова. – М.: Издательство Лань, 2018. – 180 с.

ОЦЕНКА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

*Селезнева Наталья Игоревна, заместитель директора по науке,
Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт ФГБОУ ВО
«АГТУ»*

Аннотация: Разработана методика и проведена оценка качества металлорежущего оборудования, рассмотрен пример сравнения станков для обработки под ремонтный размер коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238.

Ключевые слова: ремонт машин, затраты, потери, показатели качества, металлорежущее оборудование.

Тенденции развития инженерно-технической системы АПК Российской Федерации свидетельствуют о росте использования машин в процессах и роль технического сервиса в поддержании этой техники в работоспособном состоянии огромна. Качество сельскохозяйственной техники при ее производстве и ремонте обеспечивается в том числе и применяемым технологическим оборудованием [1]. Именно оно обеспечивает начальное рассеяние размеров и зазоров – натягов в посадке, создавая запас точности и надежности [2], формирует соответствие заданным величинам допусков по единой системе допусков и посадок [3], указанным в технической документации, формирует требования к контролю и метрологическому обеспечению [4]. Из-за неправильного назначения или использования старого изношенного технологического оборудования появляются внешние потери, которые в ремонтном производстве могут достигать существенных величин и влиять на общую эффективность работы предприятия в целом [5].

В настоящее время технологическое оборудование подбирается и оценивается по критериям стоимости, производительности, эксплуатационным затратам и точности.

Нарушение норм точности при окончательной обработке новых (ремонтируемых) деталей ведет к появлению исправимого и неисправимого брака [1].

Для анализа показателей качества и экономических показателей оборудования необходимо суммировать затраты на создание продукции и потери, возникающие из-за отклонений процесса от установленных норм.

При оценке какого-либо оборудования и выполняемого им процесса воспользуемся показателями материалоемкости оборудования, энергоемкости, трудоемкости, материалоемкости технологического процесса. Объединим их общим термином – ресурсоемкость. Все ресурсы в процессе создания из них или с помощью них продукции переносят на нее свою стоимость, и каждый ресурс имеет свою стоимость.

Затраты, с точки зрения оценки качества, представим в виде произведения показателя ресурсоемкости на свою удельную стоимость и все это в расчете на единицу полезного эффекта – конечной продукции.

$$Z_i = u_i \cdot p_i \cdot \prod_{j=1}^z k_{ij}, \quad (1)$$

где u_i – расценка используемого i -того ресурса;

p_i – ресурсоемкость i -го ресурса;

k_{ij} – корректирующий j -й коэффициент использования i -го ресурса или учета дополнительных затрат;

z – число коэффициентов.

Потери представим в форме произведения потереемкости и расценки данного вида потерь на единицу продукции.

$$P_i = c_i \cdot n_i \cdot \prod_{j=1}^y k_{ij}, \quad (2)$$

где c_i – стоимость i -го вида потерь от одного дефектного изделия;

n_i – потереемкость i -го вида потерь;

k_{ij} – корректирующий j -й коэффициент i -го вида потерь или учета дополнительных потерь;

y – число коэффициентов.

Зависимость для оценки качества технологического оборудования будет выглядеть так:

$$Y_k = \prod_{i=1}^x k_i \cdot \sum_{i=1}^n u_i \cdot p_i \cdot \prod_{j=1}^z k_{ij} + \prod_{i=1}^u k_i \cdot \sum_{i=1}^m c_i \cdot n_i \cdot \prod_{j=1}^y k_{ij}. \quad (3)$$

где Y_k – суммарные затраты на качество в расчете на единицу продукции;

k_i – коэффициент учета дополнительных затрат, начислений, потерь и др. экономических факторов, не оказывающих прямое влияние на затраты и потери, но увеличивающие данные затраты или потери при рассмотрении участка, цеха, предприятия в целом;

x, u – число коэффициентов для корректирования затрат и потерь;

n, m – число видов затрат и потерь.

При расчете по формуле (3) удельные показатели потереемкости определяются путем деления числа бракованных изделий каждого вида $B_{iбр}$ на общее количество изделий B , произведенных за один промежуток времени.

Рассмотрим пример сравнения двух станков для шлифования шеек коленчатых валов, таблица.

Для нашего примера (обработка коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238 под ремонтный размер) имеем два вида потерь – потери от исправимого «иб» и неисправимого «нб» брака.

Таблица

Расчет ТЭУ металлорежущих станков для обработки под ремонтный размер коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238

Показатель	Образец станка	
	RTM 225A	RTM 270
Производительность P , шт./ч	2,0	2,0
Масса станка M , кг	3030	3400
Цена C , р.	2100000	2520000
Обслуживающий персонал L , чел.	1	1
Номинальная мощность двигателей W , кВт	5,6	6,3
Срок службы станка $T_{сл}$, лет	15	15
Удельная потереемкость исправимого брака $n_{иб}$, брак.дет./дет.	0,17	0,11
Удельная потереемкость неисправимого брака $n_{нб}$, брак.дет./дет.	0,08	0
Стоимость детали после обработки z , руб./шт.	146,94	165,65
Потери при производстве единицы исправимого брака $П_{иб}$, руб./шт. ($z \cdot n_{иб}$)	24,98	18,21
Потери при производстве единицы неисправимого брака $П_{нб}$, руб./шт. ($z \cdot n_{нб}$)	11,76	0
Суммарные потери $П$, руб./шт. ($П_{иб}+П_{нб}$)	36,74	18,21
Стоимость детали после обработки с учетом потерь z_y , руб./шт. ($z+П$)	183,68	183,86

Как видно из полученных значений, без учета потерь первая модель станка хуже второй, но с учетом – они практически равны. Данный вывод подтверждает, что сравнение образцов либо по экономическим, либо по техническим параметрам недостаточно корректен. Для полного экономического анализа нужно знать точность оборудования и определять величины брака.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Техничко-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О.А. Леонов, Н.И. Селезнева // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 5. – 2012. – С. 64-67.
2. Леонов, О.А. Теоретические основы расчета допусков посадок при ремонте сельскохозяйственной техники / О.А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – № 2. – 2010. – С. 106-110.
3. Бондарева, Г.И. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г.И. Бондарева // Тракторы и сельхозмашины. – № 12. – 2016. – С. 39-42.
4. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.
5. Бондарева, Г.И. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Сельский механизатор. – № 4. – 2016. – С. 34-35.

УДК 631.173.004.12

ПРОЦЕСННЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ ЗАТРАТ НА КОНТРОЛЬ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АПК

Темасова Галина Николаевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Мониторинг затрат на процесс позволяет своевременно выявлять несоответствия процесса и предпринимать управляющие воздействия с целью обеспечения качества процесса. Рассмотрены вопросы организации мониторинга затрат на контроль при осуществлении процессов технического обслуживания и ремонта на предприятиях технического сервиса.*

***Ключевые слова:** процесс, затраты, издержки на соответствие процесса; издержки из-за несоответствия процесса; предупредительные и оценочные мероприятия.*

Основными процессами предприятий технического сервиса агропромышленного комплекса являются процессы ремонта и технического обслуживания. На всех этапах осуществления данных процессов возникают общие затраты на процесс. Затраты на соответствие процесса, затраты, возникающие в результате несоответствия процесса и базовые затраты на процесс, составляют общие затраты на процесс. Затраты на соответствие процесса включают в себя затраты на профилактику и предупреждение и затраты на контроль. В то время как потери от внутреннего и внешнего брака – это затраты, вызванные несоответствием процесса. Достаточным условием

осуществления процесса являются базовые затраты на процесс, но, к сожалению, данная категория затрат не обеспечивает качество процесса, то есть нет гарантии, что на выходе продукция и услуги будут удовлетворять требования. Затраты на соответствие процесса – главная составляющая качества процесса. Поэтому важным является оценка и анализ издержек на соответствие процесса, а именно издержек на контроль, так как своевременная оценка и анализ данных издержек позволяет среагировать на нежелательные изменения в процессе и отрегулировать ход процесса с целью обеспечения качества на выходе.

Нами был проведен мониторинг общих затрат на процесс на предприятиях технического сервиса агропромышленного комплекса, который показал, что на базовую часть издержек приходится порядка 80 %. Это обосновано, так как базовые затраты обеспечивают организацию и осуществление процесса как такового. Поэтому процесс не может протекать без базовых издержек.

На издержки соответствия процесса приходится около 8-10% от общих затрат на процесс. Причем основную часть этих издержек составляют затраты на оценку и контроль (более 95%), в то время как затраты на профилактические и предупреждающие действия незначительные в общей сумме затрат на соответствие. Это говорит о том, что на предприятиях технического сервиса агропромышленного комплекса в первую очередь контролируются входные и выходные потоки процесса, и только во вторую – предупреждается брак в производстве [1].

Издержки из-за несоответствия процесса составляют 12-15% от общих затрат. Это, еще раз, подтверждает то, что на предприятиях технического сервиса агропромышленного комплекса не уделяется должного внимания предупреждению и корректировке [1]. Данные действия проводятся не своевременно и не в полном объеме.

С целью своевременного проведения предупредительных и корректирующих мероприятий необходимо проводить мониторинг процесса. Поэтому нами были рассмотрены вопросы оценки затрат на контроль процесса.

Мы провели мониторинг затрат на контроль по процессу ремонта двигателей КАМАЗ по методике предложенной [1-5]. Результаты мониторинга затрат на контроль представлены в таблице.

Таблица

Издержек на контроль по процессу ремонта двигателей КАМАЗ

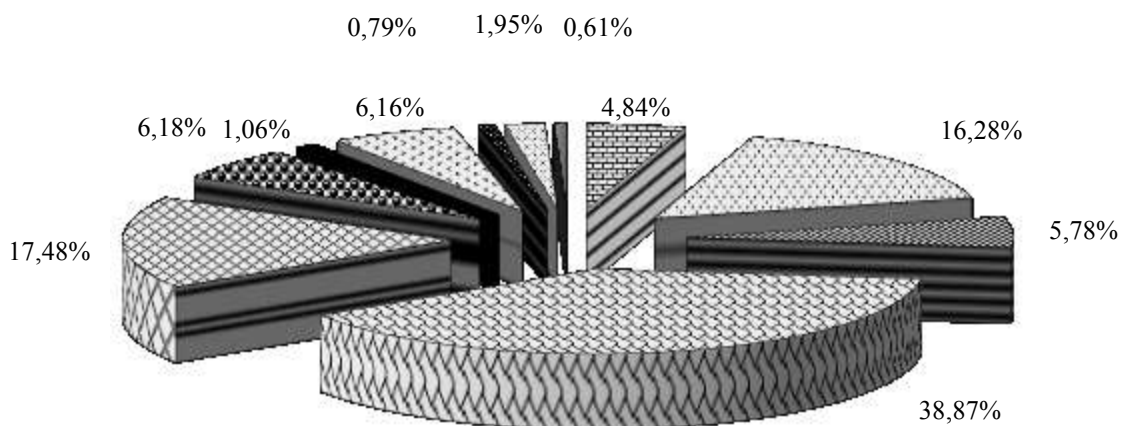
Вид затрат	Результаты расчетов затрат, руб. / ед. ремонта			
	КАМАЗ- 740.11.240	КАМАЗ- 740.13.26	КАМАЗ 740.30	КАМАЗ 740.51
Издержки, связанные с проведением контроля до начала осуществления производства	201	205	205	209
Издержки, связанные с проведением входного контроля	677	690	720	734
Издержки, связанные с проведением лабораторных приемочных испытаний	240	245	260	265

Вид затрат	Результаты расчетов затрат, руб. / ед. ремонта			
	КАМАЗ- 740.11.240	КАМАЗ- 740.13.26	КАМАЗ 740.30	КАМАЗ 740.51
Издержки на проверку качества	1617	1647	1683	1715
Издержки на амортизацию, техническое обслуживание и калибровку оборудования	727	741	749	763
Издержки на материалы, использованные или разрушенные при разрушающем контроле	257	262	290	295
Издержки на проведение анализа с целью установки соответствия продукции требованиям к качеству	44	45	50	51
Издержки на контроль в различных режимах эксплуатации	256	261	266	271
Издержки на обязательное рассмотрение и одобрение другими специалистами	33	33	23	23
Издержки на контроль и испытания запасов	81	83	93	95
Издержки на хранение результатов контроля качества и контрольных эталонов	25	26	27	27
ИТОГО: Издержки на контроль по процессу ремонта	4160	4238	4367	4449

Издержки на оценку процесса ремонта двигателей КАМАЗ в процентном соотношении представлены на рисунке 1

Из таблицы видно, что затраты на оценку процесса составляют для КАМАЗ 740.11.240 – 4160 руб. или 6,768% от суммарных затрат на процесс, КАМАЗ 740.13.260 – 4238 руб. (6,629%), для КАМАЗ 740.30 – 4367 руб. (6,77%), КАМАЗ 740.51 – 4449 руб. (6,511%).

Процессный подход к мониторингу затрат на контроль позволит своевременно проводить предупреждающие и корректирующие мероприятия с целью снижения брака в производстве, что является важной экономической составляющей.



- ▣ Исходы, связанные с проведением контроля до начала осуществления производства
- ▣ Исходы, связанные с проведением входного контроля
- ▣ Исходы, связанные с проведением лабораторных приемочных испытаний
- ▣ Исходы, связанные с проведением контроля и испытаний
- ▣ Исходы на оборудование для контроля и испытаний
- ▣ Исходы на материалы, используемые при контроле и испытаниях
- Исходы на анализ результатов контроля и испытаний, отчетность
- ▣ Исходы на контроль эксплуатационных характеристик продукции
- ▣ Исходы на рассмотрение и одобрение другими специалистами
- ▣ Исходы на оценку запасов продукции
- ▣ Исходы на хранение протоколов по продукции

Рисунок 1 – Исходы на оценку процесса ремонта двигателей КАМАЗ в процентах

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Методология оценки издержек на контроль при ремонте машин / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – № 3 (23). – 2019. – С. 37-43.
2. Леонов, О.А. Экономика качества, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Н.Ж. Шкаруба. – М.: Издательство Инфра-М, 2016. – 251 с.
3. Леонов, О.А. Управление качеством / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Ю.Г. Вергазова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 180 с.
4. Леонов, О.А. Оценка качества процессов, продукции и услуг/ О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 145 с.
5. Леонов, О.А. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса: монография / О.А. Леонов, Г.И. Бондарева, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 161 с.

УДК 631.173.004.12

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ЗАТРАТ НА КОНТРОЛЬ НА РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Темасова Галина Николаевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Расчет затрат на контроль при осуществлении процессов на ремонтных предприятиях заслуживает особого внимания. Оценка затрат на контроль в соответствии с процессным подходом позволит своевременно проводить предупреждающие и корректирующие мероприятия.*

***Ключевые слова:** затраты на контроль; затраты на процесс; базовые издержки; издержки на процесс; оценка затрат.*

Главной экономической составляющей качества процесса ремонта и технического обслуживания является оценка затрат на соответствие процесса, а именно затрат на контроль [1]. Анализ затрат на контроль позволяет своевременно реагировать на нежелательные изменения в процессе и регулировать ход процесса с целью обеспечения качества на выходе [2]. На потери от неисправимого брака и затраты на исправление брака приходится большая часть всех издержек. Данную ситуацию можно исправить путем своевременного проведения предупредительных мероприятий [3]. Предприятие должно идентифицировать и контролировать процессы с позиции управления качеством [4], а также проводить мониторинг затрат, связанных с каждой операцией выбранных процессов [5]. Нами были рассмотрены теоретические вопросы оценки затрат на контроль процесса.



Рисунок 1 – Затраты на контроль процесса ремонта и технического обслуживания

Затраты на контроль процесса ремонта и технического обслуживания включают такие категории затрат, как издержки, связанные с проведением контроля до начала осуществления производства; издержки, связанные с проведением входного контроля; издержки, связанные с проведением лабораторных приемочных испытаний; издержки на проверку качества; издержки на амортизацию, техническое обслуживание и калибровку оборудования; издержки на материалы, использованные или разрушенные при разрушающем контроле; издержки на проведение анализа с целью установки соответствия продукции требованиям к качеству; издержки на контроль в различных режимах эксплуатации; издержки на обязательное рассмотрение и

одобрение другими специалистами; издержки на контроль и испытания запасов; издержки на хранение результатов контроля качества и контрольных эталонов (рис. 1).

Теперь рассмотрим саму методику оценки затрат на контроль.

Затраты на контроль процесса ремонта и технического обслуживания можно определить по формуле

$$C_o = C_{\text{дк}} + C_{\text{вк}} + C_{\text{ли}} + C_{\text{ки}} + C_{\text{обк}} + C_{\text{мк}} + C_{\text{ар}} + C_{\text{кэх}} + C_{\text{ро}} + C_{\text{оз}} + C_{\text{хп}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{дк}}$ – издержки, связанные с проведением контроля до начала осуществления производства;

$C_{\text{вк}}$ – издержки, связанные с проведением входного контроля;

$C_{\text{ли}}$ – издержки, связанные с проведением лабораторных приемочных испытаний;

$C_{\text{ки}}$ – издержки на проверку качества;

$C_{\text{обк}}$ – издержки на амортизацию, техническое обслуживание и калибровку оборудования;

$C_{\text{мк}}$ – издержки на материалы, использованные или разрушенные при разрушающем контроле;

$C_{\text{ар}}$ – издержки на проведение анализа с целью установки соответствия продукции требованиям к качеству;

$C_{\text{кэх}}$ – издержки на контроль в различных режимах эксплуатации;

$C_{\text{ро}}$ – издержки на обязательное рассмотрение и одобрение другими специалистами;

$C_{\text{оз}}$ – издержки на контроль и испытания запасов;

$C_{\text{хп}}$ – издержки на хранение результатов контроля качества и контрольных эталонов.

Затраты, связанные с проведением контроля до начала осуществления производства, можно определить по формуле

$$C_{\text{дк}} = (1 + k_{\text{д}}) \cdot t_{\text{дк}} \cdot b_{\text{дк}} + НИ_{\text{дк}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{дк}}$ – время проведения контроля до начала осуществления производства;

$b_{\text{дк}}$ – тарифная ставка работника, осуществляющего контроль до начала осуществления производства;

$НИ_{\text{дк}}$ – накладные расходы, связанные с проведением контроля до начала осуществления производства.

Издержки, связанные с проведением входного контроля можно определить по формуле

$$C_{\text{вк}} = (1 + k_{\text{д}}) \cdot t_{\text{вк}} \cdot b_{\text{вк}} + НИ_{\text{вк}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{вк}}$ – время проведения входного контроля; $b_{\text{вк}}$ – тарифная ставка работника, осуществляющего входной контроль; $НИ_{\text{вк}}$ – накладные издержки, связанные с проведением входного контроля.

Издержки, связанные с проведением лабораторных приемочных испытаний, можно рассчитать по формуле

$$C_{\text{ли}} = (1 + k_{\text{д}}) \cdot t_{\text{ли}} \cdot b_{\text{ли}} + НИ_{\text{ли}}, \quad (4)$$

где $t_{ли}$ – время проведения лабораторных приемочных испытаний;
 $b_{ли}$ – тарифная ставка работника, осуществляющего лабораторные приемочные испытания;

$НИ_{ли}$ – накладные издержки, связанные с лабораторными приемочными испытаниями.

Издержки на проверку качества можно определить по формуле

$$C_{ки} = (1 + k_d) \cdot t_{ки} \cdot b_{ки} + НИ_{ки} , \quad (5)$$

где $t_{ки}$ – время проведения проверки качества;

$b_{ки}$ – тарифная ставка работника, осуществляющего проведение проверки качества;

$НИ_{ки}$ – накладные издержки, связанные с проведением проверки качества.

Издержки на амортизацию, техническое обслуживание и калибровку оборудования, можно рассчитать по формуле

$$C_{обк} = \sum C_y + \sum C_{то} + \sum C_{нов} , \quad (6)$$

где C_y – издержки на установку оборудования;

$C_{то}$ – издержки на техническое обслуживание оборудования;

$C_{нов}$ – издержки на поверку или калибровку оборудования.

Издержки на материалы, использованные или разрушенные при разрушающем контроле, можно определить по формуле

$$C_{мк} = \sum (C_m - C_l) \cdot P_m , \quad (7)$$

где C_m – стоимость материалов, использованных при контроле;

C_l – стоимость лома;

P_m – расход материалов при контроле.

Издержки на проведение анализа с целью установки соответствия продукции требованиям к качеству, можно рассчитать по формуле

$$C_{ап} = (1 + k_d) \cdot t_{ап} \cdot b_{ап} + C_{рз} , \quad (8)$$

где $t_{ап}$ – время проведения анализа;

$b_{ап}$ – тарифная ставка работника, проводящего анализ;

$C_{рз}$ – затраты на разработку документации по учету результатов анализа.

Издержки на контроль в различных режимах эксплуатации можно определить по формуле

$$C_{кэх} = (1 + k_d) \cdot t_{кэх} \cdot b_{кэх} + НИ_{кэх} , \quad (9)$$

где $t_{кэх}$ – продолжительность контроля эксплуатационных характеристик продукции;

$b_{кэх}$ – тарифная ставка работника, осуществляющего контроль эксплуатационных характеристик продукции;

$НИ_{кэх}$ – накладные издержки, связанные с контролем продукции в различных режимах эксплуатации.

Затраты на обязательной рассмотрении и одобрении другими специалистами можно рассчитать по формуле

$$C_{ро} = (1 + k_d) \cdot t_{ро} \cdot b_{ро} + НИ_{ро} , \quad (10)$$

где $t_{ро}$ – время, затраченное специалистом на обязательное рассмотрение и одобрение продукции;

b_{po} – тарифная ставка специалиста, проводящего обязательное рассмотрение и одобрение продукции;

$НИ_{po}$ – накладные издержки, связанные с рассмотрением и одобрением продукции.

Издержки на контроль и испытания запасов можно определить по формуле

$$C_{oz} = (1 + k_o) \cdot t_{oz} \cdot b_{oz} + НИ_{oz} , \quad (11)$$

где t_{oz} – время проведения контроля и испытаний запасов;

b_{oz} – тарифная ставка работника, осуществляющего контроль и испытания запасов;

$НИ_{oz}$ – накладные издержки, связанные с контролем и испытаниями запасов.

Издержки на хранение результатов контроля качества и контрольных эталонов можно рассчитать по формуле

$$C_{xn} = (1 + k_o) \cdot t_{xn} \cdot b_{xn} + НИ_{xn} , \quad (12)$$

где t_{xn} – продолжительность выполнения работ по организации хранения протоколов;

b_{xn} – тарифная ставка работника, осуществляющего организацию хранения протоколов по продукции;

$НИ_{xn}$ – накладные издержки, связанные с хранением протоколов.

В соответствии с предложенной методикой мы оценили затраты на контроль процесса ремонта двигателей КАМАЗ. Оценка затрат на контроль показала, что данная категория затрат составляет порядка 7-10 % себестоимости процесса, но оценка затрат на контроль позволяет своевременно реагировать на изменения процесса и разрабатывать корректирующие и предупреждающие мероприятия.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Экономика качества, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Н.Ж. Шкаруба. – М.: Издательство Инфра-М, 2016. – 251 с.
2. Леонов, О.А. Методология оценки издержек на контроль при ремонте машин сертификации / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – № 3 (23). – 2019. – С. 37-43.
3. Леонов, О.А. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса: монография / О.А. Леонов, Г.И. Бондарева, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 161 с.
4. Леонов, О.А. Управления качеством: учебник. / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Ю.Г. Вергазова. – СПб.: Издательство «Лань», 2019. – 180 с.
5. Леонов, О.А. Оценка качества процессов, продукции и услуг / О.А. Леонов, Ю.Г. Вергазова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 145 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ МАРКИРОВКИ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Черкасова Эльмира Исламовна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Голиницкий Павел Вячеславович, кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Важнейшими условиями обеспечения качества пищевой продукции является соблюдения условий температурного режима на всех этапах жизненного цикла продукции, использование необратимых термохимических индикаторов совместно с интернет ресурсом позволит решить проблему контроля режимов.

Ключевые слова: качество, шоколад, прослеживаемость, затраты на внедрение.

Важнейшими условиями обеспечения качества пищевой продукции является соблюдения условий температурно-влажностного режима на всех этапах жизненного цикла продукции [1, 2], а особенно актуальным является соблюдение условий хранения на этапе транспортирования и реализации. Существуют продукты питания, где наибольшее значение имеет относительная влажность воздуха, а существуют продукты, где наибольшее значение уделяется температурному режиму, и одним из таких продуктов является шоколад.

Мировое потребление шоколада составляет около 4 млн тонн в год, больше всего едят в Швейцарии, Бельгии и Германии, потребление на человека в этих странах составляет около 10 кг в год. Годовое потребление в нашей стране составляет около 4 кг на человека, что можно увидеть из рисунка 1.

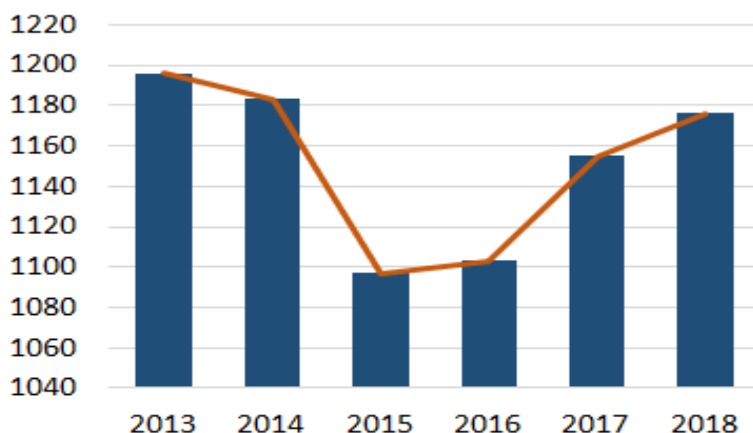


Рисунок 1 – Распределение потребления шоколада в России по годам, тыс.т

В последнее время потребление шоколада стало увеличиваться, при этом хочется отметить, что наблюдается изменение в потребительских предпочтениях, а именно увеличивается спрос на продукцию среднего и премиум-класса, и сокращение потребления продукции сегмента «эконом». Это обусловлено тем, что рост здорового образа жизни и популярности правильного питания увеличивает спрос на шоколад без сахара и горький шоколад с долей какао более 85%.

Шоколад – представляет собой продукт переработки какао-бобов с сахаром. Основным сырьем для производства шоколада являются какао тертое, какао-масло, сахарная пудра. Характеризуется особыми прекрасными вкусовыми свойствами, тонкой консистенцией и способностью таить во рту. Такой уникальностью обладает за счет содержания масла какао, которое при обычной комнатной температуре твердое, хрупкое, но быстро плавится во рту, так как имеет температуру плавления 32-34°C. Также же шоколад отличается высокой энергетической ценностью (540-560 ккал на 100 г). Благодаря своему особому химическому составу шоколад обладает полезными свойствами, который оказывает положительное воздействие на наш организм, что делает такое лакомство идеальным десертом. За счет содержания кофеина и теобромина оказывает стимулирующее действие, быстро снимает усталость, повышает работоспособность, поднимает настроение, не зря принято считать, что шоколад — это «гормон радости». За счет содержания какао-масла, в котором содержится много антиоксидантов, употребление лакомства замедляет процесс старения, улучшает работоспособность сердечно-сосудистой системы. Конечно, калорийность лакомства достаточно высокая, но какое же это удовольствие — отломить кусочек от ароматной плитки и почувствовать, как он тает на языке.

Храниться шоколад должен в чистых, хорошо вентилируемых помещениях, не имеющих посторонних запахов, незараженных амбарными вредителями, при температуре от 5°C до 22°C и относительной влажности воздуха не более 70%. Продукт не должен подвергаться воздействию прямого солнечного света. Срок годности устанавливает изготовитель в рецептурах или технологических инструкциях на продукцию конкретного наименования.

Но зачастую покупая плитку шоколада в магазине и распаковывая ее вместо получения радостных эмоций, потребитель часто разочаровывается, так как плитка покрыта беловатым или сероватым налетом, что значительно ухудшает внешний вид шоколада, хотя сроки годности соответствуют маркировке. Появление налета может возникать по двум причинам, либо нарушением технологии производства, либо условиями хранения, что приводит к образованию таких дефектов шоколада, как жировое или сахарное поседение. Жировое поседение является результатом несоблюдения режима темперирования при производстве. Какао-масло имеет 4 полиморфные формы кристаллизации, которые различаются температурой плавления. При недостаточном темперировании образуются неустойчивые формы, которые при хранении шоколада переходят в β - форму. Процесс идет с выделением тепла, что приводит к плавлению какао-масла и выделению на поверхности шоколада

в виде капель. При охлаждении на поверхности образуется жировой налет, который называется жировым поседением. Также жировое поседение может возникнуть в результате хранения шоколада при повышенной температуре. При этом отдельные фракции масла плавятся и выделяются на поверхности. При понижении температуры расплавившийся жир затвердевает в виде крупных кристаллов. Сахарное поседение является результатом несоблюдения режимов хранения, то есть при перепаде температуры. В результате на поверхности конденсируется влага, в которой растворяется сахар. После испарения влаги на поверхности шоколада остается белый налет в виде мелких кристаллов сахара.

На современном этапе одной из главных задач пищевой отрасли является обеспечение качества и безопасности выпускаемой продукции, а предприятия пищевой промышленности стараются выпускать продукцию удовлетворяющую требованиям потребителей, расширяя при этом ассортимент продукции, улучшая потребительские характеристики, но зачастую именно на этапах хранения и реализации происходит ухудшение качественных показателей. Несоблюдение условий и сроков поставки и транспортирования продукции, реализации в розничной торговой сети, приводит к снижению качества и возникновению дефектов, и такая продукция будет не безопасна для потребления. Причиной появления на плитке шоколада налета может быть вызвано не соблюдением условий хранения и реализации в розничной торговой сети и как уже отмечалось выше колебания температуры не должны превышать $\pm 3^{\circ}\text{C}$, а средства измерений должны быть в 3...10 раз точнее [3, 4], что достаточно накладно для транспортных компаний и розничной торговли.

Одной из особенностью рынка шоколада является то, что потребитель может находиться на расстоянии несколько тысяч километров от производителя, поэтому для сохранения шоколада в неизменном виде, транспортирование необходимо осуществлять только в контейнерах и автотранспортом, оснащенным климатическими системами. Крупные логистические компании тщательно следят за условиями перевозки и хранения, но они не всегда являются единственным промежуточным звеном между производителем и потребителем. На ряду с ними доставка продукции до магазина может осуществляться и небольшими перевозчиками, с целью снижения затрат на транспортировку за счет экономии на климатической системе, при этом негативные последствия от этого решения ложатся на магазин и покупателя [5].

Наиболее часто встречающимся нарушением со стороны поставщиков является превышение рекомендуемой температуры. Для решения проблемы возможного сокрытия нарушения можно использовать необратимые термохимический индикаторы превышения допустимой температуры (рис. 2), данные индикаторы не только позволяют зафиксировать повышение температуры, но и оценить продолжительность воздействия.

Для сбора климатических данных условий хранения и транспортировки можно использовать интернет-ресурс на котором помимо информации от поставщиков можно разместить информацию о дате производства, основных показателях качества. Информацию об адресе интернет ресурса можно

зашифровывать при помощи QR-кода, который размещается на коробках поскольку поставки плиточного шоколада в магазины редко осуществляется поштучно, а оборудование для их считывания распространено повсеместно.

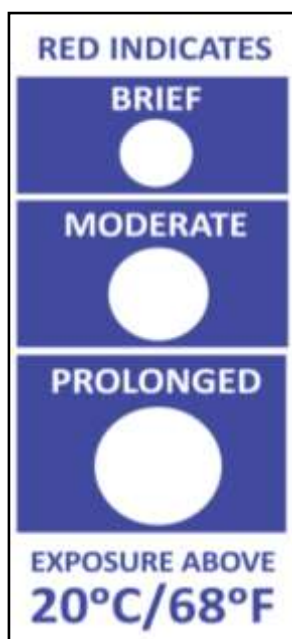


Рисунок 2 – Термохимический индикатор

При дополнительном размещении QR-кода на термохимическом индикаторе информацию на интернет ресурсе можно дополнить изображением о его состоянии на момент вскрытия транспортировочной упаковки.

Несмотря на достаточно большой объем собираемых данных стоимость системы не является высокой. так как при данной системе маркировки максимально используется уже имеющиеся данные всей цепочки поставки, а с учетом широкого распространения оборудования для кодирования и считывания QR-кода, затраты на внедрение включая разработку интернет ресурса для производителя составят 600 тыс. руб. на одну производственную линию, для посредников и продавцов затраты на разработку программного обеспечения и интеграции не превысят 180 тыс. руб.

Стоимость одноразовых компонентов (этикетка на клеевой основе с нанесённым QR- кодом для маркировки коробки, термохимический индикатор с QR- кодом) не превысит 210 рублей.

Благодаря внедрению данной системы повышается доверие и информированность потребителя, а также она позволит производителю и продавцу более эффективно работать с посредниками.

Библиографический список

1. Леонов, О.А. Метрологическое обеспечение контроля качества и безопасности при производстве варено-копченых колбас на предприятиях АПК / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – № 3. – 2018. – С. 95-110.

2. Леонов, О.А. Элементы системы ХААСП при производстве варено-копченых колбас / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Пищевая промышленность: наука и технологии. – № 2 (40). – 2018. – С. 44-52.

3. Леонов, О.А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Г.Н. Темасова. – М.: МГАУ, 2011. – 120 с.

4. Леонов, О.А. Методы и средства измерений / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2014. – 256 с.

5. Черкасова, Э.И. Прослеживаемость качества овсяных хлопьев с помощью ИТ / Э.И. Черкасова, П.В. Голиницкий // Контроль качества продукции. – № 3. – 2019. – С.46-49.

УДК 621.793.79

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

Черкасова Эльмира Исламовна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** В большинстве случаев основной причиной выхода из строя деталей и сборочных единиц сельскохозяйственной техники является износ сопрягаемых поверхностей. В данной статье проанализировано качество восстановленных деталей исходя из чего даны рекомендации для проведения ремонта.*

***Ключевые слова:** бронзовые втулки, обжатие, устойчивая область обжатия, электроконтактное напекание*

Бронзовые подшипниковые втулки находят широкое применение в сельскохозяйственных и мелиоративных машинах. Благодаря специфическим свойствам, бронзовые подшипниковые втулки наилучшим образом зарекомендовали себя в узлах, работающих при значительных нагрузках, переменных по величине и направлению, а также при работе в особых условиях – в воде, агрессивных средах, в узлах, которые работают при высоких скоростях скольжения

В большинстве случаев основной причиной выхода из строя деталей и узлов сельскохозяйственной техники является износ сопрягаемых поверхностей. Анализ литературных источников и данных, эксплуатирующих организации, показывает, что их износ внутренней рабочей поверхности втулок может достигать 0,8мм на диаметр [1, 2].

В основном для восстановления работоспособности сборочных узлов, в которые входят из строя подшипники скольжения из бронзовых материалов производят замену изношенной втулки на новую.

Несмотря на это существует ряд технологий восстановления рабочей внутренней поверхности бронзовых втулок в качестве подшипников скольжения – но они не находят достаточного применения из-за недостаточной изученности технологических параметров восстановления.

Предлагаемый комбинированный метод восстановления рабочих поверхностей бронзовых втулок состоящий из объемного обжатия наружной поверхности с целью уменьшения размера по диаметру изношенной внутренней поверхности с последующей механической обработки под номинальный размер и нанесения металлических порошков на никелевой и железной основе на наружную поверхность втулки методом электроконтактного напекания.

Рекомендации исследователей [3, 4] по восстановлению изношенных внутренних поверхностей бронзовых втулок, применяемых в качестве подшипников скольжения, методом объемного обжатия не находят широкого практического применения из-за отсутствия конкретных конструктивных решений обжимной части приспособления, а именно обжимной матрицы. Предлагаемые решения обжимных приспособлений зачастую не учитывают влияния конструктивных параметров обжимной матрицы, а также ряд конструктивных параметров самой обжимаемой втулки, одним из которых является величина Δ - отношение толщины стенки втулки S к величине наружного диаметра $D_{нар}$. Такое положение ограничивает технологию применения объемного обжатия с применением пластической деформации пустотелых цилиндрических деталей (втулок) из-за образования в процессе объемного обжатия складок (складкообразования) по длине втулки в зоне воздействия на металл пластической деформации. Данное явление называется «потеря устойчивости» материала детали в процессе пластического деформирования.

Исследования показали, что складкообразование зависит от степени деформации, угла конусности заходной части обжимной матрицы и относительной толщины стенок втулок – $S/D_{нар}$.

При изучении математических моделей, описываемых напряжения и деформации при объемном обжатии полых цилиндрических деталей типа втулок (Кочкин В.А., Перлин И.Н., Губкин С.И, Емельяненко П.Т.), была принята формула, определяющая условие устойчивости при объемном обжатии, в зависимости от величины Δ и угла конусности α матрицы с учетом разности втулок не более 5%:

$$\Delta = S/D_{нар} \geq 0,125 \operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \alpha / 2 / 6 \cdot \cos \alpha$$

На основании данной формулы была определена область получения складкообразования при объемном обжатии втулок и область, позволяющая производить объемное обжатие без возникновения потери устойчивости:

– для малых значений Δ успешное объемное обжатие может осуществляться при углах заборной части обжимной матрицы до 10 градусов;

– при Δ более 0,06 объемное обжатие бронзовых втулок может осуществляться при α до 40 градусов.

Дальнейшие исследования, проводимые без возникновения потери устойчивости δ , показали прямо пропорциональную зависимость между уменьшением внутреннего диаметра и наружного (рис. 1).

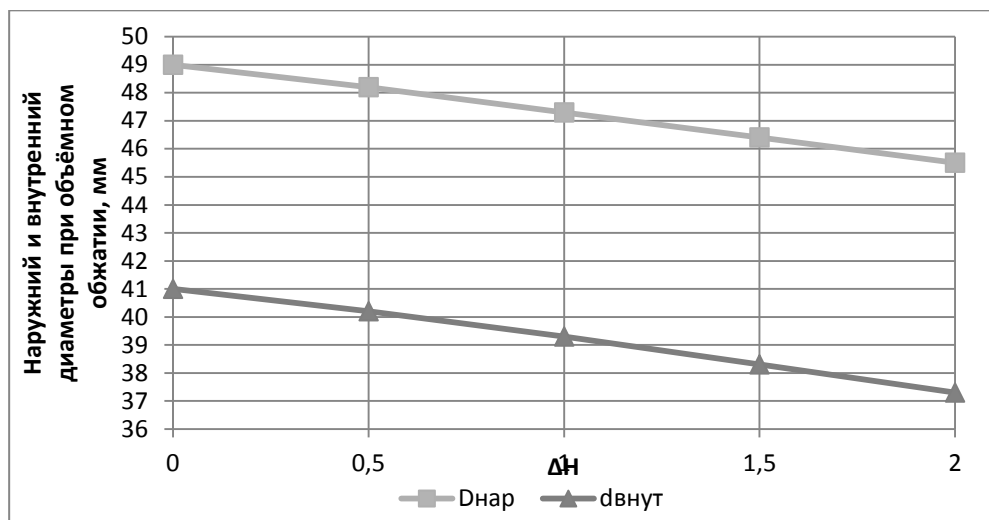


Рисунок – Характер изменения наружного и внутреннего диаметров втулок при объемном обжатии

После проведения обжатия на наружную поверхность втулки производилось напекание порошков на никелевой (ПР-Н80Х13С2Р) и железной (ПХ-30) основе [4 ,5].

Наибольшее значение для определения качества восстановленной детали при помощи электроконтактного напекания металлических порошков являются показатели: сцепляемости с поверхностью втулки, плотности, износостойкости рабочей поверхности восстанавливаемой детали.

Наивысшие показатели сцепляемости определялись относительно температуры и времени напекания.

В результате проведенных экспериментов по определению прочности сцепления напеченного порошка ПР-Н80Х13С2Р с бронзовой втулкой было выяснено следующее:

– Наибольшее значение прочности соединения достигается при температуре $1160 \pm 5^\circ\text{C}$ и времени напекания 70с.

– Падения прочности соединения на 15% при температуре $1200 \pm 5^\circ\text{C}$ объясняется возникновением пористости, связанной с выгоранием лигатурного сплава Cu-Ni.

В результате проведенных исследований по напеканию порошка ПХ-30 на бронзовую втулку было установлено следующие:

– Наибольшее значение прочности соединения достигается при температуре $1285 \pm 5^\circ\text{C}$ и временем напекания является 250с.

– При увеличении температуры наблюдается снижение прочности сцепления на 16% связанного с тем, что в результате напекания происходит увеличение в зоне спекания соединений лигатуры Cu-Fe.

Определение наивысших показателей плотности напечённого слоя происходило в зависимости от температуры, давления и времени напекания.

Для порошка ПР-Н80Х13С2Р диапазон температур изменялся от 1060°С до 1210°С с интервалом 50°С, давление электродов изменялось в диапазоне от 10 до 30 МПа с шагом в 5 МПа, время напекания изменялось в диапазоне от 40с до 90с с интервалом 10с.

В результате проведённых экспериментов было установлено:

наибольшая плотность наблюдается при температуре 1160±5°С, давлении 20 МПа и времени напекания 70с

Для порошка ПХ-30 диапазон температур изменялся от 1185°С до 1325°С с интервалом 50°С, давление электродов изменялось в диапазоне от 10 до 30 МПа с шагом в 5 МПа, время напекания изменялось в диапазоне от 220с до 270с с интервалом 10с.

В результате проведённых исследований было установлено:

наибольшая плотность напечённого слоя достигается при температуре 1285±5°С с, давлением электродов 25МПа и времени напекания 250с.

Для сравнения износостойкости были взяты новые втулки, изготовленные из бронзы О5Ц5С5, а также втулки после проведения обжатия и напекания.

В результате экспериментов различия износостойкости образцов не превышает 1%, это объясняется тем, что использование во время напекания охлаждающего электрода препятствовало структурным изменениям в граничном слое рабочей поверхности втулки, а незначительные зоны упрочнения, возникшие в результате обжатия, были удалены во время расточки под номинальный размер.

Выводы:

В результате проведенных исследований установлено, что наиболее оптимальные показатели имеют втулки, восстановленные при следующих режимах напекания:

для порошка Н80Х13С2Р:

- температура напекания 1160±5°С;
- давление электродов 20 МПа;
- время напекания 70 с;

для порошка ПХ-30:

- температура напекания равнялась 1285±5°С;
- давление электродов 25 МПа;
- время напекания 250 с.

Библиографический список

1. Голиницкий, П.В. Восстановление подшипников скольжения из цветных сплавов комбинированным методом: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.03 / Голиницкий Павел Вячеславович. – М., 2016. – 22 с.

2. Шнырёв, А.П. Размерный анализ бронзовых подшипников скольжения при их пластической деформации / А.П. Шнырёв, П.В. Голиницкий // Природообустройство. – № 1. – 2014. – С. 83 - 85.

3. Тогамбаев, С.К. Размерный анализ бронзовых подшипников скольжения при обжати / С.К. Тогамбаев, П.В. Голиницкий // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – №2. – 2013. – С. 58-60

4. Шнырёв, А.П. К вопросу об электроконтактном напекании металлических порошков на бронзовые поверхности / А.П. Шнырёв, П.В. Голиницкий // Природообустройство. – № 3. – 2014. – С. 83 - 86.

5. Голиницкий, П.В. Выбор режимов напекания металлических порошков на основе никеля и железа при комбинированном методе восстановления бронзовых втулок / П.В. Голиницкий, И.Л. Приходько // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – № 5 (87). – 2018. – С. 40-45.

УДК 658.56

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ В ХМЕЛЕВОДСТВЕ

Каратаева Оксана Григорьевна, доцент кафедры организация производства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Каратаев Григорий Сергеевич, инженер, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Технология производства продукции является основой качества сырья. Качество хмелепродукции формируется в ходе всего технологического процесса и глубокой переработке, транспортировке и хранения и реализации хмелесырья. Поэтому необходима модель технологического управления качеством продукции хмелеводства.*

***Ключевые слова:** управление качеством, хмель, хмелеводство, хмелесырье, альфа-кислота, производственная модель, производственный процесс.*

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации в качестве одного из направлений и механизмов реализации государственной аграрной политики предусматривает принятие мер по совершенствованию системы обеспечения безопасности продовольствия в соответствии с требованиями технических регламентов на всех стадиях – производство, хранение, транспортировка, переработка и реализация, включая импортные операции. При этом ставятся задачи: гармонизировать с международными требованиями показатели безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов на основе фундаментальных исследований в области науки о питании и создать современную инструментальную и методическую базу, организационную структуру контроля качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов [1].

В управлении качеством продукции, продовольствия и сырья определяющая роль принадлежит технологиям производства этой продукции. Качество сельскохозяйственной продукции формируется в ходе всего технологического процесса селекции, подготовки семени, выращивания растений и животных, переработки сырья, транспортировки и хранения продукции и ее реализации. Поэтому технологии в сельском хозяйстве и АПК в целом являются ведущими регуляторами качества. Высшие достижения мирового сельскохозяйственного производства обеспечили современные технологии, впитавшие в себя многовековой крестьянский опыт и новейшие достижения научно-технического прогресса. Во многих отраслях качество продукции определяется уровнем технологического производства производственного процесса, и конечную товарную продукцию сертифицируют по точности исполнения технологий [1].

В хмелеводстве главным критерием качества является содержание альфа-кислоты от 8-12%.

Основы товароведения в хмелеводстве заключаются в получении качественной продукции по природным (генетическим) показателям, условием среды обитания (производства продукции).

На качество хмелевого сырья влияют следующие факторы:

1) факторы процесса производства (генетические особенности объекта), агроклиматические условия, территориальный фактор, технология производства сырья, глубокая переработка продукции, доведение хмелевого сырья до требования стандартов.

Производство хмеля основывалось на адаптационных признаках:

- ландшафтное размещение культуры;
- регулирование микроклимата за счет оптимального размещения растений;
- защита от вредителей, болезней и сорняков;
- внесение больших доз навоза;
- использование сортов приспособленных к местным условиям.

В 70-х и 80-ых годах отрасль в хмелеводства развивалась по пути интенсификации:

- создание специализированных хмелеводческих хозяйств;
- внедрение промышленных технологий;
- увеличению валового сбора шишкового сырья;
- внесение минеральных удобрений и пестицидов;
- использование индустриальных технологий и мелиорация земель [3].

2) факторы реализация и приобретение продукции;

3) факторы потребительских свойств продукции.

Особое хозяйственное значение имеют шишки (соплодия) или шишковое сырье, которое после различной переработки дает многообразные хмелепродукты. Стандартизированным в России до недавнего времени являлось только шишковое сырье и продукты его переработки, которые предназначены в

первую очередь для пивоварения. В пивоваренной отрасли актуальна проблема использования шишкового хмелевого сырья и продуктов его переработки с заданными и стабильными показателями, позволяющими получать конечный продукт – пиво, соответствующее требуемым качественным параметрам. Проблему качества пивоваренного, как и всего хмелевого сырья, можно решить только совместными усилиями хмелеводов, переработчиков хмеля и отраслевой науки [4].

Повышение качества хмелесырья может быть достигнуто при четком соблюдении технологического процесса на принципах производственного управления в хмелеводстве и создание модели управления качеством не только через плодородия почвы, но и не посредственного воздействия на растения в процессе его вегетации. Предлагаемая данная производственно-качественная технология (прецизионная) позволит регулировать не только величину урожайности, но и качество получения хмелесырья и регулирования величины издержек. Данная структурная модель является трехцикличной и включает в себя комплекс работ по управлению производственно-качественным процессом в ходе вегетации.



Рисунок 1 – Структурная модель агроциноза в хмелеводстве

Суть данной модели заключается в оптимизации и применении интенсивных технологий, современных инновационных технологий и космической навигации в каждом цикле (рис. 1).

Качество хмелесырья зависит от многих факторов главный из них это сортовой, с помощью селекции хмелеводы создают сорта и клоны с конкретными количественными и качественными параметрами (табл. 1).

Таблица 1

Количественные и качественные параметры

№ п	Сорт (происхождение)	Номер исходящего растения	Урожай, кг/куст	Содержание альфа-кислот, %
1	Подвязный (Россия)	9	3,3-6,8	6,0-13,1
		17	2,7-8,0	6,4-13,1
		23	2,6-5,3	8,6-11,7
		24	2,4-4,5	8,5-11,7
		25	2,8-5,4	7,5-11,1
2	Сумерь (Россия)	7	3,9-4,1	6,0-10,8
		21	4,3-5,6	6,2-11,7
		25	3,4-4,7	7,0-8,5
3	Профит (Украина)	7	3,0-3,3	4,1-9,1
		11	3,4-4,5	4,5-9,5
4	Саксон (Англия)	11	4,6-6,0	3,5-10,5
		22	3,4-4,0	9,5-10,5
5	Сполэчны (Украина)	2	4,7-5,7	5,5-11,1
		8	3,8-3,9	5,1-13,0
		17	4,0-6,3	5,3-10,3
6	Маринка (Польша)	3	3,0-4,8	9,2-10,2
		20	2,7-5,9	9,7-10,2

Управлять качеством продукции хмелеводства необходимо:

- с помощью технологических инструментов (химизация), регулирования питания растений (удобрения);
- защиты их от сорняков, болезней и вредителей;
- кадровое обеспечение;
- планирование научно-исследовательских и опытно-конструкционных разработок с учетом критерия и параметров качества сортов и клонов хмеля. [5]

Важными инструментами воздействия на качество производства являются кадровые и экономические ресурсы.

Библиографический список

1. Черноиванов, В.И., Ежевский, А.А., Краснощекое, Н.В., Федоренко, В.Ф. Управление качеством в сельском хозяйстве: науч. изд. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 344 с.
2. Роль государства в развитии кооперации и агропромышленной интеграции/ Н.В. Сергеева //Colloquium-journal. – № 13-10 (24). – 2018. – С. 112-114.
3. Каратаева, О.Г., Кукушкина, Т.С., Каратаев, Г.С. Ресурсосберегающие технологии и техника в хмелеводстве. В сборнике: Доклады ТСХА, 2019. – С. 158-162.
4. Каратаева, О.Г., Фролова Ю.С., Алексеев Ю.М. Методика расчета показателей качества в хмелеводстве. Международный научный журнал. – № 3-4. – 2018. – С. 40-47.
5. Каратаева О.Г., Гамидов А.Г., Чеха О.В. Моделирование экономических процессов в хмелеводстве. Международный научный журнал. № 4. – 2019. – С. 56-61.

УДК 629.733.5:629.7.015

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЗАТРАТ НА НАГРЕВ ГЕЛИЯ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМ МАНЕВРИРОВАНИИ ДИРИЖАБЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Андреев Сергей Андреевич, доцент кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Белов Дмитрий Владимирович, инженер кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф.Бородин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Сформулированы области применения дирижаблей в сельском хозяйстве. Обосновано использование зависимости плотности гелия от температуры для вертикального маневрирования. Проанализировано дифференциальное уравнение нагрева гелия во времени с учетом потерь теплоты в окружающую среду. Выведены выражения для оценки затрат тепловой энергии на нагрев гелия.

Ключевые слова: дирижабль, вертикальное маневрирование, гелий, плотность, температура, нагрев, затраты энергии, тепловая мощность.

Перспективным видом беспилотных летательных аппаратов, используемых в сельскохозяйственном производстве для выполнения мониторинговых, ретрансляционных и производственных функций, являются

дирижабли [1]. Основные преимущества дирижаблей перед популярными дронами заключаются в их высокой грузоподъемности, экономичности и возможности длительного нахождения в воздухе практически без затрат энергии.

Одной из главных управляющих операций при полете дирижаблей по заданной траектории является вертикальное маневрирование. Вертикальное маневрирование (или управляемое изменение высоты расположения дирижабля над Землей) наиболее просто решается изменением плотности рабочего газа [2]. Как правило, таким газом в современных дирижаблях является гелий, а управление его плотностью производится изменением температуры. На рисунке представлена зависимость плотности гелия от температуры при атмосферном давлении 750 мм.рт.ст.

Из графика видно, что с ростом температуры гелия с 10 до 50°C его плотность уменьшается с 0,17 кг/м³ до 0,149 кг/м³, то есть на 12%. Дальнейшее повышение температуры до 100°C вызывает снижение плотности до 0,129 кг/м³, что уже составляет 24%. Уменьшение плотности гелия определяет значительное увеличение подъемной силы дирижабля.

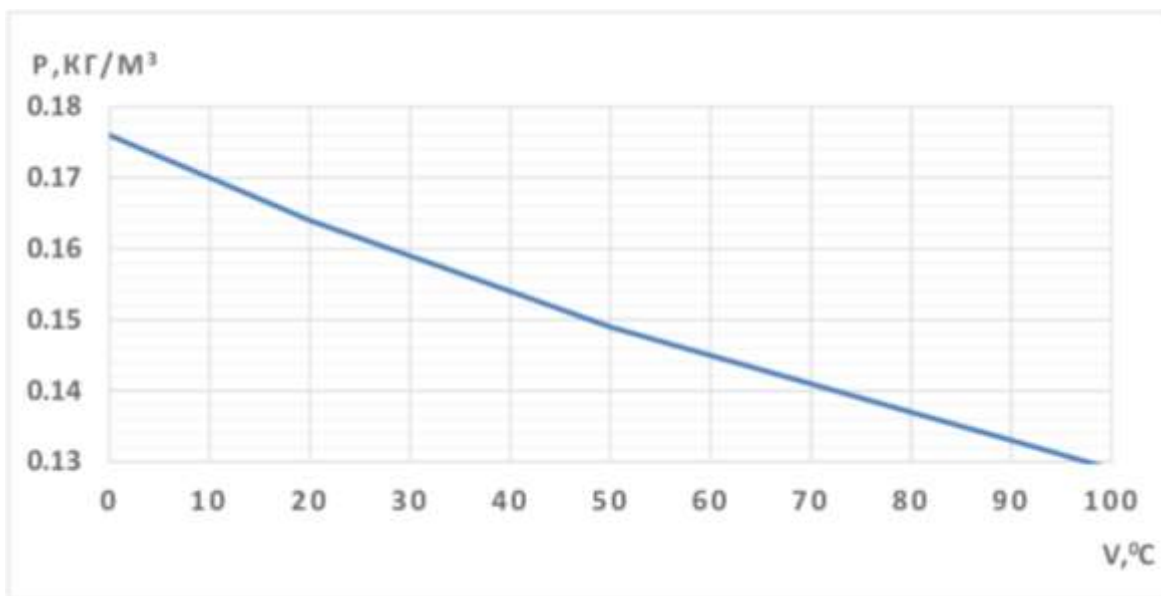


Рисунок 1 – Зависимость плотности гелия от температуры

Это увеличение легко вычисляется в соответствии с выражением [3]:

$$\Delta F = [(\rho_{\text{в}} - \rho_{10}) - (\rho_{\text{в}} - \rho_{50})]gV = (\rho_{10} - \rho_{50})gV, \text{ кг},$$

где $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³ (при температуре 10°C $\rho_{\text{в}} = 1,246$ кг/м³); ρ_{10} и ρ_{50} – плотность гелия при температурах 10°C и 50°C соответственно; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; V – объем гелия, м³.

Для дирижабля с объемом рабочей камеры 20м³, находящегося в воздушной среде с температурой 10°C, нагрев гелия с 10 до 50°C обеспечит увеличение подъемной силы на 4,1 кг.

При проектировании дирижаблей, в частности, при разработке устройств для нагрева гелия, важно знать энергетические параметры процесса. Особое значение при этом имеют: мощность нагрева, его продолжительность и скорость.

Проанализируем уравнение динамики нагрева гелия с учетом потери части подводимой теплоты в окружающую среду. В общем случае это уравнение имеет вид:

$$dQ_1 = dQ_2 + dQ_3, \quad (1)$$

где dQ_1 – подводимая теплота, Дж; dQ_2 – теплота, пошедшая на изменение температуры гелия, Дж; dQ_3 – потери теплоты в окружающую среду, Дж.

Слагаемые уравнения (1) можно представить так:

$$dQ_1 = P dt,$$

где P – подводимая тепловая мощность, Вт; dt – интервал времени, с;

$$dQ_2 = mcdv,$$

где m – масса нагреваемого гелия, кг; c – теплоемкость гелия, Дж/кг·град; v – текущая температура гелия, град;

$$dQ_3 = kF(v - v_0)dt,$$

где k – коэффициент теплопередачи, Вт/м²град; F – поверхность теплопередачи (поверхность дирижабля, контактирующая в с окружающей средой; м²; v_0 – температура окружающей среды, град.

Тогда уравнение (1) может быть представлено в виде:

$$P dt = mcdv + kF(v - v_0)dt$$

(2)

Перенесем все члены уравнения (2) в левую часть:

$$P dt - mcdv - kF(v - v_0)dt = 0$$

(3)

Умножим все члены уравнения (3) на -1 :

$$-P dt + mcdv + kF(v - v_0)dt = 0$$

$$\text{или } mcdv - P dt + kF(v - v_0)dt = 0 \quad (4)$$

Поделим все члены уравнения (4) на kF :

$$\frac{mc}{kF} dv - \frac{P}{kF} dt + (v - v_0)dt = 0 \quad (5)$$

У второго и третьего членов уравнения (5) вынесем за скобки сомножитель dt :

$$\frac{mc}{kF} dv - \left[\frac{P}{kF} - (v - v_0) \right] dt = 0 \quad (6)$$

Разделим все члены на dt :

$$\frac{mc}{kF} \cdot \frac{dv}{dt} - \left[\frac{P}{kF} - (v - v_0) \right] = 0 \quad (7)$$

Обозначим постоянную времени: $\frac{mc}{kF} = T$

Тогда

$$T \cdot \frac{dv}{dt} - \left[\frac{P}{kF} - (v - v_0) \right] = 0 \text{ или}$$

$$T \cdot \frac{dv}{dt} - \frac{P}{kF} + v - v_0 = 0$$

(8)

Если обозначить сумму $v_0 + \frac{P}{kF}$ новым символом $v_{уст}$, то выражение (8)

можно записать в виде;

$$T \frac{dv}{dt} + v - v_{уст} = 0 \quad (9)$$

Символ $v_{уст}$ обозначает установившееся значение температуры гелия, достигаемое при прекращении изменения, то есть при выполнении условия $\frac{dv}{dt} = 0$.

Выражение (9) представляет собой дифференциальное уравнение первого порядка, решением которого является:

$$v = v_{нач} e^{-t/T} + v_{уст} (1 - e^{-t/T}), \quad (10)$$

где $v_{нач}$ – начальная температура гелия (температура в начале процесса нагрева, при $t = 0$). Граничные значения температуры теплоносителя могут быть записаны в виде двух условий:

1) $v = v_{нач}$ при $t = 0$; 2) $v = v_{уст}$ при $t \rightarrow \infty$

Из уравнения (10) легко получается выражение для определения продолжительности нагрева гелия до любой температуры v в диапазоне от v до $v_{уст}$:

$$t = T \ln \frac{v_{уст} - v_{нач}}{v_{уст} - v}, \quad (11)$$

Обозначив через $\theta_{нач} = v_{нач} - v_0$, $\theta = v - v_0$, $\theta_{уст} = v_{уст} - v_0$ начальное, текущее и установившееся превышение температуры гелия над температурой окружающей среды, уравнение (10) можно представить в виде:

$$\theta = \theta_{нач} e^{-t/T} + \theta_{уст} (1 - e^{-t/T}) \quad (12)$$

Постоянная времени T , входящая в уравнение (12), равна отношению теплоемкости гелия к его теплоотдающей способности и представляет собой время, в течение которого температура гелия достигла бы установившегося значения при адиабатическом нагреве, то есть без теплоотдачи в окружающую

среду. При этих условиях температура гелия изменялась бы по прямой, в чем нетрудно убедиться, подставив в выражение (2) значение $k = 0$. Нетрудно убедиться из выражения (12), что при $t = T$, $\theta = 0,632 \theta_{уст}$. Постоянная времени не зависит от мощности нагрева, а только от условий отвода теплоты.

Для математического описания процесса охлаждения гелия в естественных условиях (без использования холодильных аппаратов) в выражении (2) положим $P = 0$:

$$v = v_{уст} e^{-t/T} + v_0(1 - e^{-t/T}) \quad (13)$$

или

$$\theta = \theta_{уст} e^{-t/T} \quad (14)$$

Важной характеристикой процесса является скорость нагрева, которую можно получить, продифференцировав уравнение (10) по t :

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v_{уст} - v_{нач}}{T} e^{-t/T} = \frac{v - v_{нач}}{T} \cdot \frac{e^{-t/T}}{1 - e^{-t/T}} \quad (15)$$

Из выражения (15) видно, что при данной тепловой мощности, подводимой к гелию, скорость нагрева по мере возрастания его температуры снижается. При этом максимальная скорость нагрева будет соответствовать начальному моменту при $t=0$:

$$\left(\frac{dv}{dt}\right)_{t=0} = \frac{v_{уст} - v_{нач}}{T} \quad (16)$$

Исходными данными для расчета энергетических показателей изменения температуры гелия являются: его масса m , теплофизические параметры, продолжительность теплового воздействия t или ее скорость $\frac{dv}{dt}$, начальная v_1 и конечная v_2 температуры, а также температура окружающей среды v_0 .

При заданной скорости нагрева требуемую мощность найдем из выражения (2), поделив все его члены на dt :

$$P = \frac{mcdv}{dt} + kF(v - v_0) \quad (17)$$

Задачу возможно поставить и обратным образом – по известной мощности найти скорость или продолжительность нагрева.

Первое слагаемое в правой части уравнения (17) представляет собой полезную мощность, а второе – потери. Полезная мощность пропорциональна скорости, а потери – температуре нагрева.

Выражение для полезной мощности получим из формулы (17) и из условия, что нагрев происходит без потерь. При этом, согласно, формуле (16), скорость нагрева будет постоянной и равной скорости нагрева в начальный момент времени при $t = 0$:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v_{уст} - v_{нач}}{T} = \frac{v - v_{нач}}{t} \quad (18)$$

Тогда полезная мощность

$$P_{пол} = mc \frac{v - v_н}{t} \quad (19)$$

Расчетная мощность, требуемая для нагрева гелия, будет определяться суммой:

$$P = mc \frac{v - v_н}{t} + kF(v - v_0). \quad (20)$$

При рассмотрении дирижабля с оболочкой из поливинилхлорида толщиной 0,003 м и коэффициентом теплоотдачи на средах «гелий-оболочка» и «оболочка-воздух $10 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$, коэффициент теплопередачи можно считать равным $4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$. Традиционная сигарообразная форма дирижабля может рассматриваться как «вытянутый шар» или эллиптический сфероид. Принимая во внимание объем гелия 20 м^3 поверхность дирижабля с небольшой погрешностью можно принять равной $35,4 \text{ м}^2$. Тогда при подстановке в выражение (20) численных значений $t = 3,4 \text{ кг}, c = 5,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}, v = 50^\circ\text{C}, v_n = 10^\circ\text{C}, t = 300 \text{ с}, k = 4,5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}, F = 35,4 \text{ м}^2, v_0 = 10^\circ\text{C}$ получим $P = 2357 \text{ Вт}$. Такая тепловая мощность вполне может быть сообщена гелию в рабочей камере дирижабля посредством использования электрической энергии, запасенной в современных портативных химических аккумуляторах.

Библиографический список

1. Белов, Д.В. Математическое описание движения микродирижаблей сельскохозяйственного назначения / Д.В. Белов // Сборник студенческих научных работ РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, выпуск 26 / М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2019. – С. 65...67.
2. Андреев, С.А. Вертикальное маневрирование микродирижаблей сельскохозяйственного назначения / С.А. Андреев, Д.В. Белов // Сборник статей XVII Международной научно-практической конференции, 07.11.19. Пенза, МЦНС Наука и Просвещение. – 2019. – С.72...75.
3. Щербаков, Ю.В. Теория полета дирижаблей / Ю.В. Щербаков // М.: Издательство ЛКИ, 2019. – 89 с.

УДК 631.22:628.8

УСТАНОВКА ОБОГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ И ВНЕПИКОВОЙ ЭНЕРГИИ

Растимешин Сергей Андреевич, профессор кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Трунов Станислав Семенович, главный специалист, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Дудин Степан Николаевич, аспирант, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация: Система обогрева и охлаждения воздуха в животноводческом помещении включает в себя два теплообменника, один из которых установлен в животноводческом помещении и используется для нагрева или охлаждения воздуха в помещении, а другой зарыт в землю и используется только для охлаждения теплоносителя. Электроводонагреватель используется для нагрева теплоносителя, с последующим нагревом от него воздуха в помещении.

Ключевые слова: животноводческие объекты, энергосбережение,

геотермальная энергия, поверхностные теплообменники, теплообменник-зонд, тепловой баланс.

Важным условием получения высокой продуктивности животных является борьба с перегревом помещений, в которых находятся животные. Это связано с тем, что с помощью отопительно-вентиляционных систем, построенных на принципе обеспечения ассимиляции вредностей, в том числе и избытков тепла, только за счёт вентиляции помещения не представляется возможным соблюдать оптимальный температурный режим.

Применение промышленных кондиционеров, оснащенных компрессорами и теплообменниками, позволяет решать проблему охлаждения воздуха в животноводческих помещениях. Однако они сложны, требуют высоких капитальных и эксплуатационных затрат и как показывают технико-экономические расчеты, их использование экономически не целесообразно. В этой связи наибольшее распространение в помещениях для содержания животных получили установки, основанные на способе испарительного охлаждения воздуха [1].

Однако опыт эксплуатации в производственных условиях показал, что они обеспечивают снижение температуры воздуха на 6-8 °С, что недостаточно для южных районов с жарким климатом, где требуется глубина охлаждения на 10-15 °С.

Анализ исследований отечественных и зарубежных авторов и предварительные собственные исследования свидетельствуют о перспективности применения геотермальных систем микроклимата, работающих на принципе использования относительного постоянства температуры толщи земли, и за счет этого охлаждать воздух летом и нагревать его зимой, что обеспечивает значительное снижение энергозатрат энергии для обеспечения нормативного температурного режима в помещениях.

Предварительные технико-экономические исследования показывают, что применение геотермальных систем экономически целесообразно в животноводческих помещениях в сравнении с системами испарительного охлаждения воздуха. Использование теплоты (холода) земли способствует снижению эксплуатационных издержек на создание теплового режима охлаждения воздуха летом (на 20-40%) [2].

Анализ энергетических характеристик животноводческого объекта на примере коровника, представленный в [3] показывает на необходимость охлаждения помещения длительный период года не только в теплое время года, но и в переходное (весна, осень).

Для охлаждения воздуха в животноводческих помещениях, наряду с традиционными системами кондиционирования воздуха, в животноводческих помещениях эффективны системы косвенного охлаждения с использованием поверхностных воздухоохладителей, питаемых грунтовой водой. При таком способе охлаждения, явное тепло от воздуха, который необходимо охладить передается воде через стенки трубок поверхностного теплообменника [1].

Охладители воздуха поверхностного типа обладают рядом преимуществ перед традиционными оросительными системами охлаждения воздуха.

Это сухое, без предварительного увлажнения, охлаждение воздуха до любого значения температуры воздуха выше точки росы, применение охлаждения с температурой замерзания, упрощение схемы хладоснабжения, возможность использования в зимний период воздухоохладителей в качестве секций подогрева воздуха (калориферов). Для обеспечения холодом эффективно использовать как холод толщи земли, так и грунтовые воды (геотермальные).

В отличие от обычных систем охлаждения, геотермальные системы не используют ископаемое топливо, чтобы совершить работу эти системы используют энергию земли. Электроэнергия используется только для работы вентилятора и циркуляционного насоса.

На основании проведенных исследований нами разработана установка обогрева и охлаждения помещений, обеспечивающая нормативные параметры воздушной среды при одновременном снижении эксплуатационных затрат на энергоносители (рис.).

В режиме обогрева помещения теплообменник, установленный в помещении с помощью трубопроводов соединен с центробежным насосом, трехходовым клапаном, находящимся в положение отопления, входной трубой ёмкостного электроводонагревателя, а выходная труба электроводонагревателя соединена с обратным клапаном через тройник с регулятором температуры и затем с теплообменником.

В режиме охлаждения помещения трехходовой клапан находится в положении охлаждения и соединен с входной трубой зонда, помещённого в обсадную трубу, зарытую в землю, а выходная труба зонда через тройник и терморегулятор соединена с теплообменником. Управление системой осуществляется контролером.

Работает система обогрева и охлаждения помещения следующим образом.

В режиме обогрева помещения, нагретый в электроводонагревателе теплоноситель с помощью центробежного насоса 4 проходит через обратный клапан 7, тройник 8 и терморегулятор 9 попадает в теплообменник 2, где отдаёт тепловую энергию воздуху помещения, нагнетаемого электровентилятором .

Обратный тракт теплоноситель проходит через центробежный насос 4, трехходовой клапан 6, установленный в положение «обогрев» и снова в электроводонагреватель. Потребление электроэнергии водонагревателем осуществляется в то время, когда действует льготный тариф, определяемый электроснабжающей компанией.

Количество нагретого теплоносителя регулируется автоматически с помощью терморегулятора от датчика температуры, установленного в помещении.

Режим работы, т.е. «обогрев» или «охлаждение» устанавливает контроллер 12, в зависимости от температуры в помещении. Так, если температура воздуха в помещении меньше $+10^{\circ}\text{C}$, контроллер с помощью трёхходового клапана

устанавливается режим отопления помещения, а поддерживается температура на заданном уровне терморегулятором.

Если температура воздуха в помещении больше $+20^{\circ}\text{C}$ трехходовой клапан переключается в режим охлаждения.

В этом режиме, нагретый в теплообменнике теплоноситель, движение которого осуществляет центробежный насос, с помощью трехходового клапана направляется к зонду 10, представляющего собой петлю из пластиковой трубы. В зонде теплоноситель за счёт геотермальной энергии остывает и на выходе достигает температуры грунта. Охлаждённый теплоноситель через тройник, терморегулятор попадает в теплообменник, где охлаждает проходящий через него воздух помещения.

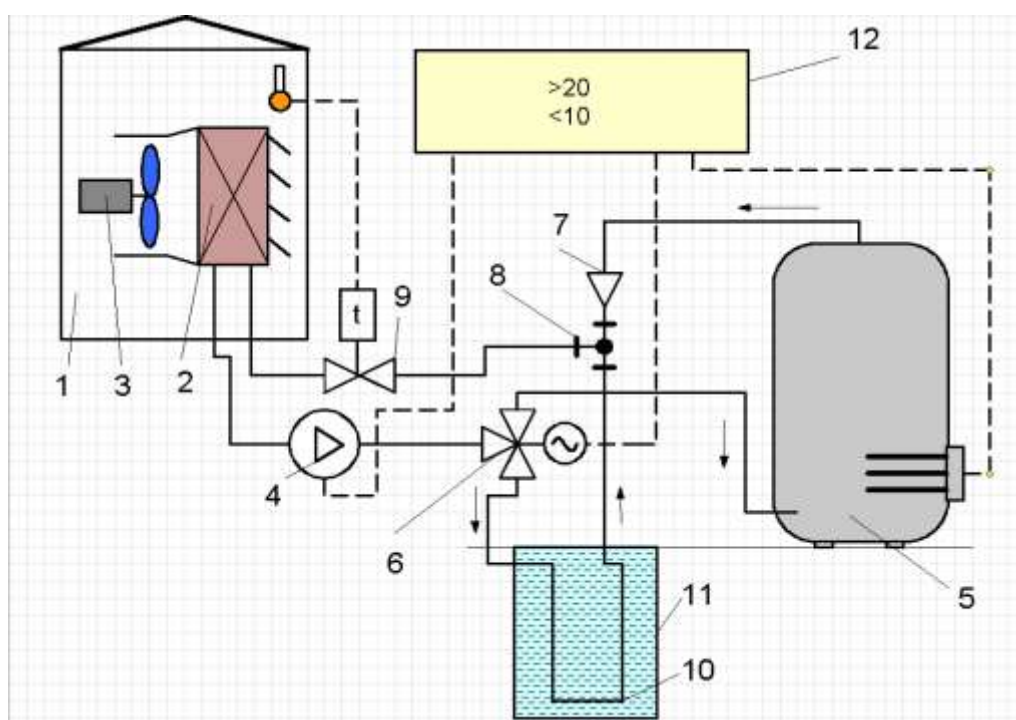


Рисунок 1 – Система обогрева и охлаждения коровника:

1 – помещение; 2 – теплообменник; 3 – вентилятор; 4 – циркуляционный насос; 5 – ёмкостной электроводонагреватель; 6 – трехходовой клапан с электроприводом; 7 – обратный клапан; 8 – тройник; 9 – регулятор температуры; 10 – зонд; 11 – скважина; 12 – микроконтроллер

Разработана энергосберегающая установка для обогрева и охлаждения воздуха, использующая энергию толщи земли и внепиковую электроэнергию. Такое сочетание, при широком использовании таких установок, позволит существенно сократить расход энергии и денежные средства на создание, и поддержание микроклимата в животноводческих помещениях.

Библиографический список

1. Растимешин, С.А. Энергосберегающие системы и технические средства отопления и вентиляции животноводческих помещений / С.А. Растимешин, С.С. Трунов. - М.: ФГБНУ ВИЭСХ, ООО «САМ Полиграфист», 2016. - 180 с., илл.
2. Трунов, С.С. Энергосберегающая геотермальная установка охлаждения воздуха в животноводческом помещении / С.С. Трунов, С.А. Растимешин // Вестник ВИЭСХ. 2017. №1 (26). С.32.
3. Растимешин С.А., Трунов С.С. Формирование тепловлажностного режима коровника / С.А. Растимешин, С.С. Трунов. Вестник НГИЭИ - Вып, № 8 (63)-2016 г., С.124-129.
4. Тихомиров, Д.А. Энергосберегающие электрические средства и системы теплообеспечения основных технологических процессов в животноводстве / Д.А. Тихомиров // Вестник НГИЭИ. 2016. № 8 (63). С.129-138.

УДК 631.348.8+58.08:621.3.06+621.317.3:621.3-1/-8

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Ляпин Виктор Григорьевич, доцент кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Болотов Денис Сергеевич, преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и электротехнологий, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Аннотация: Рассмотрено пространственное расположение наземной части и корневой системы как один из факторов, определяющих степень влияния электромагнитного поля на растительные объекты, в частности, степень повреждения. Приведены топологии структурных групп растительного объекта в электромагнитном поле межэлектродного промежутка мобильной установки при электротехнологическом воздействии.

Ключевые слова: электромагнитное поле, электрическое повреждение, электроды, растительные объекты, пространственная структура.

Для систематизации знаний в электрофизиологии и электротехнологиях необходимы сведения по современным представлениям о физико-химических механизмах действия электромагнитных полей (ЭМП) на субклеточном, клеточном и тканевом уровнях растительных объектов (РО), в т.ч. механизмах электромагнитной гибели клеток и их репарации после повреждения, в основу которых должны быть положены фундаментальные исследования. Для РО как объекта исследования (живой системы, характеризующейся сложными внутренними электрофизическими процессами) целесообразно использовать математическое и физическое моделирование, позволяющее сократить объем

трудоемкого, длительного и дорогостоящего эксперимента. При этом необходимо использовать универсальные, отработанные для других объектов, методы моделирования, корректно учитывая специфические особенности РО, и комплексный подход в исследованиях для выявления взаимосвязей в изменении электрофизических свойств, состава и структуры РО обоснованными методами и способами решения поставленных задач.

ЭМП электротехнических устройств и систем воздействует как на структуру, так и на функционирование РО на всех уровнях организации (субклеточном, клеточном, тканевом, уровне органов, организмов и т.д.). Оценка эффектов требует применения методов из различных дисциплин (физиологии, биохимии, биофизики, электротехники и др.). Каждый структурный элемент РО на любом уровне организации занимает определенное пространство, которое разделяется между элементами в зависимости от их биологических особенностей и приводит к формированию пространственной структуры (топологии) – закономерному расположению в биопространстве в вертикальном и горизонтальном направлениях. Соответственно, топология наземной части и корневой системы является одним из факторов, определяющих степень влияния ЭМП на РО, в нашем случае, степень электрического повреждения структурных элементов РО при электротехнологическом воздействии [1-3].

При разработке электротехнологии электрического повреждения растительных объектов (ЭПРО) необходима информация о распределении ЭМП в системе среда (почвенная или воздушная) – РО. Анализу электрического поля (ЭП) в этой системе, а также особенностям рассматриваемого технологического процесса ЭПРО посвящено большое число работ, в т.ч. [1-4]. Эффективным средством исследования ЭП является построение линий уровня. Картины эквипотенциальных линий ЭП в системе среда – РО были получены в ряде наших работ для синусоидального тока, в т.ч. [5].

Комплексные сопротивления Z (импедансы) и проводимости Y (иммитансы) – параметры биотехнических систем при ЭПРО электротехнологическими установками (ЭТУ) определяются множеством факторов, таких как характеристики ЭМП, топология (геометрические характеристики) и физические свойства РО, электродных систем (ЭС), включая контуры тока через почву. Это определяет необходимость детального анализа взаимосвязи между характеристиками РО и параметрами эквивалентных схем замещения нагрузок электропитающих устройств и систем ЭТУ. Актуальность задачи обусловлена нарастающим интересом исследователей к идентификации фактических параметров схем замещения биотехнических систем и РО с использованием технологии векторных измерений.

В модели системы среда – РО клеточная мембрана моделируется оболочкой, внутри которой находится цитоплазма, а снаружи – внешняя среда. Элементы модели системы среда-клетка являются неидеальными диэлектриками с постоянными электрофизическими характеристиками: ρ_k или γ_k (удельным сопротивлением или электропроводностью) и ϵ_k (диэлектрической

проницаемостью). Вектор напряжённости внешнего ЭП $\vec{E}_{вн}$ ЭС ориентирован в направлении оси y . Рассматриваемая модель клетки РО показана на рис. 1.

Моделирование топологии наземной части и корневой системы РО в ЭМП – задача сложная. Существуют исследования, в которых предприняты попытки описания пространственного расположения корневой системы РО. Для корневой системы ее можно представить характеристикой расположения структурных групп корней в их горизонтальной и вертикальной ориентации в почвенном пространстве, а для наземной части, соответственно, в воздушной среде. На рис. 1, 2 и в таблице приведены топологии структурных групп РО в ЭМП межэлектродного промежутка (МЭП) мобильной ЭТУ. Используемый в наших работах, в т.ч. [5] алгоритм построения силовых линий ЭП для клетки, участка корня в верхнем слое почвы, тканей стебля в воздушной среде и оценки степени повреждения РО показал достаточную эффективность. Особый интерес для электротехнологий составляет возможность исследования панорамы проводимости и диэлектрической проницаемости почвы, РО и электродов, а также процессов накопления и релаксации заряда в них под действием внешних факторов в пределах всего объекта или на определенной траектории.

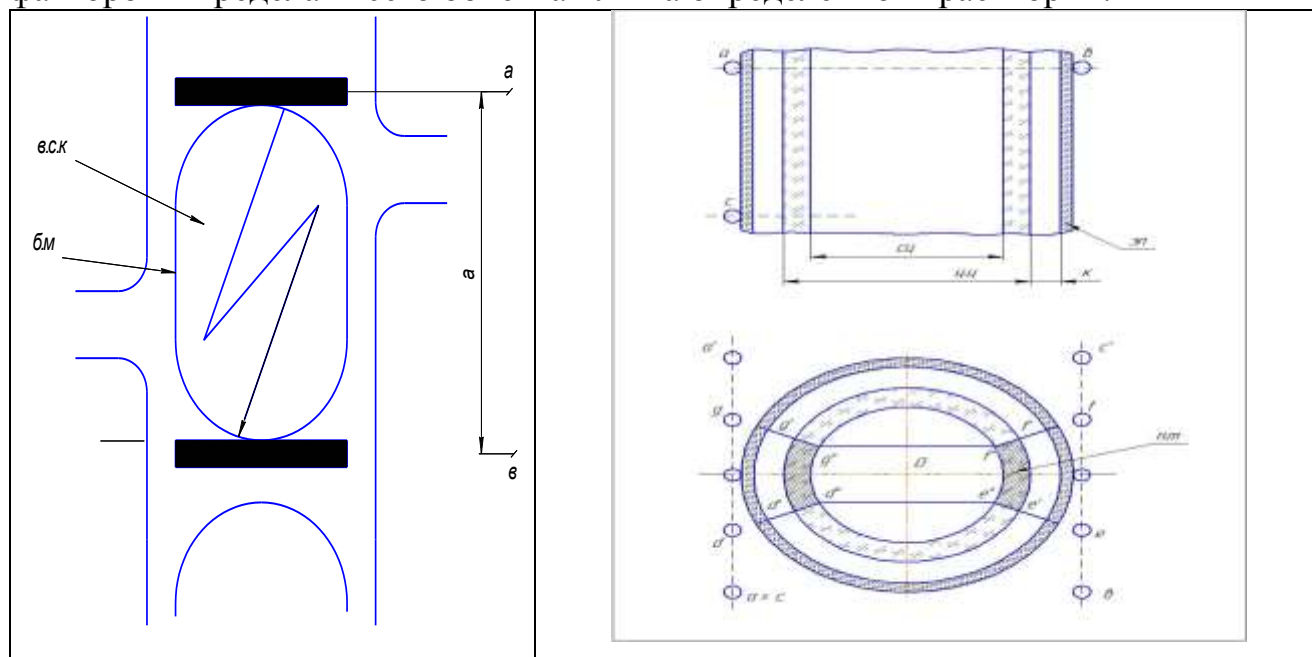


Рисунок 1 –

К вопросу моделирования сквозного электрического пробоя клетки:

в.с.к – внутреннее содержимое клетки;
б.м – биологическая мембрана; **—** – электрод

Топология тканей корня (стебля) РО в ЭМП МЭП мобильной ЭТУ (вверху - продольный разрез, внизу – поперечный):

с.ц – сердцевина; *ц.ц* – центральный цилиндр; *к* – кора; *эл* – эпидермис; *п.т* – проводящие ткани; *Оа...q* – местоположение электрода при электротехнологическом воздействии; *Г* – силовые линии ЭП

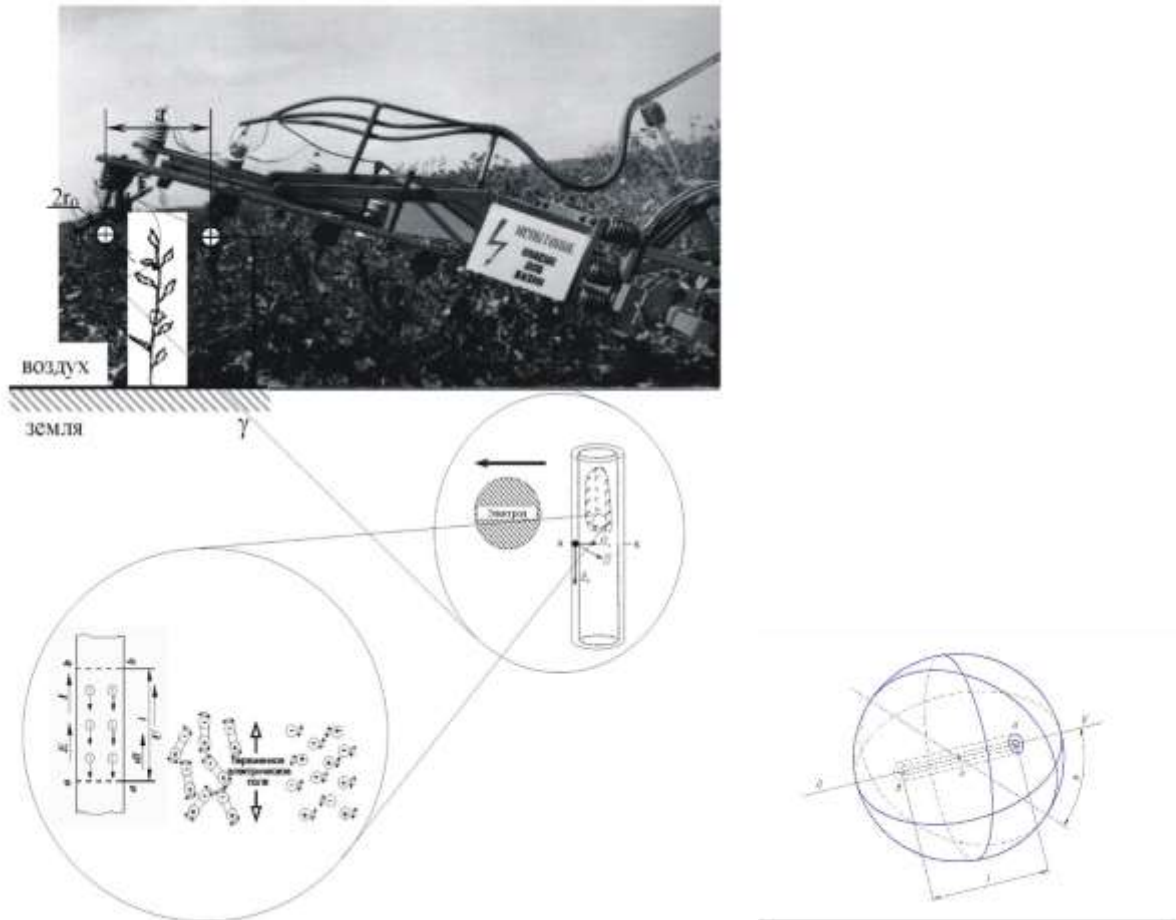
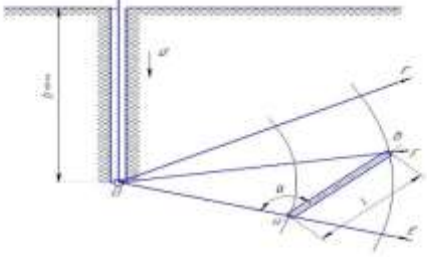
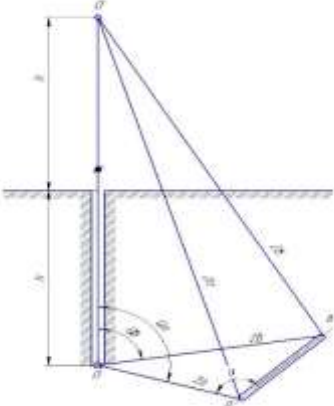
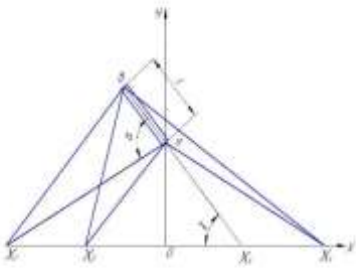
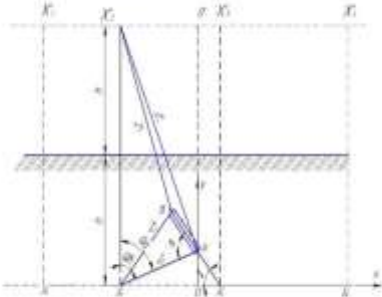
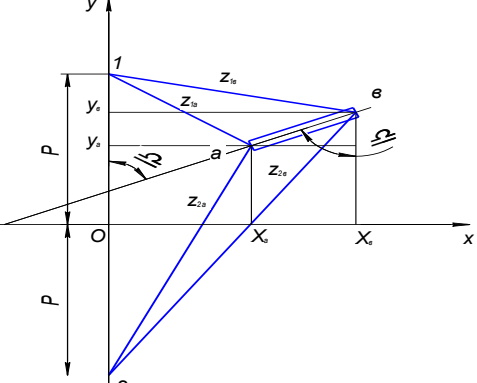
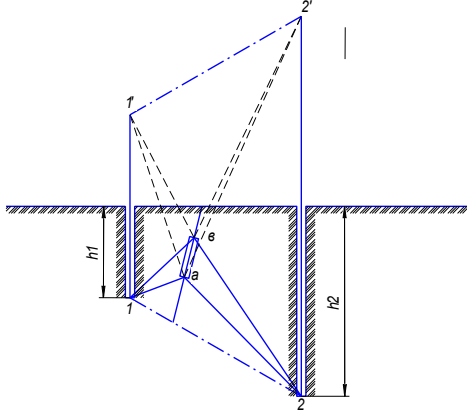


Рисунок 2 – Топология ЭС ЭТУ и РО при электротехнологическом воздействии (справа – к топологии элементарного объема почвы ΔV с участком корня ab длиной l в ЭМП) Топологии структурных групп РО в ЭМП МЭП мобильной ЭТУ

Задача исследования	Топология РО и ЭС ЭТУ
<p>К решению задачи ЭПРО горизонтальных и вертикальных корней в элементарном объеме сферы (слева) и слоя почвы (справа)</p>	

<p>Силовые линии и эквипотенциальные поверхности ЭП, созданного точечным электродом O (слева) и его зеркальное изображение (справа): av – участок корня длиной l</p>		
<p>Точечный электрод X при перемещении в толще почвы (слева) и его зеркальное изображение (справа): av – участок корня длиной l, направление перемещения указано стрелкой x</p>		
<p>Участок стебля (слева) и корня (справа) в ЭМП двух точечных электродов 1-2 (av – участок корня длиной l, направление перемещения указано стрелкой x)</p>		

Следующим этапом работы является разработка аппаратуры для панорамного преобразования обозначенных параметров в электрический сигнал и применение соответствующих алгоритмов в документировании информации. Диапазон аналитических и экспериментальных исследований – определение проводимости, диэлектрической проницаемости, рельефа поверхности и их изменения, амплитуд и частот ЭМП, исследования пространственного распределения этих параметров в почве, РО и ЭС. Вышеприведенные топологии представляют важность для развития теоретических подходов, позволяющих описание параметров ЭМП в биологических, почвенных, воздушных, конструкционных средах. Это позволит развить теоретические представления об

ЭТУ и ЭПРО и их практическое применение, дополнить базу данных по схемам и свойствам РО и ЭС, формализовать методы синтеза отдельных структур ЭТУ.

Библиографический список

1. Топорков, В.Н. Электроимпульсная установка для борьбы с сорняками / В.Н. Топорков, В.А. Королев. - М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2017. - 132 с.
2. Ляпин, В.Г. Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью / В.Г. Ляпин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – 2-е изд. перераб. и доп. - Новосибирск, 2012. – 366 с.
3. Юдаев, И.В. Электроимпульсный пропольщик: обоснование проектного конструкторского решения: монография / Ю.В. Юдаев. - Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 224 с.
4. Ляпин, В.Г. Характерные недостатки разработки мобильных электротехнологических установок и закономерности их развития / В.Г. Ляпин // Труды ГОСНИТИ. Том 120. – М., 2015. – С. 79-83.
5. Болотов, Д.С. Моделирование влияния диэлектрических пластин на электрическое поле рабочих органов электротехнологического культиватора / Д.С. Болотов, В.Г. Ляпин // Инновации в сельском хозяйстве, 2018, №2. – С. 312-318.

УДК 631.348.8+58.08:621.3.06+621.317.3:621.3-1/-8

ЭЛЕКТРОДЫ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК АКТИВНО-ЕМКОСТНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ

Ляпин Виктор Григорьевич, доцент кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Самохвалов Максим Владимирович, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и электротехнологий, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет»

Аннотация. Рассмотрено аналитическое, численное и экспериментальное обеспечение исследований электрических параметров электродных систем, растительных и почвенных объектов при электротехнологическом воздействии. В работе приведены электроды, приспособления и устройства для мобильных электротехнологических установок и измерительных систем, позволяющие определять электрические параметры растительных тканей и почвы при электротехнологическом повреждении растительности. Приведены методики аналитических, численных и экспериментальных исследований электрических параметров электродов, растительных объектов и почвы для использования студентами, курсантами, магистрантами и аспирантами.

Ключевые слова: электротехнологические установки, электрическое повреждение, электроды, растительные и почвенные объекты, напряжение, ток, сопротивление.

Точное земледелие и его "цифровизация" невозможны без адекватной комплексной оценки жизнедеятельности растительных объектов (РО). Несмотря на практическую и научную значимость, проблема диагностики РО, соответственно, и структурных элементов диагностического устройства, разработана недостаточно и требует новых решений. Специфика оценки функционального состояния РО заключается в том, что они представляют открытые динамические системы со способностью к онтогенезу (индивидуальному развитию) и гомеостазу (поддержанию постоянства параметров и функций при изменении условий внешней среды). Ответные реакции РО могут иметь различные проявления, которые зависят от фазы развития, условий обитания, вида раздражителя и его интенсивности. Из этого вытекает необходимость многопараметричности измерений ответной реакции РО в сочетании с высокой скоростью и минимальным влиянием на исследуемый объект. Существующие методические подходы в диагностике РО позволяют регистрировать отдельные биологические показатели: биохимические, физиологические, морфологические и т.п. Полную информацию о жизнедеятельности РО представляет анализ их структурно-функционального состояния, включающий оценку микроструктурной организации ткани, фотосинтетических процессов и метаболической активности. Для этого используют разнообразные способы и устройства (что делает измерения длительными, трудоёмкими, дорогостоящими и разрушающими РО), а в качестве информационных сигналов – колебания электрического потенциала (между зонами на ткани) и сопротивления (измеренные в режиме заданного переменного электрического тока, протекающего через РО).

Большое внимание в последние годы уделено методике и результатам аналитических, численных и экспериментальных исследований структурно-функциональных изменений РО при их повреждении (в нашем случае, электрическом) в лабораторных условиях, вегетационных домиках, вегетационно-климатических камерах, на опытных полях, а также полевых опытов и производственных испытаний разрабатываемых электротехнологических установок (ЭТУ) в учебных и опытных хозяйствах вузов и НИИ, производственных условиях предприятий [1-4]. Рабочим органом ЭТУ для электрического повреждения нежелательных РО является электродная система (ЭС). Электротехнологический процесс (ЭТП) и определение электрических параметров ЭС, РО и почвы, степени повреждения структурных элементов РО осуществляется при действии на почву и растительные ткани технологического напряжения u_t (на рис. 1 приведен вариант электродов-трубок с индуктором соленоидом). Для реализации измерителя напряжения на поверхности почвы (например, шагового $u_{ш}$) разработаны устройства измерительной системы, представленные на рис. 2. Для определения электрических параметров РО

предлагается электрод с обхватывающими ткани стебля или корня токоподводами. ЭС в виде электрода-трубки и индуктора-соленоида может выполнять функции токоподвода u_t и измерительного электрода электрических параметров почвы и РО, так как технологический ток i_t может измеряться с помощью шунта с поверхности коаксиального электрода. Эти и подобные [5] приспособления и устройства позволят обеспечить заданную точность измерений, сократить вспомогательное время, увеличить производительность при исследованиях, испытаниях и проектировании, могут использоваться для правильного расположения, надежного и быстрого закрепления деталей и средств измерений, решают вопросы, связанные с совершенствованием ЭС с точки зрения удобства работы оператора, повышения производительности труда и эффективности ЭТП.

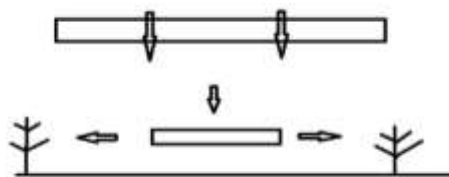


Рисунок 1 – Электроды-токоподводы u_t (□), копирующие поверхность почвы (стрелками показаны направления движения электрода при копировании ↓ и токоподводе ←□→ к РО)

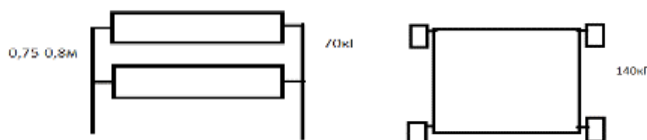


Рисунок 2 – Копирующие поверхность почвы электроды в виде катков (слева) и колес (справа): при измерении $u_{ш}$ расстояние между электродами 0,75-0,8 м, масса по 35 кг

Для описания ЭТП ЭС с электродом-трубкой, индуктором-соленоидом и шунтом, РО и весь межэлектродный промежуток (МЭП) можно представить как электромеханические устройства с сопротивлением R , емкостью C , индуктивностью L и напряжением u_t . Полагая, что ЭТП сопровождается электрическими разрядами в ЭС и сопротивление разряда в газах постоянно, тлеющие, искровые и дуговые разряды можно представить проводящей перемычкой. Дополнительную обработку напряжений u_t , $u_{ш}$ и тока i_t можно проводить процессорами с визуализацией ЭТП в кабине оператора. В [1-5] и данной работе приведены приспособления, устройства и сведения по исследованию электрических свойств ЭС, РО и почвы без должной характеристики электрической и магнитной индукции – величин, характеризующих ЭМП.

В прикладном значении для ЭС, РО и почвы используются следующие параметры из электрических характеристик вещества (γ , ρ , ϵ , μ , δ или $tg\epsilon$): электрическая проводимость γ , диэлектрическая проницаемость ϵ , диэлектрические потери δ или $tg\epsilon$, электрическая прочность E , а под электрическими свойствами ЭС, РО понимают совокупность параметров, характеризующих поведение конструкционных и биоматериалов в

электрической составляющей ЭМП. Пассивные электрические свойства ЭС, РО и почвы характеризуются полным сопротивлением (импедансом) \underline{Z} или комплексной проводимостью (иммитансом) \underline{Y} . Величина иммитанса определяется емкостной $+jB$ и активной G проводимостью с соответствующей индуктивностью ЭС, тканей РО и почвы. В РО активная составляющая электропроводности на низких частотах обусловлена в основном количеством и электролитным составом межклеточной жидкости, а на высоких частотах дополнительный вклад в нее вносит электропроводность клеток. Резистивное сопротивление клетки включено последовательно с емкостью клеточной мембраны, поэтому наблюдается явление частотной дисперсии электропроводности РО, соответственно, и ЭС с МЭП.

Обладая диэлектрическими свойствами и малой толщиной [6], клеточные (бислоиные липидные) мембраны характеризуются высокой удельной емкостью. Большая емкость мембран, следовательно, и емкостные свойства РО обусловлены поляризационной способностью мембран, зависящей от ее относительной диэлектрической проницаемости. В области низких частот импеданс РО определяется в основном их резистивными свойствами (проводящие ткани), средних – и резистивными и емкостными свойствами (паренхиматозные ткани), высоких – емкостным характером (мембраны, липиды). На высоких частотах выключаются механизмы поляризации с замедлением времени релаксации, поэтому с повышением частоты емкость РО должна уменьшаться, как и при повышении диэлектрической проницаемости. Замедленные механизмы поляризации в этой области частот могут приводить к значительным диэлектрическим потерям в тканях – нагреванию. Это является доказательством представления живого РО, в т.ч. и клетки в виде контура RC , причем C (мембрана) определяется свободно радикальными реакциями и системой антиоксидантной защиты, а R – ферментативным окислением.

Известно, что вектор электрической индукции D , называемый электрическим смещением, является суммой двух векторов различной природы: напряженности электрического поля E и поляризации P . Последний определяет электрическое состояние вещества, в нашем случае РО и почвы в этом поле. В системе Гаусса $D=E+4\pi P$ (4π – постоянный коэффициент), в системе СИ $D=\varepsilon_0 E+P$ (ε_0 – электрическая постоянная, или диэлектрическая проницаемость вакуума). Вектор P представляет собой электрический дипольный момент единицы объема ткани и почвы в поле E , т.е. сумму электрических дипольных моментов p_i отдельных молекул внутри малого объема ΔV , деленную на величину этого объема $P=\Sigma p_i/\Delta V$.

В изотропном веществе, не обладающем сегнетоэлектрическими свойствами, при слабых ЭМП вектор P прямо пропорционален E . В системе Гаусса $P=\chi_e E$, где χ_e – безразмерная величина, называемая коэффициентом поляризации или диэлектрической восприимчивостью, характеризует электрические свойства РО и почвы. Подставляя последнее выражение в $D=E+4\pi P$, получают $D=(1+4\pi\chi_e)E=\varepsilon E$. Величина $\varepsilon=1+4\pi\chi_e$ также

характеризующая электрические свойства, называется диэлектрической проницаемостью. В системе СИ $P = \chi_e \varepsilon_0 E$ и, соответственно, $D = \varepsilon_0 \varepsilon E$, $\varepsilon = 1 + \chi_e$.

Вектор напряженности магнитного поля H является разностью двух векторов различной природы: магнитной индукции B и намагнитченности I . Вектор B представляет собой среднее значение суммарной напряженности микроскопических магнитных полей, созданных отдельными электронами и другими элементарными частицами. В системе Гаусса $H = B - 4\pi I$ или $B = H + 4\pi I$. В нашем случае намагнитченность представляет собой магнитный момент единицы объема и характеризует магнитное состояние РО и почвы. В изотропной среде при слабых полях намагнитченность прямо пропорциональна H , к примеру, $I = \chi_m H$, где χ_m – магнитная восприимчивость, характеризующая магнитные свойства РО. Подставляя $I = \chi_m H$ в $B = H + 4\pi I$, получают $B = (1 + 4\pi\chi_m)H = \mu H$. Величина $\mu = 1 + 4\pi\chi_m$ также характеризующая магнитные свойства РО, называется магнитной проницаемостью. В системе СИ $B = \mu_0 H + I$, $I = \mu_0 \chi_m H$, $B = \mu_0 \mu H$, $\mu = 1 + \chi_m$ (μ_0 – магнитная постоянная, или магнитная проницаемость вакуума).

При определении электрических параметров ЭС, РО и почвы, анализе работы и проектировании электротехнических и электронных систем ЭТУ необходимо знать обобщенные параметры отдельных устройств или фрагментов сложных систем относительно каких-либо двух выводов (полюсов). В этих случаях устройство или фрагмент с двумя выделенными выводами (полюсами) представляют двухполюсником. Пассивный двухполюсник не содержит источников энергии и в цепях синусоидального тока ЭТУ полностью характеризуется своим комплексным входным сопротивлением Z_{BX} или входной проводимостью Y_{BX} .

$$Z_{BX} = \frac{U_{BX}}{I_{BX}} = R + jX; \quad Y_{BX} = \frac{1}{Z_{BX}} = \frac{I_{BX}}{U_{BX}} = G - jB.$$

Любой пассивный двухполюсник может быть представлен эквивалентной схемой из двух элементов – активного и реактивного, соединенных последовательно или параллельно. Для схем двухполюсника с элементами RL комплексное входное сопротивление

$$Z_{BX} = R_{BX} + j\omega L = Z_{BX} e^{j\varphi}, \quad \text{где } Z_{BX} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{R^2 + X_L^2}, \quad \varphi = \arctg \frac{X_L}{R}.$$

Комплексная входная проводимость этого же двухполюсника

$$Y_{BX} = \frac{1}{Z_{BX}} = \frac{1}{Z_{BX} e^{j\varphi}} = Y_{BX} e^{-j\varphi} = Y_{BX} \cos(-\varphi) + jY_{BX} \sin(-\varphi) = G - jB_L.$$

Для схем двухполюсника с элементами RC

$$Z_{BX} = R - jX_C = Z_{BX} e^{j\varphi}, \quad \text{где } Z_{BX} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{R^2 + X_C^2}, \quad \varphi = \arctg \frac{-X_C}{R};$$

$$Y_{BX} = \frac{1}{Z_{BX}} = \frac{1}{Z_{BX} e^{j\varphi}} = Y_{BX} e^{-j\varphi} = Y_{BX} \cos\varphi + jY_{BX} \sin\varphi = G + jB_C,$$

где $G = Y \cos\varphi$, $B_C = Y \sin\varphi$, $Y = \sqrt{G^2 + B_C^2}$.

Проводимости G , B и сопротивления R , X связаны соотношениями:

$$G = \frac{R}{R^2 + X^2}, B = \frac{X}{R^2 + X^2}; R = \frac{G}{G^2 + B^2}, X = \frac{B}{G^2 + B^2}.$$

В учебно-исследовательской практике студентов, курсантов, магистрантов и аспирантов экспериментальные работы по исследованию параметров ЭС, РО и почвы выполняются на учебных лабораторных установках и сопровождаются численными исследованиями путём математического моделирования с использованием различных программ, включая ElectronicsWorkbench (EWB). Содержанием учебно-методических пособий предусмотрено проведение исследований наиболее важных процессов в электрических цепях на основе теоретических расчетов и экспериментов с использованием компьютерных технологий. РГАУ, НГАУ, АГЗ МЧС России и др. вузы располагают учебными лабораторными установками и прикладными программами для исследований параметров ЭС, РО и почвы. При численном моделировании в пакете EWB:

измерительная схема включает двухлучевой осциллограф, ваттметр, вольтметр, амперметр, двухполосник;

исследование ЭС, РО и почвы проводится по методике, приведенной в таблице, с внесением результатов измерений в журнал опытов;

построение частотной характеристики $Z_{ВХ}(f)$ и векторных диаграмм схем замещения двухполосника проводится в журнале опытов.

Методика исследования ЭС, РО и почвы при численном моделировании в пакете EWB

№п.п	Последовательность проведения исследования
1	"Собрать" схему исследований РО и почвы как двухполосника (рис. 9)
2	Выбрать тип двухполосника в соответствии с объектом исследования. Для этого двойным нажатием клавиши «мышь» на изображении окна «Sub» открыть окно его элементов. В окне выбрать тип двухполосника $2PLN$, где N номер варианта объекта исследования. Вместо двухполосника в качестве РО можно ввести элементы RC
3	Выбрать частоту источника $f=F$ (F - заданная частота двухполосника $2PLN$). Действующее значение E источника установить на уровне тест-сигнала 0,5 В
4	Сопротивление амперметра (типа «AC») выбрать равным 1 МОм. Сопротивление вольтметра (типа «AC») выбрать равным 1 МОм. Осциллограф установить в режим DC и «Авто»
5	Включить схему и измерить напряжение, ток и активную мощность двухполосника на заданной частоте $f=F$. Результаты измерений записать в таблицу журнала опытов
6	Получить на экране осциллографа изображение синусоидального тока и напряжения, определить угол сдвига фаз φ путем измерения временного интервала Δt при помощи электронно-лучевого осциллографа между нулевыми значениями напряжения и тока. Интервал времени Δt целесообразно измерять с использованием визирных линий, расположенных слева и справа экрана осциллографа. При этом красную визирную линию следует установить в начале синусоиды напряжения, а синюю в начале синусоиды тока. Угол φ вычислить по формуле $\varphi = 360^\circ \Delta t f$, где Δt — временной интервал между началами синусоид напряжения и тока
7	Изменять частоту f источника E от 1 Гц до 10 кГц и снять показания амперметра и вольтметра. На разных частотах измерить угол сдвига фаз φ
8	Результаты измерений записать в таблицу журнала опытов
9	По результатам измерений (таблица журнала) определить комплексное входное сопротивление $Z_{ВХ}$ и комплексную входную проводимость $Y_{ВХ}$ двухполосника на частотах $0,25F$, F , $10F$. Значения $Z_{ВХ}$ и $Y_{ВХ}$ записать в таблицу журнала опытов
10	На заданной частоте F для исследуемого двухполосника определить: полное, активное, реактивное и комплексное входное сопротивление; полную, активную, реактивную и комплексную входную проводимость; полную, активную, реактивную и полную мощность

	двухполюсника. Результаты записать в таблицу журнала опытов
11	Определить и указать на схемах замещения двухполюсника значения параметров элементов
12	Рассчитать по эквивалентной схеме замещения с последовательным соединением элементов на частоте F комплексное сопротивление двухполюсника, действующий ток, активную, реактивную и полную мощность. Результаты записать в таблицу журнала опытов. Сравнить результаты расчета с результатами измерения этих параметров
13	По результатам измерений и расчетов построить частотную характеристику двухполюсника $Z_{вх}(f)$ в журнале опытов
14	Построить векторные диаграммы схем замещения двухполюсника на трех частотах $0,25F$, F , $10F$ в журнале опытов

Система определения электрических параметров ЭС, РО и почвы позволяет: визуализировать исходный сигнал; проводить расчет информативных параметров и статистическую обработку информативного сигнала ЭС, РО и почвы (построение законов распределения, вычисление дисперсии, математического ожидания); вычислять спектр информативного сигнала; выполнять запись значений любого из указанных информативных параметров, как в режиме реального времени, так и в выбранный момент; строить временные зависимости информативных параметров ЭС, РО и почвы.

Библиографический список

1. Топорков, В.Н. Электроимпульсная установка для борьбы с сорняками / В.Н. Топорков, В.А. Королев. - М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2017. - 132 с.
2. Ляпин, В.Г. Оборудование и энергосберегающая электротехнология борьбы с нежелательной растительностью / В.Г. Ляпин; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – 2-е изд. перераб. и доп. - Новосибирск, 2012. – 366 с.
3. Юдаев, И.В. Электроимпульсный пропольщик: обоснование проектного конструкторского решения: монография / Ю.В. Юдаев. - Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 224 с.
4. Баев, В.И. Повышение эффективности электрического метода уничтожения сорной растительности / В.И. Баев, Д.С. Елисеев. - Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградская ГСХА, 2011. – 200 с.
5. Средства измерений, применяемые при испытаниях и исследованиях сельскохозяйственной техники и технологий/Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ). - Новокубанск, 2019. – 24 с.
6. Бонд, А.М. Электроаналитические методы. Теория и практика / А.М. Бонд, Д. Инцельт, Х. Калерт и др. Под ред. Ф. Шольца; Пер. с англ. Под ред. В.Н. Майстренко. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 326 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИТРОСОВОЙ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Килин Станислав Витальевич, старший преподаватель кафедры ЭОиЭТ в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина

Соловьёв Сергей Владимирович, доцент кафедры ЭОиЭТ в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина

Яковлев Алексей Олегович, старший преподаватель кафедры ЭОиЭТ в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина

Аннотация. Применение мультитросовой молниезащиты не меняет основных положений методики проектирования ОРУ ПС. В результате выявлено снижение числа ударов молнии в защищаемую территорию и размещенные над ней грозотросы в 2-3 раза и снижения напряжения шага и прикосновения в пределах контура заземления ПС до безопасного уровня.

Ключевые слова: молниезащита, мультитросовая система, грозотрос, электромагнитная совместимость, перенапряжение, программно-аппаратный комплекс, молния.

Опыт эксплуатации практически всех видов современной техники показывает, что число и опасность грозовых нарушений резко возрастает при массовом внедрении микропроцессорной техники в системы управления, автоматики и релейной защиты. В электроэнергетике такие средства локализованы, главным образом, на электрических подстанциях (ПС), в первую очередь, – цифровых, что и вынуждает пересматривать методологические основы их молниезащиты и обеспечение электромагнитной совместимости [1].

Стихийно сложившийся подход к модернизации молниезащиты ПС в настоящее время связан с анализом режимов растекания импульсных токов молнии, выявлением на его основе потенциально опасных трасс кабелей вторичной коммутации и оснащением их локальными устройствами защиты от перенапряжений (УЗИП). Главной причиной увлечения УЗИП следует считать сложившуюся практику проектирования, при которой вопросы внешней и внутренней молниезащиты электроэнергетических объектов рассматриваются независимо друг от друга. Здесь необходим комплексный подход, при котором выбор типа и мест расстановки молниеотводов, помимо своей основной задачи защиты территории от прямых ударов молнии, должен принимать во внимание задачу оптимизации электромагнитной обстановки. При ее правильном решении могут быть существенно снижены, как частота, так и уровень электромагнитных воздействий тока молнии на цепи вторичной коммутации. Указанное обстоятельство является решающим аргументом для использования тросовых молниеотводов вместо традиционных стержневых для ОРУ ПС.

Методика расчета мультитросовой молниезащиты на ПС 35 и 110 кВ нового поколения, эффективности защитного действия и уровней электромагнитных наводок от импульсного тока в канале молнии и в грозотросах [2].

Для расчета параметров мультитросовой молниезащиты используется программное обеспечение. В состав программного комплекса входят 4 независимых программы, целью которых является:

- определение числа грозотросов и геометрических размеров мультитросовой системы, исходя из класса напряжения ПС и ее компоновки;
- расчет ожидаемого числа ударов молнии в мультитросовую системы, числа прорывов на защищаемую территорию и вероятности прорывов;
- расчет ожидаемого числа обратных перекрытий с грозотросов на подстанционное оборудование;
- расчет электромагнитной обстановки и уровней электромагнитных наводок на территории ПС при грозовых воздействиях.

На основании данных программ выполним расчет.

При использовании мультитросовой молниезащиты важно иметь в виду следующее:

1. Замена стержневых молниеприемников грозотросами существенно повышает надежность защиты территории ОРУ от прямых ударах молнии, а обеспечение хорошо развитой короны от грозотросов в электрическом поле грозового облака обеспечивает дополнительный эффект, проявляющийся в снижении суммарного числа ударов молнии над защищаемой территорией в 2-4 раза, а также в увеличении надежности ее защиты свыше 0,999;

2. Применение грозотросов вместо стержневых молниеотводов исключает ввод тока молнии в землю непосредственно на территории ОРУ; при удалении опор грозотросов от контура заземления ПС на расстояние резко снижается нагрузка током молнии вторичных подземных коммуникаций и, как следствие, возбуждаемая в них электромагнитная наводка;

3. Деление тока молнии по грозотросам и их заземляющим устройствам облегчает электромагнитную обстановку на территории ПС.

В итоге применение мультитросовой системы в значительной степени снимает проблему ЭМС при грозовой деятельности. Специальные средства по ограничению электромагнитных воздействий от тока молнии должны предусматриваться только в исключительных случаях, на основании контрольной проверки уровней наводок в наиболее ответственных вторичных электрических цепях [3].

На (рис.1) представлены расчетные зависимости высоты h_{min} от E_{0cor} для 5-ти грозотросов с характерной для ПС 35-110 кВ длиной в 100 м. Экономически оправданный выбор соответствует условию, когда при высоте h_{min} , будет автоматически обеспечено изоляционное расстояние до токонесущих частей ПС и ВЛ, предписанное требованиями [4]. Поскольку предельная высота шин и порталов ПС 35-110 кВ составляет 6-8 м, экономически целесообразная высота

грозотросов в точке максимального провеса должна находиться в пределах 13-15 м.

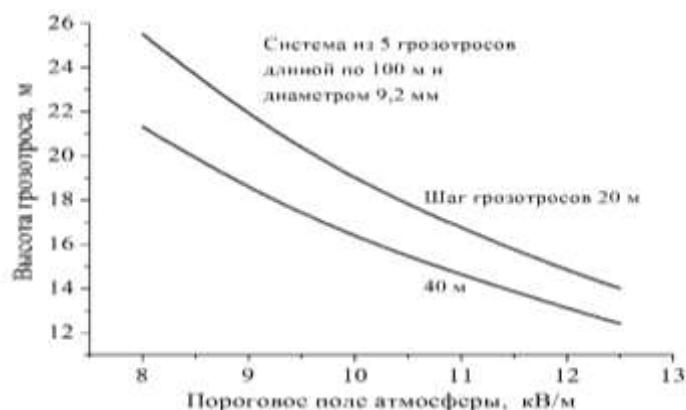


Рисунок 1 – Зависимость минимальной высоты подвеса грозотросов от предельно допустимого порога зажигания короны в системе из 5-ти грозотросов

Приведем нормируемые параметры необходимые для применения мультитросовой защиты (табл. 1).

Таблица 1

Нормируемые параметры мультитросовой молниезащиты

№	Нормируемый параметр	Принцип нормирования
1	Диаметр грозотросов	Определяется механическими нагрузками, условиями существования развитой короны в поле грозового облака
2	Максимально допустимый шаг расстановки грозотросов	Определяется размерами защищаемой территории, но не более 40 м
3	Число грозотросов	Определяется размером защищаемой территории и допустимым шагом размещения грозотросов. Число грозотросов должно быть не менее 3
4	Длина грозотросов	Определяется размером защищаемой территории и необходимым удалением опор грозотросов от ОРУ
5	Вынос грозотросов за пределы защищаемой территории	Определяется допустимой долей тока молнии в заземлителе ОРУ
6	Высота опор грозотросов	Определяется условиями зажигания короны в электрическом поле грозового облака и допустимым числом обратных перекрытий
7	Максимальная стрела провеса грозотроса	Определяется допустимой механической нагрузкой на грозотрос и условиями стабилизации короны
8	Минимально допустимое расстояние между грозотросами и оборудованием ПС, в т.ч. шинами	Определяется ПУЭ п. 2.5.213
9	Сопротивление заземления опоры грозотроса	Определяется ПУЭ п. 2.5.129, таблица 5.2.129
10	Порог зажигания короны в электрическом поле грозового облака	Определяется условиями активного развития короны в поле грозового облака

Для надежной защиты мультитросовая система должна полностью перекрывать территорию ОРУ ПС и другие подстанционные сооружения, нуждающиеся в защите от прямых ударов молнии [1].

Приведем расчеты нагрузок, действующих на данный грозотрос, с учетом габаритных размеров на примере ПС 110/35/10кВ.

Выполнив расчет получаем (рис. 2), что для ПС 110/35/10 кВ с габаритными размерами 129,25 x 96,0 м с учетом выноса опор грозотросов на 20 м система будет состоять:

- Число грозотросов в системе – 5;
- Длина грозотроса – 136,00 м;
- Суммарная длина грозотросов – 680 м;
- Диаметр грозотросов – 9,2 мм;
- Шаг расстановки грозотросов – 37,3 м;
- Габариты мультитросовой защиты на плане в метрах: 149.2×136.0;
- Число опор грозотросов – 10.

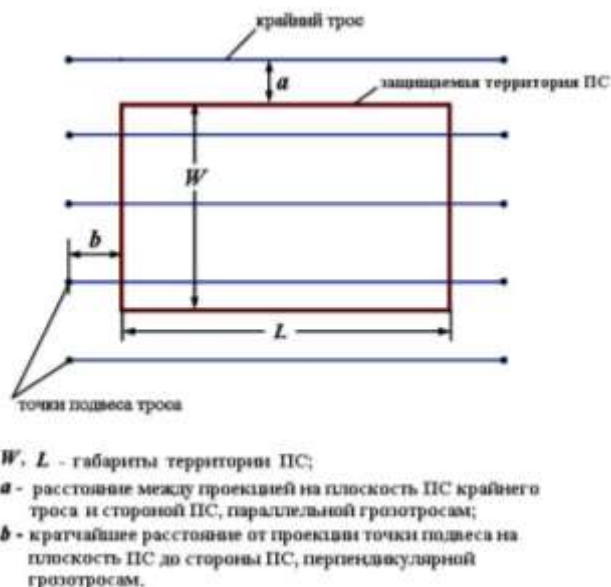


Рисунок 2 – Графический план расположения грозотросов

На основе проведенной оценки возможностей использования мультитросовой защиты выделим основные преимущества ее применения:

1. Повышение обеспечения надежности защиты территории ОРУ ПС и размещенного там оборудования не ниже 0,999, что соответствует вероятности прорыва молнии не более 0,001;
2. Снижение числа ударов молнии в защищаемую территорию и размещенные над ней грозотросы в 2-3 раза;
3. Снижение нагрузки контура заземления импульсным током молнии;
4. Снижение электромагнитных наводок во вторичных цепях ПС до порядка величины;

5. Снижение напряжения шага и прикосновения в пределах контура заземления ПС до безопасного уровня.

6. Применение мультитросовой молниезащиты не меняет основных положений методики проектирования ОРУ ПС напряжением 35-110 кВ в части размещения ее силового оборудования и вспомогательных сооружений, а также контура заземления.

7. Использование стержневых молниеотводов на территории ПС не требуется.

В итоге применение мультитросовой системы в значительной степени снимает проблему ЭМС при грозовой деятельности [1]. Специальные средства по ограничению электромагнитных воздействий от тока молнии должны предусматриваться только в исключительных случаях – на основании контрольной проверки уровней наводок в наиболее ответственных вторичных электрических цепях.

Библиографический список

1. Ефимов, Б.В. Актуальные проблемы защиты высоковольтного оборудования подстанций от грозовых волн, набегающих с воздушных линий / Б.В. Ефимов, Ф.Х. Халилов, А.Н. Новикова, Н.И. Гумерова, Ю.М. Невретдинов // Труды Кольского научного центра РАН. - 2012. - № 8. - С.7-25.

2. Зубов, К.Н. Математическая модель и программа для расчета зон защиты от прямых ударов молнии грунтах / К.Н. Зубов // Информационные технологии в проектировании и производстве. М.: ФГУП «ВИМИ», 2010. - № 1. -С. 84-89.

3. Дмитриев, М.В. Грозовые перенапряжения на оборудовании РУ 35-750 кВ и защита от них: монография. -СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2010. - 63 с.

4. Куприенко, В.М. Метод расчета зоны защиты стержневых и тросовых молниеотводов с использованием угла защиты α / В.М. Куприенко // Электричество. - 2013. - №5. - С. 14-19.

УДК 631.81, 546.02

ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ИОНИЗАТОРА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ

Сторчевой Владимир Федорович, профессор кафедры электропривода и электротехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Кабдин Николай Егорович, заведующий кафедрой электропривода и электротехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

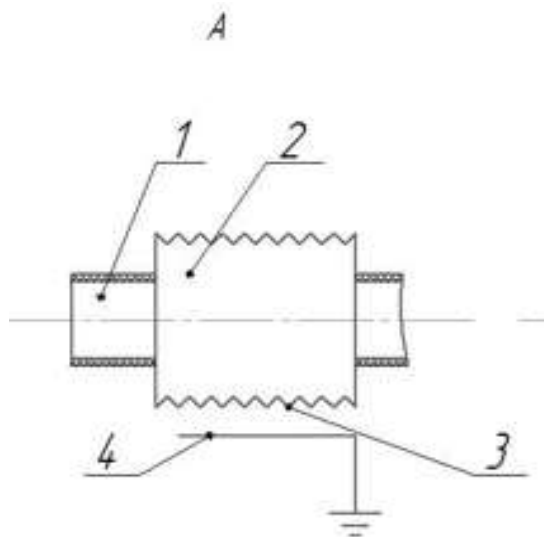
Аннотация. Разработан ионизатор воздуха для животноводческих ферм, позволяющий улучшить микроклимат в помещении для животных, насыщать воздух отрицательно заряженными ионами. По результатам

экспериментальных исследований были получены регрессионные модели и эффективные режимы аэроионизации воздушной среды в животноводческих помещениях.

Ключевые слова: аэроионизация, аэроионы, ионизатор воздуха, коронный разряд.

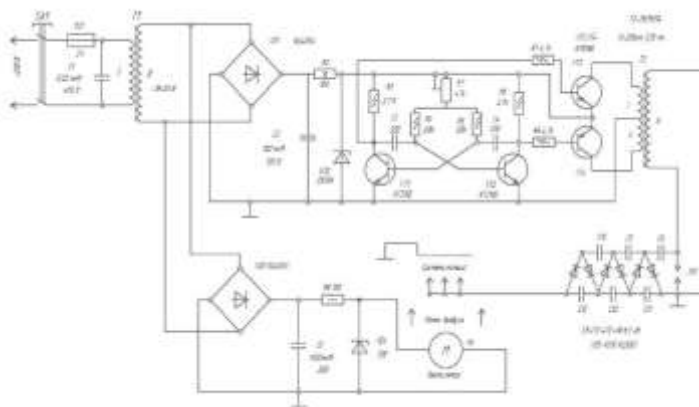
В атмосферном воздухе естественный уровень аэроионизации содержит в 1 см^3 700-1000 легких ионов и 4500-7000 тяжелых ионов. В животноводческих помещениях концентрация их сильно снижается и соответственно составляет 150 – 500 в 1 см^3 . Это объясняется тем, что материалы ограждающих конструкций (особенно железобетонных) нейтрализуют отрицательные ионы. Величина преобладания количества тяжелых ионов над легкими является отрицательным фактором гигиенического состояния среды помещения, поэтому насытить воздух животноводческого помещения отрицательными ионами весьма актуально. [1, 2].

В настоящее время в животноводстве используются ионизаторы, которые отличаются либо схемами блоков источников питания либо конструкциями разрядных систем. Проведенный анализ схем аэроионизации, позволяет определить наиболее лучшие конструкции разрядных систем для конкретных технологических процессов в животноводстве. Нами предлагается применять ионизатор воздуха, имеющий коронно-разрядную электродную систему ионизации воздуха (рис.1.А), и блок источника питания, состоящий из восьми каскадов умножения позволяющий получить отрицательный потенциал около 50 кВ (рис.1.Б) [1-3].



А

Рис 1. А – коронно-разрядные электродные системы:



Б

Б – блок источника питания, состоящий из восьми каскадов умножения позволяющий получить отрицательный потенциал около 50 кВ.

перфорированная емкостная накладка – цилиндрический приемный электрод; 1 – высоковольтный изолированный провод; 2 - емкостная накладка; 3 – коронирующий электрод; 4 – заземленный электрод;

Для достижения максимальной эффективности работы ионизатора при наименьших затратах электроэнергии, необходимо выявить соотношение определенных параметров в большей степени влияющих на эффективность работы ионизатора . Критерии оптимизации представлены в таблице 1 [4].

Таблица 1

Критерии оптимизации

№	Общая емкость ионизатора, 10^{-12} Ф	Ираз, мА	T, К	W, %
	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	0,21	5	270	50
2	0,32	10	280	55
3	0,43	15	283	60
4	0,54	20	285	65
5	0,65	25	287	70
6	0,81	30	289	75
7	0,92	35	290	80
8	1,00	40	293	85
9	1,20	45	295	90
10	1,50	55	300	95

Критериями оптимизации режимных параметров установки являются:

Y_1 – общая емкость ионизатора, 10^{-12} Ф;

Y_2 –Ираз (ток разряда), мА;

Y_3 – T (температура), К;

Y_4 –W (влажность), %;

Получили поверхности откликов в программе Statistica8 (рис. 2).

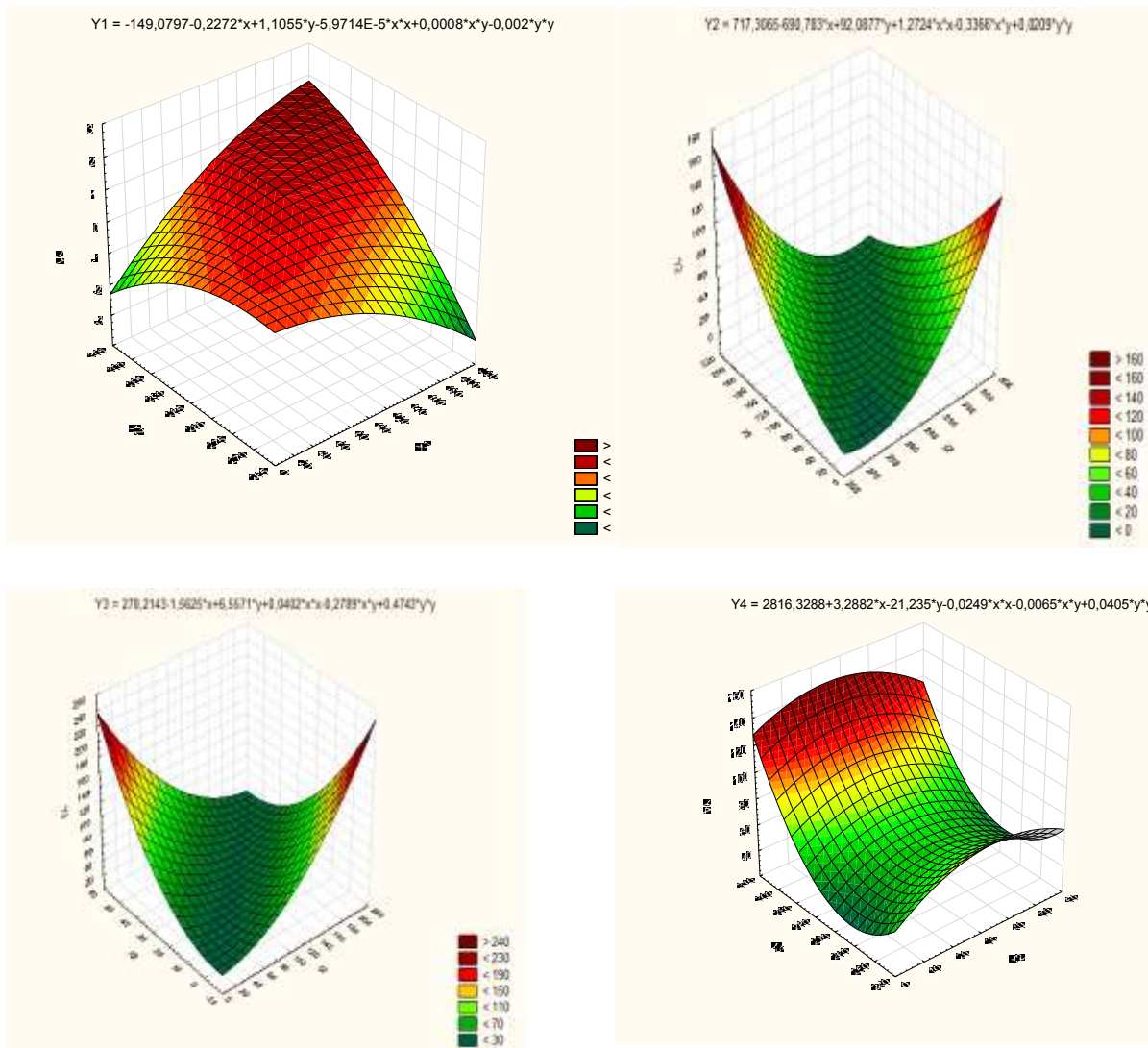


Рисунок 2 – Поверхности отклика

В результате получены регрессионные модели и эффективные режимы ионизации воздушной среды в животноводческих помещениях.

$$\text{Соб} = 149 x_1 + 1,05x_2 + 0,0008x_1 x_2 - 0,0002x_2^2,$$

$$\text{Ираз} = 717,3065 - 690,783x_1 - 92,087x_2 + 1,2724x_1^2 - 0,3366x_1x_2 - 0,0209x_2^2,$$

$$\text{T} = 278,21 - 1,5625x_1 + 6,5571x_2 + 0,04x_1^2 + 0,2789 x_1 x_2 + 0,4743x_2^2$$

$$\text{W} = 45 + 0,25x_1 + 3,15x_2 - 1,04x_1^2 + 1,58x_1 x_2.$$

Из анализа уравнений выявлены такие режимы работы установки, которые обеспечивают минимум удельных энергетических затрат на насыщение отрицательно заряженных ионов в воздушную среду и наиболее оптимальное содержание их в воздухе. Рациональные режимы: – общая емкость ионизатора 1,5мкФ; ток разряда 75 мА; температура +283 К, влажность 67%.

Библиографический список

1. Белопухов, С.Л. Озон и его применение в АПК информационно-справочные материалы (монография) / С.Л. Белопухов, В.Ф.Сторчевой // Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. – 236 с.
2. Глазко, В.И. Нанотехнологии и материалы в сельском хозяйстве / В.И. Глазко, С.Л. Белопухов, В.Ф.Сторчевой // М.: Издательство РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – 256 с.
3. Способ санации животноводческих помещений в присутствии животных: Патент RU 2542504 С1 / В.И. Терехов, Д.А. Нормов, Н.Н. Курзин, В.Ф. Сторчевой, М.М. Абауи; заяв. 06.03.2014; опубл. 20.02.2015. Бюл. № 5.
4. Сторчевой, В.Ф. Математическое моделирование стационарных процессов ионизатора-озонатора / В.Ф.Сторчевой // Природообустройство. – № 2. – 2012. – С. 78-82.

УДК 637.02

ОБРАБОТКА ПИТЬЕВОГО МОЛОКА ОЗОНОМ

Сторчевой Владимир Федорович, профессор кафедры электропривода и электротехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Компаниец Александр Евгеньевич, аспирант кафедры электропривода и электротехнологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Способы обеззараживания молока достаточно эффективны, но связаны с большими энергозатратами. Поэтому в настоящее время активно ведется поиск альтернативных способов обеззараживания молока. Перспективным представляется способ обработки молока озоном.

Ключевые слова: озонирование, обеззараживание молока, озонатор-ионизатор, микрофлора, пастеризация, сепарация молока.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности РФ, коровье молоко признано стратегически важной отраслью животноводства и в 2020 г. Россия должна выйти на самообеспеченность по молоку, пока же потребности населения в молоке и молочных продуктах удовлетворены лишь на 80% [1].

В составе молока содержатся все вещества, необходимые для роста и развития организма. Один литр молока на 100% удовлетворяет суточную потребность взрослого человека в животном жире, кальции, фосфоре; на 53% – в животном белке; на 3,5% – биологически активных незаменимых жирных кислотах и в витаминах А, С, тиамине; на 12,6% – в фосфолипидах и т.д. Энергетическая ценность молока составляет 2720кДж/кг [2].

После дойки молоко изменяются его физико-химических свойств под действием микрофлоры, обуславливающей его скисание и непригодность для дальнейшей переработки. Соблюдение санитарно-гигиенических правил

получения молока в значительной мере снижает его бактериальную загрязненность. Для борьбы с микрофлорой осуществляют обработку молока, если этого не делать, то срок годности сырого молока очень сильно ограничен. Так при температуре 6-10 градусов, срок хранения сырого молока 12 часов, при 6-8 градусах до 18 часов, при 6-5 до суток, при 3-4 градусах молоко хранится полтора суток, и при 1-2 градусах молоко останется свежим до двух суток [3].

В настоящее время основным промышленным способом борьбы с микрофлорой является пастеризация. При этом используются пластинчатые теплообменники для непрерывной пастеризации потока молока, пастеризуют при 76 °С (± 2 °С) с выдержкой 15...20 С и охлаждают до 4...6 °С с использованием пластинчатых пастеризационно-охладительных установок. Эффективность пастеризации в таких установках достигает 99,2%.

Недостаток данного метода заключается в том, что любое тепловое воздействие на молоко нарушает его первоначальный состав и физико-химические свойства, которые зависят от температуры и продолжительности тепловой обработки.

Кроме того, обработку молока производят способом бактофугованием с помощью специального сепаратора – бактофуги. Процесс бактофугирования заключается в том, что более тяжелые частицы молока, в том числе приблизительно 90% бактерий, вытесняются на периферию барабана под действием центробежных сил, и в виде концентрированной фазы – бактофугата, отводятся наружу через приемник осадка. В результате действия центробежных сил и оптимальной температуры подаваемого молока (от 55 до 65°С), около 98% анаэробных и 95% аэробных спор и лактобацилл удаляются из сырого молока. В зависимости от качества исходного продукта может быть выделено около 85-90% общего количества микроорганизмов.

Всё это снижает качество получаемого продукта. Изменение составных частей молока, отрицательно влияющее на пищевую ценность и органолептические показатели, что должно быть незначительным.

Нами предлагается представляется способ обработки молока осуществлять озоном.

Озон – состоящая из трёхатомных молекул O_3 аллотропная модификация кислорода. При нормальных условиях – голубой ядовитый газ. Запах – резкий специфический. При сжижении превращается в жидкость цвета индиго. В твёрдом виде представляет собой тёмно-синие, серые, практически чёрные кристаллы.

Максимальная разовая предельно допустимая концентрация (ПДК м.р.) в атмосферном воздухе населённых мест 0,16 мг/м³. Среднесуточная предельно допустимая концентрация (ПДК) в атмосферном воздухе населённых мест 0,03 мг/м³. При этом, порог человеческого обоняния приближённо равен 0,01 мг/м³

Озон – высокоэффективное и универсальное окисляющее вещество, которое используется в промышленности в целях дезинфекции, устранения цвета и запаха, а также для удаления опасных органических соединений. Озон эффективно убивает микроорганизмы, в связи с этим он является наиболее

эффективным средством для очистки и обеззараживания воды и воздуха. Установки по очистке воды и озонированию воздуха получили огромное распространение не только в промышленности, но и в быту. Основные преимущества применения озона для обработки молока содержатся в самой его природе: результатом его реакции является только кислород и продукты окисления. Озонирование как способ дезинфекции успешно применяется в системах дезинфекции молокопроводов молочных предприятий.

Метод озонирования, с гигиеничной точки зрения, имеет существенные преимущества благодаря высокому окислительно-восстановительному потенциалу бактерицидного действия. Продолжительность контакта озон-воздушной смеси с обрабатываемым молоком колеблется от 5 до 15 минут сообразно с типами установок и их производительностью, (при повышении температуры время контакта увеличивается). Доза озона, необходимая для обеззараживания, варьируется в зависимости от содержания в органические вещества и температуры [3].

«Институтом озонотерапии и медоборудования» [4] проводились работы по определению бактерицидной активности озона при обработке озоном сырого молока и сыров в процессе производства. Установлено, что при обработке газообразным озоном концентрацией выше 40 мг/л сырого молока в течение 20 минут происходит 100% уничтожение кишечной палочки, плесневых грибов, сальмонеллы и других бактерий, что позволяет рассматривать вопрос о замене электроемкой пастеризации молока на более дешевый и эффективный способ обработки озоном.

Нами предлагается использовать проточный озонатор-ионизатор на молочных фермах. Проточный озонатор-ионизатор: малогабаритный, энергосберегающий прибор, позволяющий получать на выходе однократную и регулируемую концентрацию по ионам и озону. На рис.1. представлен график зависимости производительности озонатора от времени работы в камере (для обработки молока) объемом 0,27 м³. Из графика видно, что через 24 секунды работы озонатора концентрация достигает 540 мкг/м³ и имела стабильный характер, а после отключения озонатора снизилась за 6 минут.

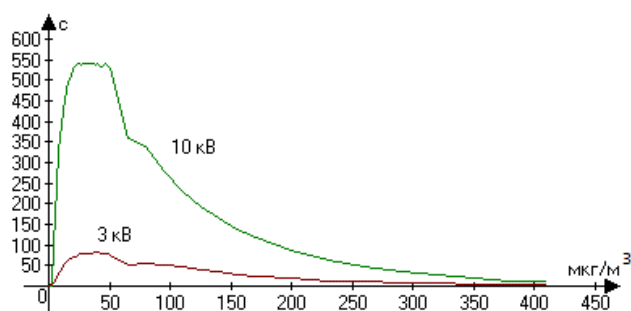


Рисунок 1 – Зависимость производительности озонатора от времени работы в камере для обработки молока объемом

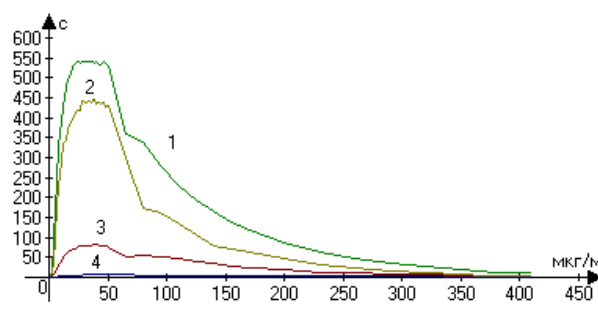


Рисунок 2 – Зависимость концентрации озона от времени работы озонатора при разной площади обкладки диэлектрика:

1 – S=165 см² U=10 кВ;

2 – S=80 см² U=10 кВ;

3 – S=165 см² U=3 кВ;

4 – S=80 см² U=3 кВ

Зависимость концентрации озона от времени работы озонатора при разной площади обкладки диэлектрика представлена на рисунке 2.

Было установлено, что площадь обкладки диэлектрика оказывает влияние на производительность установки. Так при напряжении 10кВ разница концентрации озона от площади обкладки диэлектрика составляет 15%, при 5 кВ разница составляет 300%

Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 30.01.2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 20.10.2019).

2. Закревский, В.В. Молоко и молочные продукты / В.В. Закревский – М.: «АМФОРА», 2010. – 48 с.

3. Белопухов, С.Л. Озон и его применение в АПК информационно-справочные материалы: монография / С.Л. Белопухов, В.Ф. Сторчевой – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. – 145 с.

4. Применение озона в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.medozone.com.ua>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 19.10.2019).

УДК 631.95

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ДЛЯ СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Селезнева Дарья Михайловна, старший преподаватель кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В данной статье дается классификация электрофильтров по различным признакам, проводится анализ наиболее распространенных конструкций электрофильтров.

Ключевые слова: электрофильтр, обеспыливание сельскохозяйственных помещений, обеззараживания сельскохозяйственных помещений.

Современные тенденции развития сельского хозяйства диктуют новые условия содержания животных, а именно повышение концентрации и плотности

размещения животных. При высокой концентрации поголовья на единицу площади состояние и состав воздуха ухудшаются. В связи с этим возникают новые проблемы: увеличивается падеж, снижается прирост массы и сохранность животных, возрастает риск распространения аэрогенных инфекций, а также повышается количество вредных выбросов в окружающую среду.

Таким образом, для поддержания оптимальных зоотехнических показателей необходимо разработать комплекс мер, направленных на обеспыливание и обеззараживание воздушной среды сельскохозяйственных помещений, при этом снижающих энергозатраты на поддержание микроклимата.

Наиболее перспективными мерами в этом направлении являются использование электрофильтров, которые способны улавливать частицы в широком диапазоне размеров, имеют низкое аэродинамическое сопротивление и сравнительно малое потребление электроэнергии.

Электрофильтры используют для очистки воздуха и других газообразных веществ в электрическом поле коронного разряда. Заряженные полем коронного разряда частицы вещества под действием сил этого поля осаждаются на осадительных электродах, которые периодически очищаются.

По мере изучения процессов улавливания частиц конструкции электрофильтров постепенно менялись.

Конструкции электрофильтров можно классифицировать по разным признакам, например, по принципу действия, по виду улавливаемых частиц и способу их удаления, по числу полей и секций, по типу электродной системы, по эффективности и т.д. (табл. 1).

Таблица 1

Классификация электрофильтров по различным признакам

По принципу действия
С коронным разрядом
Без коронного разряда
По способу улавливания частиц
Ультразвуковая система очистки
Ручная промывка водой
Молотково-ударный способ
По типу электродной системы
Коаксиальные цилиндры
Провод - плоскость
Ряд проводов - плоскость
По эффективности
Класс 1 (не менее 99%)
Класс 2 (не менее 85%)
Класс 3 (не менее 60%)

Наиболее широко применяется классификация электрофильтров по принципу действия (рис. 1).



Рисунок 1 - Классификация электрофильтров по принципу действия

В электрофильтрах без коронного разряда отсутствует зона искусственной зарядки частиц, а улавливание частиц происходит благодаря их естественному заряду.

Электрофильтры бывают однозонными, в которых зарядка и осаждение частиц осуществляется в одной конструктивной зоне, где расположены коронирующие и осадительные электроды, и двухзонными - в них зарядка и осаждение осуществляются в разных конструктивных зонах: зоне зарядки (ионизаторе) и зоне осаждения (осадителе) [1]. Для очистки отходящих промышленных газов используются, в основном, однозонные электрофильтры.

Двухзонные электрофильтры применяются для очистки вентиляционного воздуха.

Рассмотрим основные современные схемы электрофильтров.

Разработанный Возмиловым А.Г. (рис. 1, а) электрофильтр с искусственной зарядкой частиц и, так называемой, системой плоских осадительных электродов «металл – диэлектрик» (зона осаждения состоит из металлических и диэлектрических пластин, чередующихся между собой) позволяет увеличить напряженность в зоне осаждения при прочих равных условиях и уменьшить вероятность пробоя межэлектродного промежутка [1].

Электростатический фильтр (рис. 2, в) представляет собой набор плоских параллельных пластин, выполненных из диэлектрического материала, на которые подается постоянное высокое напряжение. Частицы пыли, находящиеся в воздушном потоке, проходящем через фильтр, попадают в электрическое поле межэлектродного промежутка и под действием сил этого поля осаждаются на электроде.

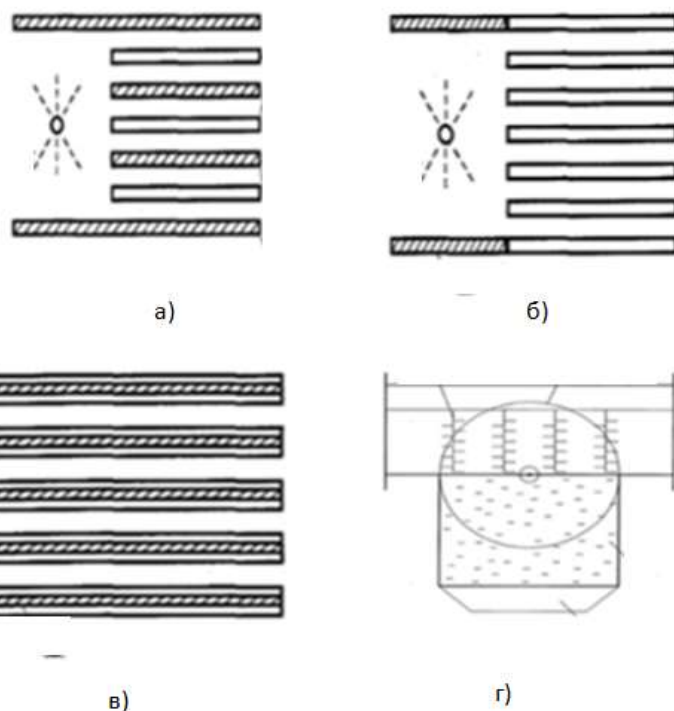


Рисунок 2 - Схемы электрофильтров:

- а) двухзонный с системой плоских осадительных электродов «металл-диэлектрик»;
- б) двухзонный электрофильтр с зоной осадительных электродов разной диэлектрической проницаемостью; в) электрофильтр без искусственной зоны зарядки;
- г) мокрый однозонный электрофильтр

На рисунке 2, г представлен мокрый однозонный электрофильтр, в основу действия которого положен коронный разряд, в поле которого происходит зарядка взвешенных в очищаемом воздухе частиц и их осаждение на осадительных электродах под действием электрических сил. Таким образом, пылевые частицы, находящиеся в проходящем через фильтр воздухе, заряжаются в поле коронного разряда и оседают на осадительных электродах. Осадительные электроды вращаются, проходя через воду, осевшие пылевые частицы смываются [2].

Сравнительный анализ [3, 4] технических параметров установок по обеспыливанию воздуха сельскохозяйственных помещений показал, что эффективность электрофильтров по обеззараживанию воздушной среды сельскохозяйственных помещений не достигает 70%. Предлагается усовершенствовать конструкцию двухзонного электрофильтра, дополнив установку зоной бактерицидного облучения.

Использование электрофильтра совместно с бактерицидными лампами позволит повысить эффективность очистки воздушной среды сельскохозяйственных помещений от пыли и микроорганизмов.

Библиографический список

1. Звездакова, О.В. Совершенствование двухзонного электрофильтра для очистки воздуха от пыли в сельскохозяйственных помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздушной среды: Дис. канд. техн. наук. - 05.20.02 / О.В. Звездакова; ЧГАУ. – Челябинск, 2009. – 164с.
2. Жеребцов, Б.В. Разработка и исследование мокрого электрофильтра для очистки рециркуляционного воздуха животноводческих помещений от сероводорода: Дис. канд. техн. наук: 05.20.02 / Б.В. Жеребцов; 05.20.02 / ЧГАУ. – Челябинск, 2013. – 119 с.
3. Селезнева, Д.М. Аналитический обзор установок для обеззараживания и обеспыливания сельскохозяйственных установок. Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 291. Ч. II. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. – 303-306 с.
4. Юферев, Л.Ю. Энерго-ресурсосберегающие осветительные и облучательные системы и установки сельскохозяйственного назначения на основе резонансной системы электропитания: дис. докт. техн. наук: 05.20.02 / Л.Ю. Юферев - Мичуринск, 2016. – 425 с.

UDC 635. 64:631. 522

AUTOMATION OF SORTING TOMATOES

Судник Юрий Александрович, профессор кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Abdelhamid M.A., postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

***Abstract.** The work is devoted to determine the dependence of tomato maturity on the value of their chlorophyll fluorescence induction. A method for sorting tomatoes based on the control of their chlorophyll fluorescence induction is proposed.*

***Keywords:** tomatoes, maturity, chlorophyll fluorescence induction, automation.*

The work is devoted to determine the dependence of tomato maturity on the value of their chlorophyll fluorescence induction. A method for sorting tomatoes based on the control of their chlorophyll fluorescence induction is proposed. This method allows to take into account the internal structure and quality of tomatoes. The proposed method is less time-consuming, compared with the method of determining the maturity of tomatoes by their color, it allows for more qualitative separation of tomatoes by maturity, taking into account their internal structure.

Maturity is one of the main indicators of tomato quality. Traditional methods of sorting tomato fruits use their external attributes, such as color, size and hardness. However, the latter do not take into account the internal qualities and structure of the tomato fruits, which affects the quality of sorting [1, 2].

Therefore, a new method based on chlorophyll fluorescence induction control is proposed to improve the quality of tomato maturity assessment. Chlorophyll is an important pigment found in all plant tissues that contain chloroplasts necessary for the growth and energy needs of plants. With the full differentiation of plastids into chloroplasts, chlorophyll levels become high, allowing the plant parts to have an increased ability to absorb light. When the fetus reaches its mature stage, the chloroplast again differentiates into chromoplast or other types of protochloroplasts that destroy chlorophyll [3]. Therefore, the control of the chlorophyll level in tomatoes is an important qualitative characteristic of their maturity, taking into account the internal qualities and structure of the fruit. The dependence of chlorophyll concentration change on the degree of tomato maturity indices was determined.

For controlled experimental studies, a new device was developed to determine the level of chlorophyll fluorescence induction in tomatoes.

During the experiment, the slow induction maximum of chlorophyll fluorescence (F_m) was recorded, and the coefficient of specific photosynthetic activity of tomatoes $K_f = (F_m - F_{st}) / F_m$ was measured, where F_m and F_{st} are the maximum and stationary levels of chlorophyll fluorescence (Fig. 1). The wavelength of fluorescence excitation was 470 ± 8 nm, and its intensity on the surface of the tomato fruit varied from 3200 to 4700 $\mu\text{mol} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$.

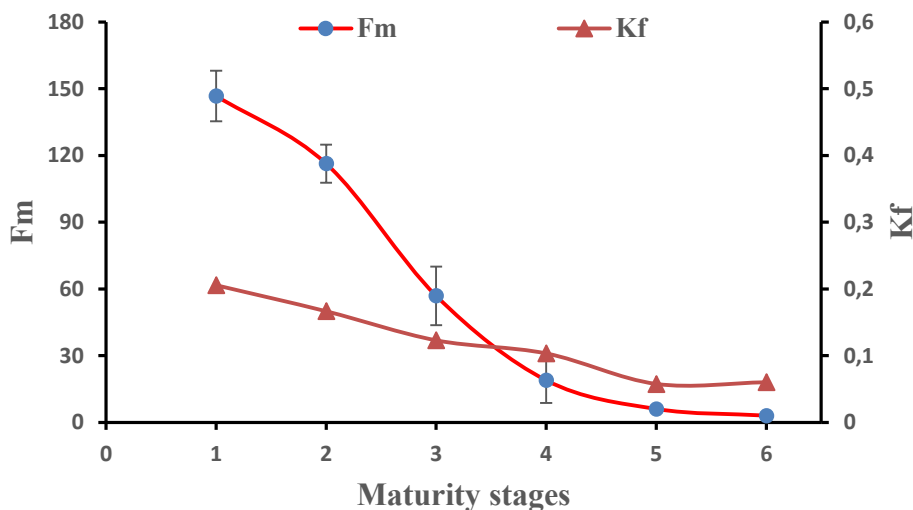


Figura 1 – Change in maximum fluorescence of chlorophyll (F_m) and (K_f) at different maturity stages

Thus, the use of parameters-the maximum of slow induction of chlorophyll fluorescence F_m and the coefficient of specific photosynthetic activity of tomatoes K_f allow for the separation of tomatoes by maturity more objectively and qualitatively. In this case, the method is suitable both for assessing the maturity of large batches of vegetables, and for assessing the degree of maturity of each individual fruit, both in the pre-harvest and post-harvest periods.

References

1. George, M. Multiple fruit and vegetable sorting system using machine vision // Int. J. Adv. Technol. 2015. № 6, С. 1-4.
2. Wan, P., Toudeshki, A., Tan, H., Ehsani, R., 2018. A methodology for fresh tomato maturity detection using computer vision // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. № 146. С. 43-50.
3. Groher, T., Simone Schmittgen, Antje Fiebig, Georg Noga, Mauricio Hunsche. Suitability of fluorescence indices for the estimation of fruit maturity compounds in tomato fruits // J Sci Food Agric. 2018. № 98. С. 5656-5665.

УДК 631.95

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Зажигин Василий Викторович, доцент кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Дмитриев Николай Александрович, аспирант кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Статья посвящена анализу эксплуатационной надежности электрооборудования сельскохозяйственных потребителей путем определения спектра высших гармоник тока по результатам измерений в распределительной сети сельскохозяйственных потребителей.*

***Ключевые слова:** качество электрической энергии, сельскохозяйственное оборудование, надежность, гармоники высших порядков.*

Электроснабжение производственных предприятий и населенных пунктов в сельской местности имеет свои особенности по сравнению с электроснабжением промышленности и городов. Главная из них – необходимость подводить электроэнергию к огромному числу сравнительно маломощных объектов, рассредоточенных по всей территории страны. В результате протяженность сетей (в расчете на единицу мощности потребителей) во много раз больше, чем в других отраслях, а стоимость электроснабжения в сельском хозяйстве составляет до 75% общей стоимости электрификации, включая затраты на рабочие машины.

Среди сельских потребителей есть крупные, обеспечивающие производство сельскохозяйственной продукции на промышленной основе. Это птицефабрики, тепличные комбинаты по производству ранних овощей, животноводческие фермы и комплексы, овощехранилища, зернохранилища, оросительные системы и другие объекты с высокими требованиями к качеству электроэнергии и надежности электроснабжения [1].

Совершенствование электроприемников направлено на повышение коэффициента полезного действия, оптимизацию режима работы и снижение энергопотребления. Большинство таких электроприемников потребляют ток несинусоидальной формы. Несмотря на относительно небольшую мощность каждого отдельного электроприемника, их массовое применение приводит к существенному искажению синусоидальности кривых напряжения и тока в электрических сетях напряжением 380 В.

Основным источником электромагнитных помех в сети, влияющим на кривую напряжения являются электроприемники потребителей с нелинейной вольтамперной характеристикой.

Несинусоидальность напряжений и токов оказывает влияние на работу электрооборудования, сокращая срок его службы, приводит к увеличению потерь напряжения и мощности в сети, уменьшению ее пропускной способности.

Это создает условия для возникновения дополнительного риска отказа оборудования и роста электротехнического и технологического ущерба, прежде всего для потребителей электрической энергии, который будет только возрастать, если не применять специальных мероприятий по ограничению помех. В первую очередь это относится к устройствам на базе микроэлектроники и микропроцессорной техники в распределительной сети 380 В, которые одновременно являются и источниками помех, и электроприемниками, чувствительными к этим помехам [2].

Программа экспериментального исследования предусматривала определение зависимости гармоник высшего порядка на жизненный цикл электрооборудования.

В ходе эксперимента были зафиксированы контроллером присоединения, объединяющем функции счетчика электроэнергии, измерителя расширенного перечня параметров присоединения, прибора мониторинга и контроля качества электроэнергии, осциллографического регистратора параметров сети, контроллера сбора дискретных сигналов и управления – BINOM337 присутствие гармоник высшего порядка [3]:





Рисунок 1 – Параметры питающей сети

Термографом, представляющем собой прецизионный оптико-механический сканирующий инфракрасный прибор для измерения и визуализации тепловых полей (сертификат об утверждении типа средств измерения № 13378) ИРТИС 2000 С, было зафиксировано увеличение температурного режима испытуемого объекта исследования асинхронного двигателя серии: АИР ХМ 132 51УЗ, [4, 5]:

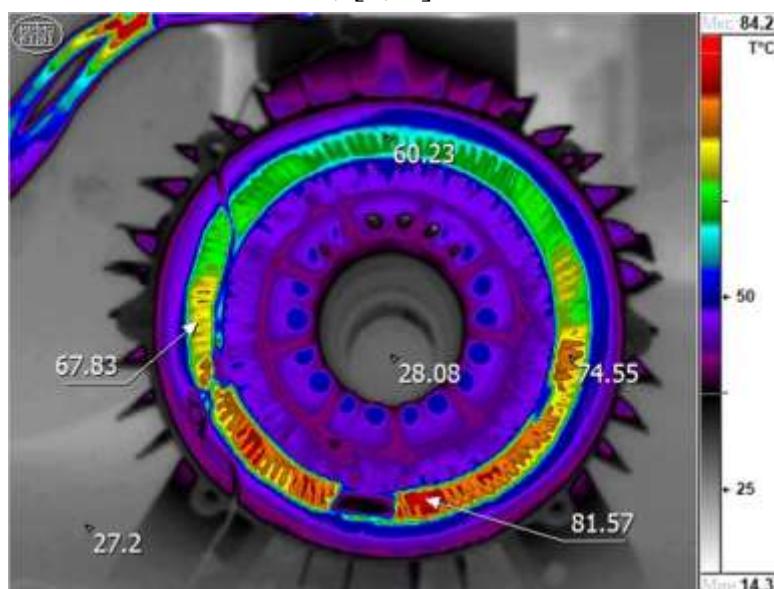


Рисунок 2 – Визуализация тепловых полей

При перегреве асинхронного двигателя страдает изоляция обмоток, при высокой температуре ухудшаются ее эксплуатационные характеристики. Чем выше степень нагрева, тем быстрее меняются в отрицательную сторону диэлектрические и механические свойства материалов, тем самым снижается свойства объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения.

Совершенствование количественной инфракрасной термографии, как метода теплового неразрушающего контроля, расширяет его потенциальные

возможности для выполнения задач диагностики и энергоаудита – обследования объектов с целью установления показателей эффективности использования ресурсов и обоснование экономических мер к повышению этих показателей, а регистрация показателей качества электроэнергии и принятие мер к приведению их в соответствии с нормами ГОСТ в значительной степени продлевает жизненный цикл установочного электрооборудования [3, 4].

Библиографический список

1. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства: учебник / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. – М.: БИБКМ, ТРАНСЛОГ, 2015. – 656 с.
2. Карташев, И.И. Управление качеством электроэнергии: учебное пособие / И.И. Карташев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов и др.; под ред. Ю.В. Шарова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. – 347 с. : ил.,
3. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
4. Власов, А.Б. Модели и методы термографической диагностики объектов энергетики /А.Б. Власов – М.: Колос, 2006. – 280 с.
5. Основы тепломассообмена: учеб.пособие / Ю.П. Семенов.-М.: ИНФРА-М, 2019.-246с. – (Высшее образование: Бакалавриат).- ISBN 978-5-16-013601-1 (print), ISBN 978-5-16-106263-0 (online);

УДК 631.95

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПО СРЕДСТВАМ ТЕРМОГРАФИИ

Зажигин Василий Викторович, доцент кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Стушкина Наталья Алексеевна, доцент кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Владимиров Андрей Николаевич, аспирант кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Статья посвящена бесконтактному методу диагностики электрооборудования сельских электрических сетей-термографии.*

Ключевые слова: *методы неразрушающего контроля, термография, термограмма, диагностика.*

Надежная работа сетей и оборудования неразрывно связана со своевременной диагностикой и ремонтом. Особенно диагностика важна для сельских электрических сетей, ввиду их протяженности и параметров работы. Одним из высокоэффективных способов диагностики являются методы неразрушающего контроля, в частности диагностика по средствам термографии. Инфракрасная термография – реализованная в виде тепловизионного контроля, довольно точно отражает состояние оборудования, путем составления термограмм. Как указано в ГОСТе [1], термограмма – это многоэлементное двумерное изображение, каждому элементу которого приписывается цвет/или градации одного цвета /или градации яркости экрана, определяемые в соответствии с условной температурной шкалой. Качественная термограмма, соответствующая обработке которой позволяет определять численные значения характеристик температурных полей обследуемого объекта, может быть получена с помощью измерительного тепловизора, имеющего высокие технические характеристики [2].

Важной характеристикой для составления максимально верной термограммы является характер работы оборудования. У любого электрооборудования есть свои значения токовой нагрузки $I_{\text{раб}}$ и номинального тока $I_{\text{ном}}$. Не рекомендуется проводить тепловизионные обследования оборудования, если значение $I_{\text{ном}}$ будет составлять менее 30%. Оптимальным значением является $0,6-1 I_{\text{ном}}$, так как при такой нагрузке возможно диагностировать дефекты на ранней стадии развития.

Проведение тепловизионного контроля должно быть периодичным и охватывать все соединения и агрегаты. Анализ термограмм позволяет выявлять различные дефекты в работе оборудования: таковыми могут являться локальные перегревы (рис. 1); нарушения изоляции; нарушение циркуляции трансформаторного масла и т.п. Своевременное устранение этих дефектов позволяет продлить работу оборудования и снизить эксплуатационные затраты.

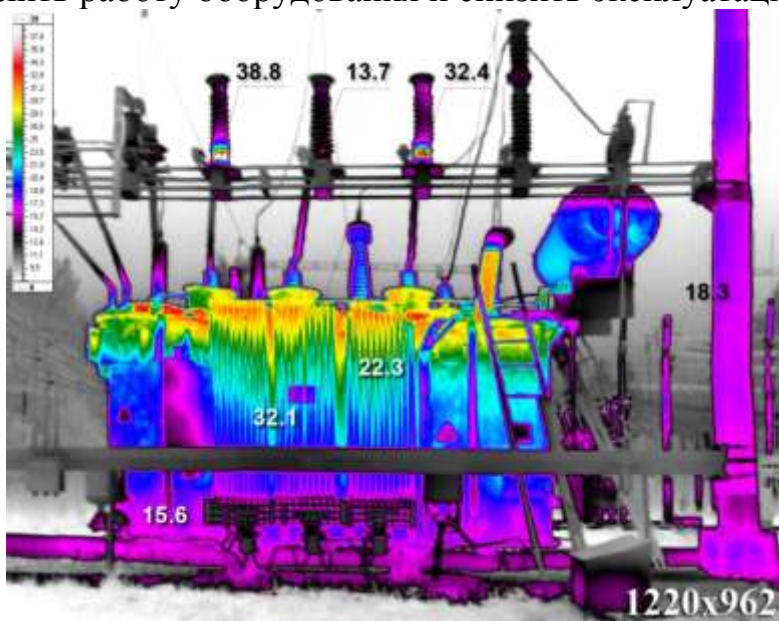


Рисунок 1 – Термограмма силового трансформатора

Одна из проблем термографии это большое количество данных для анализа. Для увеличения качества получаемых результатов диагностики, необходимо внедрение в систему анализа самообучающихся нейронных сетей. Для данной роли подойдут нейронные сети Кохонена, так как они могут не только анализировать, но и прогнозировать [3]. Именно нейронная сеть с возможностью прогнозирования может указать на необходимость замены того или иного узла и агрегата, вывод в ремонт участка цепи или трансформатора.

Библиографический список

1. ГОСТР 8.619-2006. Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки. М.: Стандартинформ, 2006. – 16 с.
2. Ю.П. Дябин, Обзорная (панорамная) термограмма высокого качества – основа профессионального тепловизионного контроля // Научно-технический журнал "Наука и технологии в промышленности", № 1-2. – 2015. – С.76-79.
3. Кулянин Е. М. Нейронные сети: история развития и перспективы применения // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – Т. 13. – 2015. – С. 2646-2650.

УДК 631.95

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Белов Сергей Иванович, доцент кафедры электроснабжения и электротехники И.А. Будзко ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Мишучков Валерий Иванович, доцент кафедры энергоменеджмент и энергосервис, ФГБОУ ВО МАИ

Галкин Михаил Михайлович, аспирант кафедры электроснабжения и электротехники И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Проанализированы различные методы повышения надежности сельских электрических сетей среднего напряжения и все они не лишены недостатков. Таким образом, повышение надежности является сложной многокритериальной задачей требующей определить способы достижения максимального эффекта улучшения показателей надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

Ключевые слова: Электроэнергетика, электроснабжение, надежность электроснабжения.

В России суммарная длина линий электропередачи напряжением 6-20 кВ составляет 1173 тыс. км, а протяженность линий напряжением 35 кВ составляет 593 тыс. км. По месту расположения и характеру потребителей сельскими электрическими сетями являются сети напряжением 6-35 кВ.

На данный момент половина сельских электрических сетей находится на неудовлетворительном уровне технического состояния, внеплановые отключения воздушных линий 6-35 кВ составляют от 40 до 90 % от совокупного количества аварийных отключений.

Трансформаторные подстанции 35-110 кВ оборудованы трансформаторами с РПН всего лишь на 68% от общего числа трансформаторов, что приводит к отклонению напряжения на шинах потребительских подстанций выше предельно допустимых значений. В значительной мере, срок службы силовых трансформаторов и их технический уровень, является показателем надежности сети и определяет допустимые значения длительности отключений [1].

В электрических сетях 10 кВ, в среднем на 100 км линий происходит до 30 отключений в год. К основным причинам относят:

- изношенность конструкций и материалов при эксплуатации 18%;
- воздействия ветра, гололёда и их сочетание 19%;
- атмосферные перенапряжения 13%;
- нарушение требований правил эксплуатации 6%;
- внешние несанкционированные воздействия 16%;
- не выявленные причины повреждений 28%.

В области повышения показателей надежности и оптимизации электрических сетей наиболее известны труды Клочкова А.Н., Солодухина А.М., Юндина М.А., Горбуновой Н.Р., Лопатина Е.И., Трофимова С.Н., и других. Ими исследованы принципы построения сетей, выделены основные проблемы их функционирования и предлагаются различные пути улучшения показателей надежности.

Горбунова Н.Р. в своей диссертационной работе значительное внимание уделила многокритериальной модели повышающей электробезопасность ВЛ 10 кВ.

Клочков А.Н. занимался совершенствованием средств регистрации и методов расчета аварийных режимов сельских сетей 10 кВ. Рекомендовал модернизировать методику расчета аварийных режимов сети 10 кВ с изолированной нейтралью способом фазных координат, разработал алгоритм выявления аварий, сравнивая фазные напряжения и напряжения нулевой последовательности на питающей подстанции с регистрацией обрывов проводов у потребителей.

Солодухин А.М. занимался усовершенствованием методики прогнозирования потребления электроэнергии с/х потребителей. Значительным показателем при создании и выборе способов развития системы электроснабжения является значение электропотребления на перспективу. Система электроснабжения должна проектироваться таким образом, чтобы при целесообразно низких затратах финансовых средств, материалов и оборудования она гарантировала надежное электроснабжение и поставляла потребителям электроэнергию соответствующую ГОСТ Р 54149 - 2010.

Лопатин И.Е. занимался усовершенствованием технического состояния сельских электрических распределительных сетей напряжением 0,38...10 кВ.

Практическая значимость работы содержится в повышении эффективности сельских распределительных сетей и методике определения их технического состояния, реализованная в программном обеспечении.

Плюгачев В.К. создал идеализированную модель сельской электрической сети, которая обладает следующими параметрами: плотность электрической нагрузки, радиус передачи, длина линий электропередачи, количество трансформаторных подстанций, число отходящих линий.

Метельков А.А. и Князев П.В. усовершенствовали модель В.К. Плюгачева по принципу критерия минимума дисконтированных затрат с учетом динамики нагрузок, потерь электроэнергии и др. Основным отличием работы является определение оптимальных радиусов путем поиска оптимального значения с учетом некоторых ограничений: сечение провода головном участке линии не должно превышать максимального стандартного сечения; наибольший ток головного участка не должен превышать длительный допустимый ток; максимальная потеря напряжения в линии не должна превышать допустимого значения [2].

Как уже отмечалось, большой процент аварийных отключений воздушных линий приходится на фактор климатических воздействий. Пономаренко И.С. создал метод определения расчетных климатических условий при создании воздушных линий электропередачи способом выделения области больших значений метеоданных по ветру и гололеду, которые во времени образуют поток случайных событий. Автор отмечает, что такой метод имеет высокий уровень устойчивости как в отношении изменения степени риска, так и при изменении закона распределения вероятности для климатических воздействий. Данный метод преследует своей целью повысить долговечность линии. Несомненно, что улучшение одного из параметров надёжности приводит к общему повышению надёжности.

Будзко И.А., Захарин А.Г. и Стребков Д.С. предложили смешанную систему с однофазными ответвлениями для питания небольших потребителей. При смешанной системе распределения, электроснабжение осветительных и бытовых установок и приборов, а также мелких электродвигателей, осуществляется по однофазным линиями низкого напряжения. Эти линии питаются от отдельных однофазных трансформаторов мощностью 3...10 кВА.

Куц П.В. и Жулин М.Т. провели анализ, который показал, что при применении смешанной системы затраты металла для проводов высокого и низкого напряжения сокращаются на 25...35%, если удельная нагрузка низковольтной сети составляет от 5 до 10...12 Вт/м и протяженность высоковольтной сети не увеличивается в связи с увеличением количества трансформаторных пунктов. При равных затратах металла при смешанной системе электроснабжения значительно повышается пропускная способность сети, к недостатком данной системы стоит отнести, прежде всего, привязку к однофазным потребителям.

Повышением надежности электроснабжения путем разработки новых вариантов передачи электрической энергии работают Стребков Д.С., Таранов М.А., Юндин М.А., Таранов Д.М., Авраменко С.В., Некрасов А.И., Папышев А.В., Разумихин В.М., Круглов А.Б., Григорчук В.С., Киреев П.А., Лещинская Т.Б., Линник Л.Н. и другие.

Для проводов ВЛ 6-10 кВ характерно закручивание под воздействием эксцентричной силы образующийся при возникновении одностороннего гололеда. А при опадении гололедных отложений возникают упругие силы сопротивления крутящему моменту, что приводит к сложным формам перемещения проводов, которые в своих исследованиях изучали О.Г. Вексельман и А.А. Глазунов.

Проблема пляски занимает значительное место в работах Бургсдорфа В.В., Бекметьева Р.М., Власова И.И., Глебова Э.С., Либермана А.Я., Савваитова Д.С., Шкапцова В.А., Яковлева Л.В., а также зарубежных исследователей Дж. Ден-Гартога, В. Даниеля, Ж.-Л. Лильена, Дж. Ратковского [3].

Большое количество исследователей работало по надежности электроснабжения сельских потребителей под руководством профессоров Будзко И.А., Лещинской Т.Б., Пястолова А.А. Много внимания уделено вопросам надежности электроснабжения в том числе сельских потребителей в монографии Сазыкина В.Г. В данной книге показаны проблемы электроснабжения на Кубани и приведены перспективные направления повышения надежности.

Таким образом, повышение надежности является сложной многокритериальной задачей, которой занимались многие перечисленные выше талантливые ученые. К сожалению, не существует методов повышения надежности лишенных недостатков. Практическая сложность заключается в том, чтобы для каждого конкретного случая выбрать метод с максимальным эффектом улучшения показателей надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

Библиографический список

1. Лещинская, Т.Б. Оценка уровня надежности систем электроснабжения сельских районов / Т.Б. Лещинская, С.И. Белов - Москва: Издательство МБА, 2017. – 152 с
2. Никитин, А.В. Совершенствование методик оптимизации параметров сельских распределительных ЛЭП 10-35 кВ: к.т.н.: 05.20.02. / Никитин А.В. 2017 – 323с.
3. Кабашов В.Ю. Повышение надежности сельских воздушных линий электропередачи 10(6) кВ в условиях воздействия ветровых и гололедных нагрузок: д.т.н: 05.20.02. Кабашов В.Ю. 2017 – 357с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Шатров Александр Федорович, профессор кафедры электротехника, Московского государственного политехнического университета

Стушикина Наталья Алексеевна, заведующий кафедрой электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Статья посвящена рассмотрению подходов к построению интеллектуальных (активно-адаптивных) электрических сетей с использованием SCADA-системы в автоматизированных системах управления энергетическими объектами*

Ключевые слова: *активно-адаптивная сеть, интеллектуальная электрическая сеть (Smart Grid), SCADA – система, программно-аппаратный комплекс, интеллектуальное электронное устройство (IED), информационно-коммуникационные технологии (ИКТ)*

В настоящее время общемировой тенденцией развития электроэнергетики в части сетевой структуры являются активно-адаптивные (ААС) или как часто называют интеллектуальные электрические сети (Smart Grid), что отражено в документах ПАО ФСК ЕЭС [1-3].

В целом, ААС строятся на принципе объединения современного сетевого (силового) оборудования и информационной инфраструктуры.

Инструментами адаптивной подстройки к внешним и внутренним технологическим изменениям среды являются два направления:

- силовые устройства подстройки или устройства FACTS;
- электронные устройства тонкой подстройки, которое представляет новое поколение микропроцессоров – IED (интеллектуальные электронные устройства).

IED – это многофункциональные устройства, которые являются функциональным звеном между нижним и верхним уровнями автоматизированной системы управления (АСУ). Они используются в первую очередь как микропроцессоры (МП, ПЛК), а также как цифровые датчики информации и средства автоматизации [4, 5].

IED собирают данные, а затем выполняют дополнительные расчеты и реализуют логику принятого алгоритма. Важным является то, что в дополнение к текущим значениям эти приборы записывают информацию об исправности, эксплуатационные характеристики и историю объекта, т.е. осуществляют мониторинг состояния энергообъекта. Протоколы и каналы связи построены на рекомендациях МЭК (IEC) 61850 и используются в IED и устройствах связи. Все вместе это позволяет интегрировать информацию о состоянии сетевого

оборудования и подготавливать оптимальные решения по управлению режимами сетей и обслуживанию электрооборудования.

Управление сетью осуществляется из центра, включающего базу данных и программное обеспечение (ПО), технологические системы управления, операторов и диспетчеров. Языком общения принят протокол МЭК 61850. Коммуникации реализуются единой процессорной шиной, что позволяет работать в режиме реального времени. В качестве центра управления может использоваться SCADA-система.

К силовому электросетевому оборудованию, которое в современных условиях требует интеллектуализации, следует отнести трансформаторы, распределительные устройства и специальное системное оборудование, снабженные системами управления, защиты, мониторинга и учёта электроэнергии.

На рисунке 1 представлена схема информационной инфраструктуры технологического комплекса ААС. Показаны информационные потоки, которые объединяют все компоненты элементов FACTS и ИКТ.

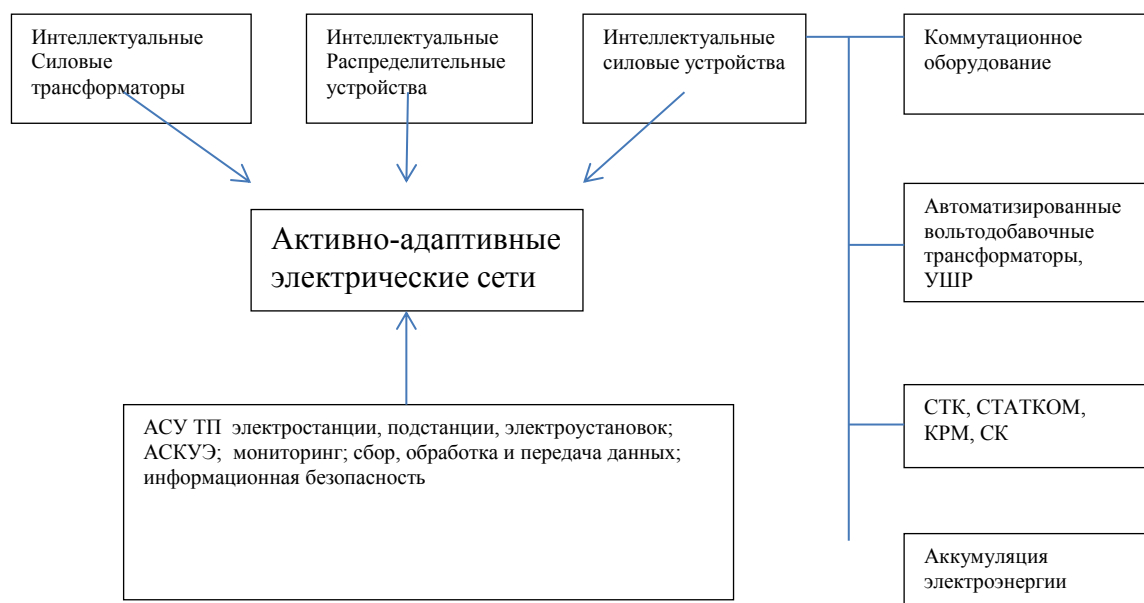


Рисунок 1 - Информационные потоки в ААС

Создание ААС должно стать стратегическим курсом развития распределительного электросетевого комплекса. Развитие ААС подразумевает по четырем основным направлениям, в числе которых, прежде всего, модернизация:

- информационной инфраструктуры;
- генерации электроэнергии,
- технологии передачи и распределения электроэнергии;

- технологического управления;

В данной статье более подробно остановимся на описании информационной инфраструктуры. Информационная структура ААС базируется на следующих технологических и концептуальных решениях.

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) являются основой информационной инфраструктуры ААС. В настоящее время под этим направлением можно подразумевать использование технологии SCADA (диспетчерское управление и сбор данных). Подобная SCADA-система предназначена для реализации комплексного управления распределительной сетью (управление бизнес-процессами). Структура системы представлена на (рис. 2).

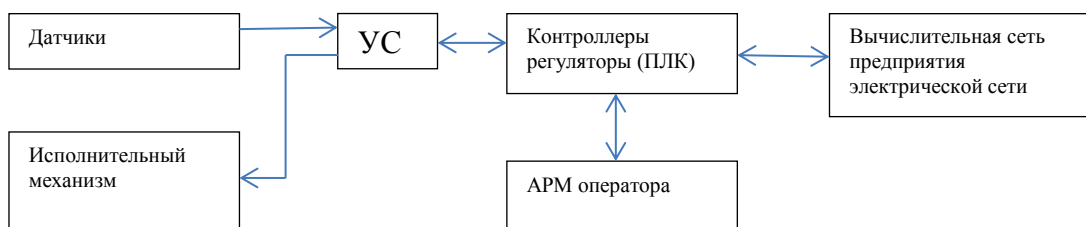


Рисунок 2 - Принципиальная структура SCADA- системы

Система SCADA представляет собой программно-аппаратный комплекс, при помощи которого можно контролировать режим работы оборудования различных объектов, в том числе электроустановок.

На мониторе АРМ-оператора, например, электрической распределительной подстанции, отображается однолинейная схема данной электроустановки, фактическое положение коммутационных аппаратов, нагрузка по всем присоединениям и значения напряжения шин подстанции. При возникновении аварийных ситуаций на систему SCADA передается информация от соответствующего терминала защит оборудования. То есть данная система объединяет все микропроцессорные устройства и собирает информацию по тому или иному присоединению. Персонал, который обслуживает данную электроустановку, по системе SCADA контролирует режим работы оборудования.

Система SCADA подключена по сети к диспетчерскому пункту. Управление коммутационными аппаратами может осуществляться как оперативным персоналом данной электроустановки, так и дистанционно диспетчером, например, в режиме «in touch».

В дополнение к децентрализованным системам защиты и управления, которым может быть оснащено оборудование распределительных сетей,

широкое распространение имеют дистанционные системы наблюдения и управления SCADA. Под SCADA понимают программный пакет, предназначенный для обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. В более широком понимании это – комплекс приборов и устройств, обеспечивающих реализацию программного обеспечения и систему управления и сбора информации, включающая микропроцессорные элементы, компьютеры и программное обеспечение. SCADA-система может обеспечивать: мониторинг состояния сетевого оборудования; быстрое обнаружение аварийных секций, линий; позволяет диспетчеру системы в случае необходимости производить ручное секционирование линий, дистанционно следить за изменением напряжения, тока, активной и реактивной мощности, гармонических составляющих и других параметров переходных процессов, а также дистанционно изменять уставки регуляторов напряжения и конденсаторных батарей, реклоузеров.

Помимо этого SCADA-система позволяет реализовать такую функцию как управление электропотреблением, которая является значимой функцией, позволяющей электроснабжающей компании подняться на следующий уровень развития что является предпосылкой к созданию интеллектуальной ЕНЭС.

Существуют варианты SCADA-систем включающие управление нагрузкой в условиях увеличения электропотребления при росте цен на энергию и нестабильности сети, которые полностью соответствуют концепции ААС. Таким образом, можно рассматривать использование SCADA-системы либо в качестве АСУ энергетическим объектом, либо как дополнение к уже существующим АСУ с целью расширения их функций. Такие подходы регулирования нагрузки сети можно рассмотреть на следующих примерах:

- Оптимизация сети. Для снижения технических потерь в сети необходим точный и эффективный анализ расположения участков сети с интенсивными потерями. Функция «Оптимизация потерь» способна распознавать такие участки и рекомендовать сетевые устройства (или автоматически управлять ими) и схему переключений. Снижение потерь ведет не только к прямому уменьшению себестоимости энергии, но и подразумевает улучшение параметров по напряжению, выравнивание нагрузок и оптимальное использование сетевых ресурсов.

- Сглаживание пика напряжения. Краткосрочный прогноз нагрузки является незаменимым инструментом для определения пиковых нагрузок, которые могут возникнуть в течение дня. Сочетание функций прогноза и оптимизации параметров напряжение и реактивной мощности – это способ регулирования нагрузки без снижения качества обслуживания потребителей. Устройствами могут служить: переключатели ответвлений трансформатора; регуляторы напряжения и конденсаторы для поддержания параметров напряжения в рамках нормативных требований. Эти действия могут выполняться при возникновении пиковой нагрузки или в течение штатного режима работы.

- Накопители энергии. Система может применяться для моделирования распределительной сети на базе всех генерирующих энергоресурсов, включая накопители энергии. Это позволяет поддерживать суточный график нагрузки путем контроля, анализа и управления такими ресурсами с целью обеспечения надежности и экономичности.

В последнее время применение информационных технологий для создания интеллектуальных электрических сетей (Smart Grid) широко используется для электроснабжения сельских потребителей. Это еще раз подтверждает перспективность развития сетевого хозяйства ЭЭС в направлении создания ААС.

Библиографический список

1. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью [Электронный ресурс] <http://www.fsk-ees.ru/>.
2. О технической политике ФСК ЭЭС. – М.; 2011. pdl-energo.ru.
3. Стандарты организации pdl-energo.ru. Положение о технической политике ФСК ЭЭС. – М.; 2011. fsk-ees.ru. European Smart Grids Technology Platform: Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future. European Commission, 2006.
4. Построение интеллектуальной электрической сети для передающих и распределительных компаний. <http://www.ibm.com/ru/bcs>.
5. Шатров, А.Ф. «Интеллектуальные электроэнергетические сети». Учебное пособие / А.Ф. Шатров -М.; Изд-во МГОУ, 2012. – 31 с.

УДК 631.95

МОДЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ПРОГРАММЕ MATLAB SIMULINK

Лештаев Олег Валерьевич, ассистент кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Разработана модель автономной солнечной электростанции в программе Matlab Simulink, позволяющая учесть влияние температуры нагрева солнечных модулей во время работы на коэффициент полезного действия солнечных модулей.*

***Ключевые слова:** солнечная электростанция, Matlab Simulink, температура солнечных модулей.*

Потребление энергии в современном мире характеризуется стремительным ростом. Около половины мирового энергодобавки в настоящее время приходится на долю нефти, около трети — на долю газа и атома (примерно по одной шестой) и около одной пятой — на долю угля. Однако главная проблема современной энергетики — постепенное истощение минеральных

ресурсов и угрожающая экологическая обстановка. В связи с этим разработка альтернативных источников энергии приобретает все большую актуальность. Альтернативная энергетика основана на использовании возобновляемых (или "чистых") источников энергии. К ним, в частности, относятся энергогенерирующие устройства, работающие с использованием энергии Солнца [1].

При проектировании солнечных электростанций учитывается множество различных факторов: место установки, годовая солнечная инсоляция, количество солнечных модулей, температура окружающей среды, затенение, естественное охлаждение модулей. Для упрощения проектирования на рынке имеется несколько программных пакетов [2], которые позволяют учесть все вышеперечисленные факторы и показать возможный выход энергии от солнечной электростанции. Однако программ для исследования влияния нагрева солнечных модулей на их КПД не существует.

Температура солнечных модулей является одним из важнейших факторов, влияющих на работу всей солнечной электростанции. Ее влияние сказывается как на освещенности солнечных модулей (температура увеличивает деградацию солнечных модулей) [3], так и на коэффициенте полезного действия модулей, который с повышением температуры модуля снижается.

Для исследования влияния температуры поверхности модуля на коэффициент полезного действия солнечной электростанции разработана модель (рис. 1) автономной солнечной электростанции состоящей из блоков двух солнечных модулей, блока МРРТ-контроллера для каждого из блоков солнечных батарей, двух аккумуляторных батарей и инвертора.

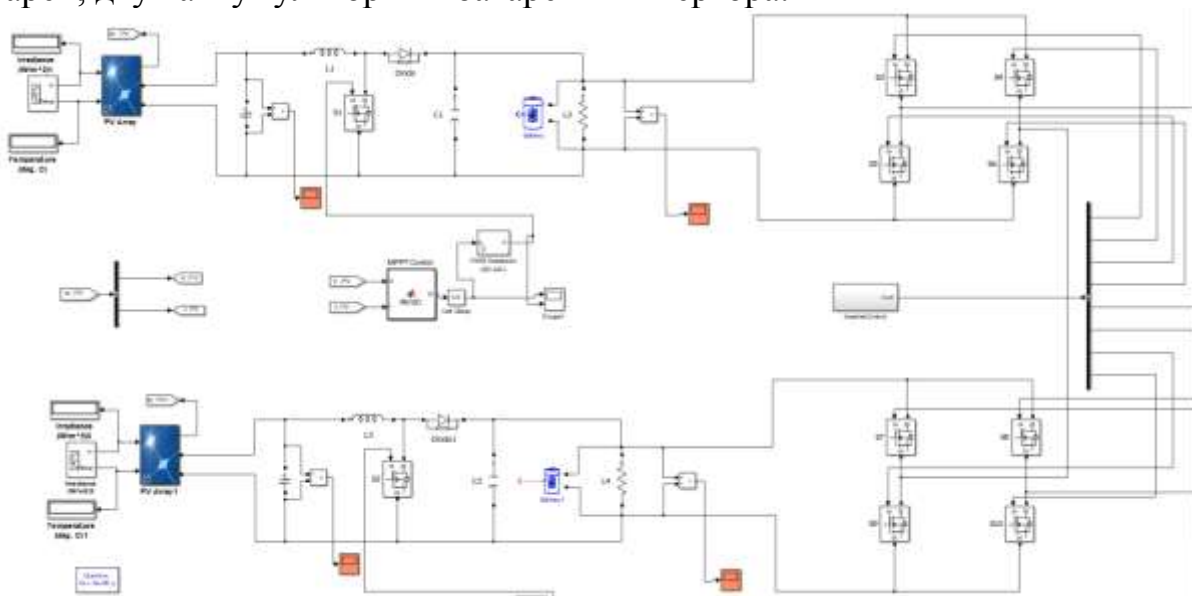


Рисунок 1 – Модель солнечной электростанции

На входе данной модели два сигнала: солнечная радиация и температура окружающей среды (рисунок 2). Значения входных сигналов устанавливаются в зависимости от территории расположения объекта исследования или предполагаемой территории строительства солнечной электростанции. Сигналы

изменяются во времени и возможна их регулировка в любой момент времени исследования.

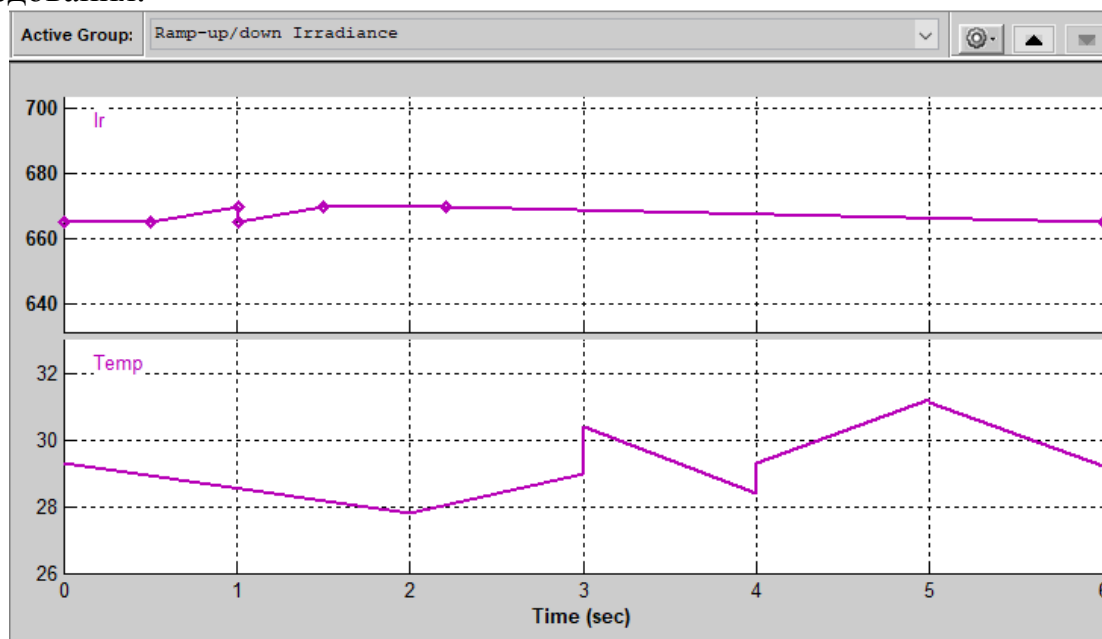


Рисунок 2 – Значения солнечной радиации и температуры окружающей среды на входе модели

В модели предусмотрена возможность выбирать марки солнечных модулей, количество модулей и схему их соединения, т.е. сколько солнечных модулей будет соединено последовательно и сколько параллельно. В зависимости от марки солнечного модуля автоматически устанавливаются параметры тока и напряжения, соответствующие данному модулю. Далее к каждому из блоков солнечных батарей подключен МРРТ-контроллер. Его работа зависит от сигналов, которые контроллер получает от солнечного модуля. Контроллер управляет работой ключа, который при снижении выработки энергии отключает солнечный модуль от инвертора. Далее солнечные модули подключаются к инвертору.

Во время работы данной модели происходит зарядка аккумуляторных батарей, подключенных к солнечным модулям, и преобразование инвертором постоянного тока в переменный.

Подводя итог сказанному, следует заметить, что повышение температуры солнечных модулей во время их работы реально оказывает отрицательное влияние на эффективность преобразования солнечного излучения в постоянный ток. Эту проблему необходимо более детально исследовать, для этого может быть использована (как один из вариантов) данная модель.

Библиографический список

1. Rauschenbach, H.S. The principles and technology of photovoltaic energy conversion/ H.S. Rauschenbach –New York: Van Nostrand Reinhold Company –1980.
2. Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants, Solar PV Technology, International Finance Corporation 2015 All rights reserved.2121 Pennsylvania

Avenue, N.W. Washington, D.C. 20433 ifc.org [Электронный ресурс]. –Режим доступа:

https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/f05d3e00498e0841bb6fbbe54d141794/IFC%20Solar%20Report_Web%20_08%2005.pdf?MOD=AJPERES

3. Лештаев, О.В. Прогнозирование эффективности солнечной электростанции / О.В. Лештаев, Н.А. Стушкина // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. XXXVI-XXXVII междунар. науч.-практ. конф. № 6-7(33). – Новосибирск: СибАК, 2019. – С. 47-50.

УДК 621.315

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ВЫСЬКОВОЛЬТНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Лецинская Тамара Борисовна, профессор кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Тишков Виталий Владимирович, аспирант кафедры электроснабжения и электротехники имени академика И.А. Будзко, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В работе рассмотрены результаты исследования надежности высоковольтных выключателей на основе статистических и литературных данных и приведены примеры расчетов возможных отказов автоматических выключателей с различными показателями его загрузки.

Ключевые слова: надежность, отказы, выключатель.

Исследование надежности высоковольтных выключателей проводилось на основе их аварийной статистики и литературных данных [1-3]. При этом группировка всех выключателей проводилась в двух направлениях:

а) по конструктивному исполнению: воздушные, масляные, элегазовые;

б) по назначению: линейные (в цепях ЛЭП), трансформаторные (в цепях трансформаторов), линейно-трансформаторные (в перемычках типа «мостик» или в «полуторных» и подобных им схемах), срабатывающие как при отключениях ЛЭП, так и трансформаторов, междушинные (секционные), соединяющие две системы или две секции сборных шин распределительного устройства.

Высоковольтный выключатель представляет собой сложный аппарат, надежность работы которого зависит от качества его изготовления, монтажа, технического уровня эксплуатации и интенсивности работы; последняя же обуславливается надежностью работы сочетающихся с выключателем элементов (линий электропередачи, трансформаторов, систем сборных шин, и определяется количеством оперативных (плановых) и автоматических (под воздействием

релейной защиты и системной автоматики) включений и отключений, производимых выключателем в течение года.

Исследованиями [3] выявлены следующие основные виды неисправностей выключателей:

1. Повреждения находящегося под напряжением выключателя без проведения операций, приводящие к коротким замыканиям с развитием аварии, выражающейся в автоматическом отключении всех элементов сети, питающих точку короткого замыкания; к таким отключениям относится перекрытие изоляции со стороны питающих элементов; $\lambda_{CT_1}^{ab}$, отказ/ед. · год.

2. Повреждения находящегося под напряжением выключателя без проведения операций, не приводящие к развитию аварии (ложные включения и отключения выключателя в периоды безаварийной работы присоединенных к нему элементов, перекрытие изоляции со стороны питаемых через выключатель элементов); $\lambda_{CT_2}^{ab}$, отказ/ед. · год.

3. Отказы выключателей в действии (включение, отключение) при проведении оперативных (плановых) переключений, λ_{OP}^{ab} , отказ/операция.

4. Отказы в отключении при коротких замыканиях на питающихся через выключатель элементах; эти отказы, как и повреждения, указанные в п.1, приводят к развитию аварии, $\lambda_{K3_1}^{ab}$, отказ/операция.

5. Отказы выключателя в автоматическом включении под воздействием устройств АПВ (автоматическое повторное включение) и других устройств автоматики, $\lambda_{K3_2}^{ab}$, отказ/операция.

Взаимосвязь перечисленных видов повреждений выключателя (модель выключателя) описывается функцией следующего вида¹

$$\lambda_B^{ab} = \lambda_{CT_1}^{ab} + \lambda_{CT_2}^{ab} + \lambda_{OP}^{ab} n_{OP} + n_{K3}^{уст} [\lambda_{K3_1}^{ab} \sum_{K=0}^{K_{АПВ}} \exp(-(\lambda_{K3_1}^{ab} + \lambda_{K3_2}^{ab})K) + \lambda_{K3_2}^{ab} \sum_{K=0}^{K_{АПВ}} \exp(-(K\lambda_{K3_1}^{ab} + (K-1)\lambda_{K3_2}^{ab}))] + n_{K3}^{АПВ} [\lambda_{K3_1}^{ab} + \lambda_{K3_2}^{ab} \exp(-\lambda_{K3_1}^{ab})] \quad (1)$$

где n_{OP} – среднегодовое количество плановых операций, операция/год;

$n_{K3}^{уст}$ – среднегодовое количество устойчивых коротких замыканий на присоединенном к выключателю элементу, откл/год;

$n_{K3}^{АПВ}$ – среднегодовое количество самовосстанавливающихся коротких замыканий на присоединенном к выключателю элементу, откл/год;

$K_{АПВ}$ – кратность действия устройства АПВ; при отсутствии АПВ $K_{АПВ}=0$, при однократном АПВ $K_{АПВ}=1$, при двукратном АПВ $K_{АПВ}=2$;

$n_{K3}^{уст} [\lambda_{K3_1}^{ab} \sum_{K=0}^{K_{АПВ}} \exp(-(\lambda_{K3_1}^{ab} + \lambda_{K3_2}^{ab})K)]$ – средняя частота отказов выключателя в автоматических отключениях устойчивого повреждения присоединенного

элемента после K раз действий АПВ при условии, что до этого все автоматические операции выключатель производил исправно;

$$n_{K3}^{уст} [\lambda_{K3_2}^{ab} \sum_{K=0}^{K_{АПВ}} \exp(- (K\lambda_{K3_1}^{ab} + (K-1)\lambda_{K3_2}^{ab}))] - \text{средняя частота отказов}$$

выключателя в автоматических включениях на устойчивое повреждение присоединенного элемента под K -м действием АПВ при условии, что все предыдущие операции выключатель производил исправно;

$$\lambda_{K3_1}^{ab} n_{K3}^{АПВ} - \text{средняя частота отказов выключателя в автоматическом}$$

отключении самовосстанавливающихся отказов присоединенного элемента;

$$\lambda_{K3_2}^{ab} n_{K3}^{АПВ} \exp(-\lambda_{K3_1}^{ab}) - \text{средняя частота отказов выключателя в}$$

автоматическом включении после действия АПВ при самовосстанавливаемом отказе присоединенного элемента.

Значения $n_{оп}$, $n_{K3}^{уст}$ и $n_{K3}^{АПВ}$ зависят от типа присоединения (ЛЭП, трансформатор, сборные шины), его местоположения в схеме сети (радиальная или межсистемная ЛЭП) и надежности работы; в расчетах надежности без особой погрешности можно принять, что

$$n_{оп} \approx 2\lambda^{пл}, \quad n_{K3} \approx \lambda^{ab}, \quad (2)$$

где $\lambda^{пл}$ и λ^{ab} – среднегодовая частота плановых и аварийных отключений элемента.

Среднегодовое количество плановых и автоматических операций, проводимых выключателем в цепи трансформатора или ЛЭП, существенно отличаются друг от друга.

Исследованиями А.В. Мясникова [4] показано, что параметр потока отказов выключателя в статическом состоянии практически не зависит от длительности его эксплуатации

$$\lambda_{ст}^{ab}(t) = \lambda_{ст}^{ab} = \lambda_{ст_1}^{ab} + \lambda_{ст_2}^{ab} = \text{const} \quad (3)$$

По данным же [5] удельный вес отказов выключателя, обусловленных дефектами их изготовления и монтажа составляет около 35 % общего числа его повреждений

Следовательно, повышение надежности работы собственно выключателя во времени происходит только за счет снижения его отказов в действии при проведении плановых и автоматических включений и отключений.

Так как $\lambda_{K3_1}^{ab}$ и $\lambda_{K3_2}^{ab}$ значительно меньше 1, то

$$e^{-\lambda} = 1 - \lambda \quad (4)$$

Тогда при однократном АПВ ($K_{АПВ}=1$) функция для периода устойчивой эксплуатации ($t \geq 10$ лет) примет вид

а) для линейного выключателя

$$\lambda_{ЛВ}^{ab} = \lambda_{ст}^{ab} + 2\lambda_{оп}^{ab} \lambda_{ВЛ}^{пл} + \lambda_{АПВ}^{ab} L_{ВЛ} 10^{-2} [\lambda_{K3_1}^{ab} + \lambda_{K3_2}^{ab} (1 - \lambda_{K3_2}^{ab})] + [\lambda_{K3_1}^{ab} (2 - \lambda_{K3_1}^{ab} - \lambda_{K3_2}^{ab}) + \lambda_{K3_2}^{ab} (1 - \lambda_{K3_1}^{ab} - \lambda_{K3_2}^{ab})] \lambda_{уст}^{ab} L_{ВЛ} 10^{-2} \quad (5)$$

б) для трансформаторного выключателя

$$\lambda_T^{ab} = \lambda_{CT}^{ab} + 2\lambda_{OP}^{ab} \lambda_T^{пл} + [\lambda_{K3_1}^{ab} (2 - \lambda_{K3_1}^{ab} - \lambda_{K3_2}^{ab}) + \lambda_{K3_2}^{ab} (1 - \lambda_{K3_1}^{ab} - \lambda_{K3_2}^{ab})] \lambda_T^{ab} \quad (6)$$

в) для линейно-трансформаторного выключателя

$$\lambda_{ЛТВ}^{ab} = \lambda_{CT}^{ab} + (2\lambda_{OP}^{ab} (\lambda_{ВЛ}^{пл} + \lambda_T^{пл}) + \lambda_{АПВ}^{ab} L_{ВЛ} 10^{-2} [\lambda_{K3_1}^{ab} + \lambda_{K3_2}^{ab} (1 - \lambda_{K3_2}^{ab})]) + [\lambda_{K3_1}^{ab} (2 - \lambda_{K3_1}^{ab} - \lambda_{K3_2}^{ab}) + \lambda_{K3_2}^{ab} (1 - \lambda_{K3_1}^{ab} - \lambda_{K3_2}^{ab})] (\lambda_{УСТ}^{ab} L_{ВЛ} 10^{-2} + \lambda_T^{ab}) \quad (7)$$

г) для междушинных и секционных выключателей

$$\lambda_{МШВ}^{ab} = \lambda_{CT}^{ab} + \lambda_{OP}^{ab} n_{OP}^{СШ} + [\lambda_{K3_1}^{ab} (2 - \lambda_{K3_1}^{ab} - \lambda_{K3_2}^{ab}) + \lambda_{K3_2}^{ab} (1 - \lambda_{K3_1}^{ab} - \lambda_{K3_2}^{ab})] \lambda_{секц}^{ab} \quad (8)$$

где $n_{OP}^{СШ}$ – среднегодовое количество включений и отключений междушинного выключателя (МШВ), зависящее от схемы ОРУ и количества присоединенных к секции шин элементов, операции/год;

$\lambda_{секц}^{ab}$ – параметр потока отказов секции сборных шин, зависящий от схемы ОРУ, класса напряжения и количества присоединенных к секции шин элементов, отказ/секция·год.

Приведенные зависимости параметра потока отказов выключателя от длительности его эксплуатации представляют сложную функцию нескольких переменных, что значительно усложняет возможность ее практического использования. Поэтому был проведен анализ численных значений этой функции, показавший, что для всех групп выключателей зависимость параметра потока их отказов от длительности эксплуатации с точностью не менее 95% может быть приближена закона Вейбулла

$$\lambda_B^{ab}(t) = \lambda_B^{ab}(t=1) t^{\alpha_B - 1} = \lambda_B^{ab}(0.1 t)^{\alpha_B - 1} \quad (9)$$

где α_B – обобщенный параметр формы распределения Вейбулла;

$\lambda_B^{ab}(t=1), \lambda_B^{ab}$ – параметры потока отказов выключателя, подсчитанные по выражениям (5)-(8) для 1-го года и в установившемся режиме его эксплуатации.

К повреждениям выключателей, приводящим к развитию аварии, относятся перекрытия наружной и внутренней изоляции со стороны питающего элемента, повреждения контактной системы, непогашения дугогасительным устройством, повреждения в механизмах приводов и цепях управления.

Следовательно, к отказам с развитием аварии можно отнести часть повреждений выключателя в статике ($\lambda_{CT_1}^{ab}$) и отказа в отключениях при коротких замыканиях ($\lambda_{K3_1}^{ab}$).

Тогда параметр потока отказов выключателя, приводящих к развитию аварии, определится по выражению

$$\lambda_B^{ab'} = \lambda_{CT_1}^{ab} + \lambda_{K3_1}^{ab} (n_{K3}^{уст} \sum_{K=0}^{K_{АПВ}} [\exp(-(\lambda_{K3_1}^{ab} + \lambda_{K3_2}^{ab})K) + n_{K3}^{АПВ}]), \quad (10)$$

которое для выключателей различного назначения при однократном АПВ в установившемся режиме эксплуатации примет вид:

а) для линейных выключателей

$$\lambda_{ЛВ}^{ав} = \lambda_{СТ_1}^{ав} + \lambda_{КЗ_1}^{ав} L_{ВЛ} 10^{-2} [\lambda_{утс}^{ав} (2 - \lambda_{КЗ_1}^{ав} - \lambda_{КЗ_2}^{ав}) + \lambda_{АПВ}^{ав}] \quad (11)$$

б) для трансформаторных выключателей

$$\lambda_{ТВ}^{ав} = \lambda_{СТ_1}^{ав} + \lambda_{КЗ_1}^{ав} \lambda_T^{ав} (2 - \lambda_{КЗ_1}^{ав} - \lambda_{КЗ_2}^{ав}) + \lambda_{АПВ}^{ав} \quad (12)$$

в) для линейно-трансформаторных выключателей

$$\lambda_{ЛТВ}^{ав} = \lambda_{СТ_1}^{ав} + \lambda_{КЗ_1}^{ав} [(\lambda_{утс}^{ав} L_{ВЛ} 10^{-2} + \lambda_T^{ав}) (2 - \lambda_{КЗ_1}^{ав} - \lambda_{КЗ_2}^{ав}) + \lambda_{АПВ}^{ав} L_{ВЛ} 10^{-2}] \quad (13)$$

г) для междушинных и секционных выключателей

$$\lambda_{МШВ}^{ав} = 2\lambda_{СТ_1}^{ав} + \lambda_{секц}^{ав} \lambda_{КЗ_1}^{ав} (2 - \lambda_{КЗ_1}^{ав} - \lambda_{КЗ_2}^{ав}) \quad (14)$$

Зависимость параметра потока отказов выключателя с развитием аварии от длительности его эксплуатации по аналогии с (85) хорошо приближается распределением Вейбулла вида

$$\lambda_B^{ав}(t) = \lambda_B^{ав} (0.1t)^{\alpha_B^a - 1} \quad (15)$$

где $\lambda_B^{ав}$ – параметр потока отказов выключателя с развитием аварии в установившемся режиме эксплуатации ($t \geq 10$ лет);

α_B^a – параметр формы распределения Вейбулла для отказов выключателя с развитием аварии.

Библиографический список

1. Вазягин, Л.К. О целесообразности применения неполнофазных режимов на одноцепных линиях с односторонним питанием / Л.К. Вазягин – В кн.: Надежность и экономика энергосистем, том I, «Наука», Новосибирск, 1970. – С. 234-241.
2. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике (конспект лекций), Ленинградский политехн. ин-т, 1971. – 123 с.
3. Дементьев Ю.А., Мисриханов М.Ш., Столяров Е.И., Абдурахманов А.М., Федоров В.Е., Шунтов А.В. О надежности ячеек элегазовых выключателей 110-750 кВ подстанций. – «Электрические станции», № 1. – 2011. – С. 51-54.
4. Мясников А.В. Вероятностные методы оценки надежности схем электрических соединений станций с учетом энергосистемы. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – М., 1969, 20 с. (Всесоюз. науч.-исслед. ин-т электроэнергетики).
5. Семяшкин Ф.И. Характеристики надежности электротехнического оборудования, полученные на основе данных эксплуатации. – В кн.: Доклад на II Всесоюзном научно-техническом совещании по устойчивости и надежности энергосистем СССР, «Энергия». – М., 1969. – С. 538-545.

ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ВИНОГРАДАРСТВЕ

Щеголихина Татьяна Алексеевна, научный сотрудник, ФГБНУ «Росинформагротех»

Неменуцкая Людмила Алексеевна, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Росинформагротех»

Коноваленко Людмила Юрьевна, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Росинформагротех»

Аннотация: затронуты вопросы совершенствования агроприемов возделывания винограда с применением технологий точного земледелия

Ключевые слова: виноградные насаждения, точное земледелие, влагосодержание, удобрение, средства защиты

Современное виноградарство – социально значимая отрасль сельского хозяйства, занимающаяся выращиванием винограда столовых и технических сортов, обеспечивая потребителей свежим виноградом, а винодельческую промышленность – сырьем. Для оптимизации процессов выращивания винограда необходимо использовать инновационные технологии точного земледелия. За рубежом такие технологии активно применяются на разных этапах виноградарства, начиная от выбора посадочных площадей и заканчивая сбором урожая. Например, определение качества почвы осуществляется с помощью, установленного на трактор устройства GPS. При прохождении ежедневно по одному и тому же маршруту по винограднику, устройство фиксирует данные о состоянии грунта, после чего они обрабатываются специальной программой, которая позволяет контролировать и корректировать обработку каждого участка в соответствии с его потребностями. Также широко за рубежом применяется технология NDVI, суть которой заключается в диверсифицировании урожая по качеству и поэтапного сбора урожая, что позволяет добиться наибольшей гомогенности и высокого уровня качества винограда в урожае. Оснатив сельскохозяйственную технику камерами и GPS навигаторами с помощью технологии считывания инфракрасного излучения (используя информацию о цвете плодов и концентрации антиоксидантов – антоцианинов, содержании полифенолов в ягодах винограда) можно определить точную дату сбора урожая с различных участков виноградника. Кроме сбора урожая фермеры используют позиционирующие данные (функция ГИС) для составления карт полей и хозяйств [1].

Важным фактором при выращивании винограда является почвенное плодородие, неоднородность грунта. Агрономические решения (рекомендуемый сорт винограда; система обработки почвы; вид, сроки и нормы внесения удобрений и средств защиты и пр.) необходимо принимать на основе анализа результатов диагностики почв, проводя агрохимический анализ. Он проводится

для определения степени обеспеченности почвы основными элементами минерального питания, определения механического состава почвы, водородного показателя и степени насыщения органическим веществом, т.е. тех элементов, которые определяют ее плодородие, и отражает состояние почвы по следующим основным показателям:

- агрохимические показатели: рН – кислотность почвы, органическое вещество почвы, гранулометрический состав, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, нитраты;

- макроэлементы: подвижный фосфор, обменный калий, азот нитратов, азот аммонийный, железо;

- микроэлементы: кобальт, марганец, медь, молибден, цинк, никель;

- токсичные элементы: кадмий, свинец, хром, ртуть, мышьяк, бензапирен, нефтепродукты;

- бактериология: индекс БГКП (количество бактерий группы кишечная палочка на 1 г почвы), индекс энтерококков (количественное содержание бактерий рода энтерококки в 1 грамме почвы), патогенные бактерии [2].

Определив содержание основных элементов питания в почве, ее кислотность, содержание гумуса и пр., можно оптимизировать пищевой режим растений и повысить эффективность применения удобрений и химических средств защиты, направленных на формирование высокопродуктивного виноградарства. Для своевременного обнаружения начала заболеваний, а также для определения недостатка в питании растений различных элементов необходимо регулярно проводить фитосанитарное обследование, на основании которого проводить уход посредством технология дифференцированного внесения. Реализовать данную технологию с учетом неоднородности агрохимических свойств почвы возможно за счет применения сельскохозяйственной техники, оснащенной различными типами сенсорных датчиков, устройствами контроля и управления процессом внесения. Принцип работы датчиков основан на измерении величины отраженного света от листовой поверхности в красном и инфракрасном диапазоне света, на основании которой определяется содержание хлорофилла в листьях и биомасса. С помощью компьютера и соответствующего программного обеспечения происходит обработка данных, определяется количество удобрений или средств защиты, необходимое для конкретного участка виноградника. В зависимости от интенсивности окраски листьев, сенсор повышает или снижает норму внесения азотных удобрений.

Поскольку виноградарство сосредоточено, в основном, в южных регионах с относительно жаркими климатическими условиями, зачастую с дефицитом влаги, то особое внимание отводится системе и режиму орошения виноградников. В системе точного земледелия при возделывании виноградников должны найти отражение мониторинг по учету потребления растениями респираторной влаги, ее недостатка; определение стрессовых ситуаций влагообеспечения; мониторинг диагностики состояния почек глазков растения (в северных зонах возделывания), определение их плодоносности и внесение

корректировок перед проведением обрезки для определения нагрузки и длины обрезки плодовой лозы. Такие исследования проводятся сотрудниками ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН» (г. Ялта) [3].

Также в ФГБУН ВНИИВИВ «Магарач» при помощи ГИС-технологий разработана модель перспективного долгосрочного прогноза оптимизации размещения промышленных посадок виноградных насаждений в Республике Крым, включающая в себя данные на 2035 и 2050 гг. Для этого использовалась ранее разработанная цифровая комплексная многофакторная картографическая модель пространственного распределения основных лимитирующих промышленное виноградарство агроэкологических факторов, включающая в себя данные по морозоопасности и теплообеспеченности территории, а также почвенных условий. В модель прогноза были внесены корректировки климатических показателей согласно выявленным тенденциям их изменения. В ходе исследований построены карты прогноза распределения теплообеспеченности территории Крыма по состоянию на 2035 и 2050 гг. и объединены с картографическими моделями распределения морозоопасности Крымского полуострова и почвенными картами. В результате территория Крымского полуострова была разделена на 14 экотопов. С использованием программного пакета ArcGIS 10 составлен и испытан алгоритм оценки степени пригодности территории Крымского полуострова для ведения промышленной культуры винограда. Построены тренды изменения основных для винограда климатических показателей. Исходя из полученных результатов разработаны перспективные картографические модели прогноза пространственного распределения уровней теплообеспеченности и морозоопасности до 2035 и 2050 гг. Выявлена тенденция к значительному увеличению площадей экотопов с теплообеспеченностью выше 3500°C и сокращению площадей на территории всех остальных экотопов [4].

В крупных российских виноградарских хозяйствах начинают использовать для посадки зарубежные посадочные машины, с навигацией ГЛОНАСС/GPS. Принцип работы данных машин заключается в определении места посадки первого саженца и направлении ряда. Данные координаты фиксируются, и дальнейшая посадка ведётся относительно этих координат, согласно заданной схеме. Посадку в данном случае можно начинать с любой точки поля, а программа в режиме реального времени отслеживает машину, где и на каком ряду она находится. Необходимость разбивки поля на ряды отсутствует. Обслуживают машину один механизатор и двое рабочих (сажальщиков) [5].

В виноградарстве элементы точного земледелия должны включать:

- составление географических информационных систем, включающих электронные карты различного масштаба по землепользованию;
- составление информации об агрохимических и физико-механических параметрах почвы с целью определения параметров ее плодородия;
- определение системы содержания почвы с целью сохранения ее структуры, а также повышения биологической активности и плодородия;

- разработку технологических приемов ухода за почвой для различных зон возделывания винограда, включающих выбор и планировку участка, глубокое рыхление подпахотного горизонта, подъем плантажа с предварительным внесением удобрений, поверхностную обработку почвы с целью сохранения влаги, а также выполнения последующих работ – разбивка участка, посадка и т.п.

Выполнение всех видов работ должно проводиться согласно технологическим картам, с постоянной корректировкой по наименованию работ, нормативным и стоимостным показателям [3].

Библиографический список

1. Раджабов, А.К. Состояние и перспективы развития виноградарства, включая питомниководство: науч. аналит. обзор. / А.К. Раджабов, Н.П. Мишуров, Т.А. Щеголихина – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 92 с.

2. Щеголихина, Т.А. Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч.-аналит. Обзор. Т.А. Щеголихина, В.Я. Гольдяпин– М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.

3. Борисенко, М.Н. Вопросы совершенствования технологии обработки почвы на виноградниках / М.Н. Борисенко, М.Р. Бейбулатов, Н.А. Скориков, Н.В. Алейникова, Р.А. Буйвал, П.А. Диденко // Виноградарство и виноделие. –Т. 45. – 2015. – С. 45-48

4. Лиховской, В.В. Прогностическое развитие виноградарства Крыма по результатам научных исследований во ВНИИВИВ «Магарач» в 2018 г. В.В. Лиховской, В.А. Волынкин, Е.П. Странишевская, С.М. Гориславец, В.И. Рисованная, Е.А. Рыбалко // научные труды СКФНЦСВВ. – Т. 22. – 2019. – С. 68-78

5. Смирнов, К.В. Виноградарство: учебник. К.В. Смирнов, Л.М. Малтабар, А.К. Раджабов, Н.В. Матузок, Л.П. Трошин – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 500 с.

УДК 632.08

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Коноваленко Людмила Юрьевна, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Росинформагротех»

Щеголихина Татьяна Алексеевна, научный сотрудник, ФГБНУ «Росинформагротех»

Аннотация: Показана возможность использования БПЛА и робототехники при фитосанитарном мониторинге и защите сельскохозяйственных растений от вредных организмов. Рассмотрены современные отечественные и зарубежные разработки в этой области.

Ключевые слова: защита растений, цифровые технологии, БПЛА, робототехника

В настоящее время признано, что наиболее приемлемыми и эффективными методами борьбы с вредными организмами являются интегрированные системы защиты растений. Характерной особенностью интегрированной защиты является наиболее полное использование всех нехимических средств, приемов и регламентация (ограничение) применения пестицидов [1].

Глобальный разворот АПК к биологизации и экологизации обусловлен проблемами загрязнения окружающей среды и в том числе, растениеводческой продукции остаточными количествами пестицидов, развитием резистентности к пестицидам у вредителей, снижением плодородия почв.

Вице-премьер Алексей Гордеев на первом международном агропромышленном форуме, проходившем в октябре 2019 г. в Москве в рамках выставки «Золотая осень», отметил: «В последнее время понятие «интегрированное сельское хозяйство» все больше звучит в Евросоюзе, и в частности, в таких странах, как Германия и Франция. Речь идет том, чтобы сельскохозяйственное производство производило продукцию в гармонии с природой, нанося наименьший вред окружающей среде и поставляло на прилавки полноценное качественное продовольствие» [2].

Уменьшить количество используемых химических пестицидов, возможно не только увеличив количество биопрепаратов или посредством агротехнических мероприятий, но и с помощью цифровых технологий. Возможно использование для оценки заселенности, пораженности и засоренности полей самолетов, вертолетов, сверхлегких (СЛА) и беспилотных (БПЛА) летательных аппаратов и специализированных космических спутников, оснащенных миниатюрными гиперспектральными камерами. При этом сверхлегкие и беспилотные аппараты (СЛА и БПЛА) имеют преимущество дистанционного контролирования фитосанитарного состояния агроэлемента. При съемке с БПЛА и СЛА обеспечивается лучшая детализация исследуемой территории по сравнению со спутниками. Но эта разница может быть минимизирована за счет повышения разрешающей способности фотокамер.

По мнению специалистов, наиболее приемлема при фитосанитарном прогнозировании сегодня аэрофотосъемочная система, установленная на БПЛА серии «Геоскан 201». Этот аппарат оборудован двумя камерами. Камера «Sony α 5000» (ИК-камера) проводит съемки одновременно в видимом геокодированном картировании. Вторая камера используется для мониторинга объектов почвоведения и агрохимии. Спектрональное формирование информации двух фонов (фон культурных и фон сорных растений) позволяет удалить из кадра фон культурных растений, оставив фон сорных. Непосредственно перед механизированной обработкой поля электронное записывающее устройство может быть установлено в комплект опрыскивателя и выдавать команды к применению пестицидов (в данном случае - гербицидов) с учетом гетерогенности засорения [3].

Одна британская компания, использующая технологии спутниковой навигации разработала систему, которая позволяет точно локализовать и

идентифицировать заболевания растений, положение вредителей и сорняков на полях. Интегрировав эти данные, они выстраивают схему обработки поля, используя разбрызгиватели со встроенными GPS-приемниками, которые включают подачу пестицидов в нужных местах поля.

В Японии создали Agridrone, который будет бороться с насекомыми-вредителями ведущими ночной образ жизни и позволит сократить использование инсектицидов. Беспилотник совершает вылет ночью в автоматическом режиме. При помощи инфракрасных и тепловых камер он определяет места с повышенной численностью насекомых и уничтожает их небольшими дозами инсектицида. Также, беспилотник может использовать светящиеся электрические ловушки. Тестирования показали, что дрон контролирует численность около 50 видов различных вредителей.

Китайская фирма DJI в конце 2017 года представила БПЛА сельскохозяйственного назначения MG-1S Advanced с системами, повышающими эффективность и точность работы дрона. На севере Китая, в провинции Шаньси в садах уже работает более 10 беспилотников. Ежедневно оператор может обрабатывать пестицидами площадь около 40 гектаров.

Всего использование в мире БПЛА составляет 6%. Рынок БПЛА для агрокомплекса развивается и в России, несмотря на сложности в нормативно-правовом регулировании. Сейчас российские ученые работают над экспериментальными коптерами, которые смогут поднимать до 5 тонн груза. Разрабатываются технологии ультрамалообъемного внесения, которые снижают использование пестицидов.

В Швейцарии сегодня тестируется робот-пропольщик. Система на солнечных батареях, перемещаясь по полю, с помощью камеры сканирует побеги, выявляет среди них сорную растительность и опрыскивает ее небольшой дозой гербицидов. Благодаря селективному подходу робот способен в 20 раз сократить использование гербицидов в хозяйстве. Выход этой системы на массовый рынок планируется в 2019 году.

В Австралии, Германии созданы роботы, аналогичные швейцарскому. В дальнейшем планируется вместо гербицидов использовать лазерный луч, чтобы полностью отказаться от использования химии. В США испытывают свою установку для борьбы с сорняками (See & Spray). Принцип работы такой же, как и у швейцарской системы – распознавание сорняков и их точечная обработка гербицидом. Но передвигается американская установка не самостоятельно, а с помощью трактора [4, 5].

Компании «Метазет-Формфлекс», «Экоэйшен» и «Микотон» создали робота IRIS (рис.), который осматривает растения и определяет визуальные признаки заболеваний, наличия вредителей, нарушений питания и других проблем развития растений на их ранней стадии, а также учитывает количество плодов и прогнозирует ожидаемый урожай в теплицах.



Рисунок – Робот для мониторинга состояния растений в теплице

Робот IRIS способен прогнозировать стресс растений и обладает уникальным интеллектом, что может значительно повысить эффективность защиты растений. В результате снизится расход средств защиты растений, трудозатраты и потери урожая. Он оснащен патентованным сенсором SABER TM, смонтированным на самоходной тележке, которая автоматически перемещается по регистрам напольного обогрева (труборельсы).

IRIS опознает инфекции, вредителей и нарушения развития растений на ранней стадии, вся собранная информация передается в «облако» для немедленного анализа и обработки. Пользователь может ознакомиться с результатами на своем компьютере, планшете или смартфоне. Вовремя обнаруженная инфекция позволяет вовремя принять меры и не выходит из-под контроля. Именно это обеспечивает наибольшую экономию труда и средств.

Таким образом, внедрение инновационных технологий в интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур будет способствовать оперативному мониторингу численности вредных организмов и минимизации использования пестицидов, а значит экологизации земледелия.

Библиографический список

1. Баздырев, Г.И. Интегрированная защита растений от вредных организмов: учеб. пособие. Г.И. Баздырев, Н.Н. Третьяков, О.О. Белошапкина–М.: ИНФРА-М., 2014. – 302 с.
2. Российский опыт по созданию «зелёного бренда» может быть уникальным [Электронный ресурс]. URL: <http://www.finmarket.ru/news/5093843> (дата обращения 20.10.2019).
3. Захаренко, В.А. Элементы ИТ-технологий на службе фитосанитарного мониторинга / В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. – № 11. – 2018. – С. 17-19.
4. Цифровизация в защите растений [Электронный ресурс]. URL:

<https://agroportal-ziz.ru/articles/cifrovizaciya-v-zashchite-rasteniy> (дата обращения 04.09.2019).

5. Создан робот для мониторинга растений в теплицах [Электронный ресурс]. URL: <http://agroportal.ua/news/tekhnika/sozdan-robot-dlya-nablyudeniya-za-rasteniyami-v-teplitsakh/> (дата обращения 14.10.2019).

УДК 621.3.072:519.673(075)

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Забудский Евгений Иванович, профессор кафедры электропривода и электротехнологий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Разработана микропроцессорная САУ, которая совместно со статическим компенсатором реактивной мощности предназначена для поддержания напряжения в электроэнергетической системе в месте его установки на заданном уровне. Одновременно со стабилизацией напряжения снижаются потери мощности в электроэнергетической системе, и улучшается режим работы электропотребителей.

Ключевые слова: микроЭВМ, система автоматического управления, управляемый реактор, распределительная электросеть.

Разработана, изготовлена и испытана микропроцессорная система управления углом открытия тиристоров для управляемых реакторов (УР), электромагнитные схемы которых рассмотрены и исследованы в [1]. Одно из назначений управляемого реактора – выполнение функций регулирующего элемента статического компенсатора реактивной мощности (СКРМ), который предназначен для работы в распределительных сетях (рис. 1, а, б). Так как при компенсации реактивной мощности Q потери напряжения в сети уменьшаются, то при определенных условиях СКРМ используется не только для обеспечения баланса реактивной мощности, но и в качестве средства регулирования и стабилизации напряжения в сети в месте его установки. Это достигается регулированием потребления и выдачи реактивной мощности компенсатором посредством выработки управляющего воздействия, подаваемого на тиристоры в соответствии с измеряемыми переменными системы. Одновременно со стабилизацией напряжения снижаются потери мощности в электроэнергетической системе и улучшается режим работы электропотребителей.

Микропроцессорная система управления реализована на основе однокристалльной микроЭВМ КР1816ВЕ51 [2]. Разработан алгоритм и в соответствии с ним составлена управляющая ассемблер-программа. Управление реакторами, предназначенными для работы в распределительных сетях, осуществляется автоматически путем сравнения номинального напряжения сети с измеряемым напряжением в месте установки реактора.

Целью действия САУ является автоматическая стабилизация напряжения распределительной электросети в месте установки реактора на уровне соответствующем номинальному напряжению с заданной точностью приблизительно $\pm 1\%$. Это реализуется за счет изменения тока подмагничивания I_L совмещенных управляемых реакторов и реакторов-трансформаторов. При уменьшении напряжения сети необходимо уменьшать ток подмагничивания до тех пор, пока напряжение сети не увеличится до нормируемого уровня, а при увеличении напряжения – необходимо соответственно увеличить ток подмагничивания. САУ состоит из блока управления, силового блока и источника постоянного стабилизированного напряжения $+5\text{ В}$, $+15\text{ В}$ и -15 В . На рис. 2,а показана функциональная схема САУ.

Габаритные размеры блока управления $260 \times 180 \times 40$ мм, его масса составляет не более 1 кг. Фотографии блока управления приведены на web-сайте автора, URL-адрес <http://zabudsky.ru>.

Посредством оптотиристоров, которые включены в два плеча мостового управляемого выпрямителя питающего обмотку управления (ОУ) реактора, осуществляется воздействие блока управления на силовой блок; с другой стороны, посредством оптотиристоров осуществляется гальваническая развязка этих блоков, т. е. слаботочной и сильноточной цепей (рис. 3).

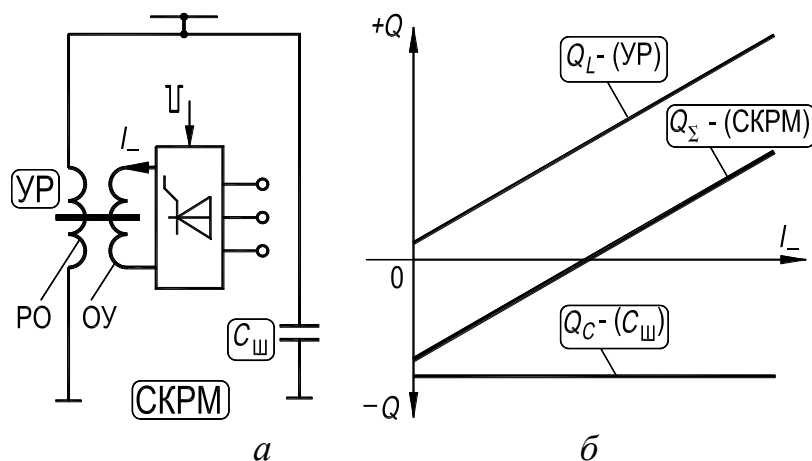


Рисунок 1 - Принципиальная схема СКРМ на базе УР (а); характеристика СКРМ $Q = f(I_L)$ (б), Q – реактивная мощность

Принцип действия САУ заключается в следующем. Стабилизируемое напряжение распределительной электросети через трансформатор напряжения Т поступает на АЦП А1 (Ф7077М/2), где преобразуется в цифровой двоичный код, который сравнивается процессором с цифровым двоичным кодом (уставкой) задающимся с помощью переключателей $S1, S2, \dots, S8$, установленных на лицевой панели блока управления (рис. 2, а). При неравенстве этих кодов определяется знак рассогласования и соответствующим образом изменяется угол открытия оптотиристоров в каждом полупериоде сети, от которой питается силовой блок, что приводит к изменению постоянной составляющей тока протекающего в ОУ реактора и в свою очередь к изменению напряжения стабилизируемой электросети (рис. 3). Система автоматического регулирования,

совместно с управляемым реактором, образуют замкнутую систему автоматического поддержания заданного уставкой напряжения распределительной электросети.

При разработке алгоритма функционирования САУ использован математический аппарат цифровой (дискретной) обработки аналоговых величин, в рассматриваемом случае стабилизируемого напряжения распределительной электросети, который реализован в управляющей ассемблер-программе.

Алгоритм работы системы автоматического управления содержит следующие этапы: 1) переключатель $S9$ «Сброс-работа» устанавливается в положение «Сброс»; 2) на блок управления подается питание +5 В, +15 В и -15 В; 3) силовой блок подключается к сети переменного тока; 4) на переключателях $S1, S2, \dots, S8$ набирается двоичный код уставки; 5) микроЭВМ ($D1$) переходит из состояния сброса к работе по управляющей программе. В результате в регулируемой электросети в месте расположения УР устанавливается в соответствии с ВАХ реактора заданное значение напряжения, отображаемое на вольтметре PV (рис. 2, мб).

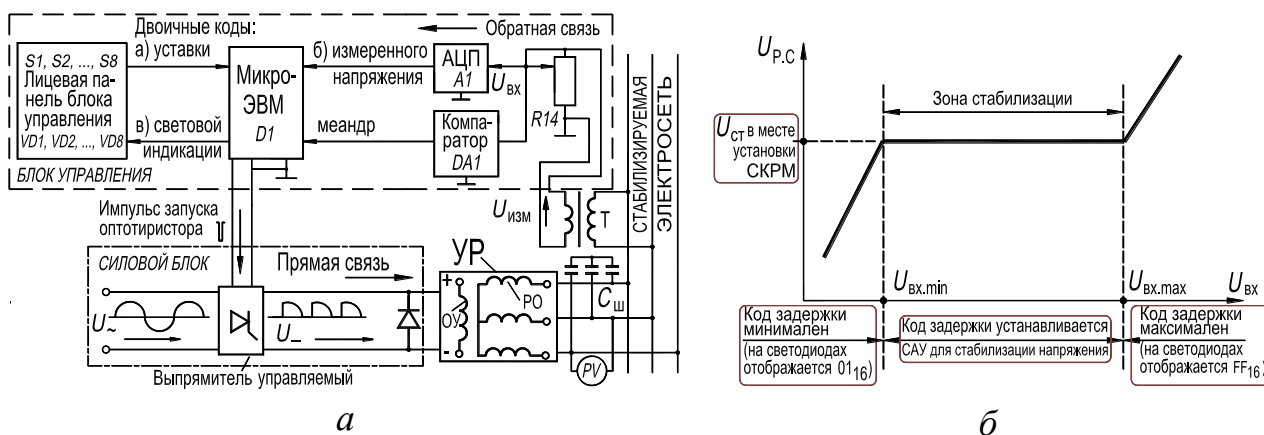


Рисунок 2 - Функциональная схема (а) и характеристика стабилизации САУ (б)

В диапазоне $U_{вх.min} \leq U_{вх} \leq U_{вх.max}$ имеет место стабилизация, т. е. САУ поддерживает равенство $U_{р.с} = U_{ст}$, т. к. в этой зоне, в соответствии с в.а.х. реактора, изменение напряжения $U_{вх}$ на входе АЦП $A1$ полностью компенсируется соответствующим током подмагничивания I - протекающим по обмотке управления реактора. Этот ток регулируется системой за счет коррекции кода задержки включения оптотиристоров.

Процесс стабилизации возможен в допустимом «окне» задержек включения оптотиристоров, составляющем 1...9 мс.

Для того, чтобы войти в зону стабилизации необходимо, например, изменить с помощью делителя $R14$ напряжение на входе АЦП $A1$ или же изменить код уставки с помощью переключателей $S1, S2, \dots, S8$. При этом импульс запуска оптотиристоров перемещается в разрешенный диапазон задержек. Примерно через 1...2 секунды система входит в режим стабилизации, о чем свидетельствует высвечивание на индикаторах кода, равного коду уставки.

Опытный образец совмещенного управляемого реактора изготовлен согласно

электромагнитной схеме рис. 4,а (авт. св. 1658224 СССР. Трехфазный управляемый реактор / Е.И. Забудский, Ю.В. Ермураки, С.Ф. Козырин. Оpubл. 23.06.91, Бюл. № 23). Активная часть реактора состоит из трех одинаковых модулей и характеризуется следующими основными данными: количество планарных магнитонесвязанных сердечников – 3; количество стержней в одном сердечнике – 4; длина стержня – $10 \cdot 10^{-2}$ м; поперечное сечение стержня – $10 \cdot 10^{-4}$ м²; материал магнитопровода – сталь 3413, $0,35 \cdot 10^{-3}$ м; сочленение стержней и ярм – шихтованное внахлест; число витков в катушках трехфазной рабочей обмотки – $W_6 = 142$, $W_M = 82$; число витков в катушке обмотки управления – $W_0 = 197$; число эффективных витков в катушках обмоток – 2; диаметр провода – $1,32 \cdot 10^{-6}$ м². Испытания проводились при отсутствии и наличии перемычки, соединяющей зажимы *a*, *b*, *c* обмотки управления ОУ. При разомкнутых зажимах *a*, *b*, *c* эта обмотка содержит три параллельные ветви, а при замкнутых зажимах – шесть параллельных ветвей. Кроме того, в процессе исследования катушки обмотки управления соединялись встречно-последовательно, при этом в ОУ отсутствуют параллельные ветви. При разомкнутых зажимах *a*, *b*, *c* реализуется режим свободного намагничивания по 4- и 8-й гармоникам магнитного поля (СН_4_8), а при замкнутых зажимах – режим свободного намагничивания по 2-, 4-, 8- и 10-й гармоникам магнитного поля (СН_2_4_8_10). При встречно-последовательном соединении катушек ОУ (без параллельных ветвей) реализуется режим вынужденного намагничивания (ВН) по всем высшим гармоникам поля [3].

Представлены в.а.х. реактора $U_{1л} = f(I_{1л}, I_-)$ для режимов ВН (сплошные линии), СН_4_8 (пунктирные линии) и СН_2_4_8_10 (штрих-пунктирные линии). Как следует из экспериментальных зависимостей при $U_{1л} = 380$ В и токе подмагничивания $I_- = 6$ А диапазон регулирования реактора в режиме СН_2_4_8_10 ~ на 35 % больше, чем в режиме ВН и ~ на 21 % больше, чем в режиме СН_4_8. Режим СН_2_4_8_10 выгодно отличается не только увеличенным диапазоном регулирования тока $I_{1л}$, но и улучшенной формой кривой его.

Рассмотренный УР испытан совместно с разработанной и изготовленной микропроцессорной САУ стабилизацией напряжения электросети (рис. 2, а).

В опыте на обмотку управления ОУ подавалось выпрямленное напряжение, которое снималось с управляемого выпрямительного моста. Величина выпрямленного напряжения регулировалась автоматически за счет изменения угла открытия оптотиристоров ТО325-12,5, включенных в мост. Показаны осциллограммы тока $I_{1л}$, протекающего в рабочей обмотке РО реактора, и, выпрямленного напряжения U_- , подаваемого на обмотку управления ОУ при значении стабилизируемого напряжения $U_{1л} = 220$ В. При этом ток в РО составлял 4 А, ток подмагничивания в ОУ – 8,3 А, а угол открытия оптотиристоров – ~ 120. На рис. 5,б показаны осциллограммы этих же величин, но при токе в РО 5,9 А, токе подмагничивания 12,2 А и при неизменном значении (220 В) стабилизируемого напряжения, но при меньшем значении угла открытия оптотиристоров – ~ 111. Испытания показали устойчивость стабилизации напряжения.

Эффективность разработанного программно-аппаратного комплекса определяется устойчивостью стабилизации напряжения в точке установки СКРМ, быстротой отзывчивости его, универсальностью САУ и др.

САУ может быть использована при соответствующей коррекции для управления режимами дальних высоковольтных ЛЭП с реализацией регулирования по отклонению от передаваемой мощности, а также для автоматического управления другими объектами электроэнергетики и электромеханики.

Библиографический список

1. Забудский Е.И. Математическое моделирование управляемых электромагнитных реакторов / Е. И. Забудский. – М.: ООО «Мегаполис», 2018. – 355 с.

2. Evgeny Zabudsky. Voltage Regulation of Distributed System Based on Single-Chip Microcomputer // International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" Vol. 11, Number 1, ITHEA, Sofia (Bulgaria), June 2017, pp. 73-99.

3. Забудский Е.И. Режимы намагничивания управляемых электромагнитных реакторов / Е.И. Забудский // XVI Международная конференция «Электромеханика, Электротехнологии, Электротехнические материалы и Компоненты». Труды МКЭЭЭ-2016. – 19-24 сентября 2016, Крым, Алушта. – С.171-172.

УДК 631.363

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВОДЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Кожевникова Наталья Георгиевна, заведующая кафедрой, теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Дмитриева Арина Сергеевна, инженер кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Проведен анализ выработки электроэнергии за 2010-2019 годы электростанциями различных типов, дана сопоставительная оценка получения электроэнергии в октябре 2018 и 2019 годов, разработана классификация малых ГЭС, обоснована перспектива их использования.

Ключевые слова: энергетика, электроэнергия, гидроэлектростанция (ГЭС), малая ГЭС, микро ГЭС.

Современная энергетика представляет собой крупную высокоразвитую отрасль народного хозяйства и будучи основой развития всех базовых отраслей промышленности, она фактически определяет научно-технический прогресс.

Именно поэтому во всех промышленно развитых странах энергетика развивается опережающими темпами.

Электроэнергия в России вырабатывается тепловыми (ТЭС), гидравлическими (ГЭС) и атомными (АЭС) станциями. В последние годы электростанции России вырабатывают около 1091,7 млрд. кВт • час электроэнергии. На тепловые электростанции приходится до 57,77% производства электроэнергии, атомные – 18,71%, на гидроэлектростанции – около 17,74%, альтернативные виды электроэнергии (АВЭС) – 0,09% (рис. 1) [1, 2].

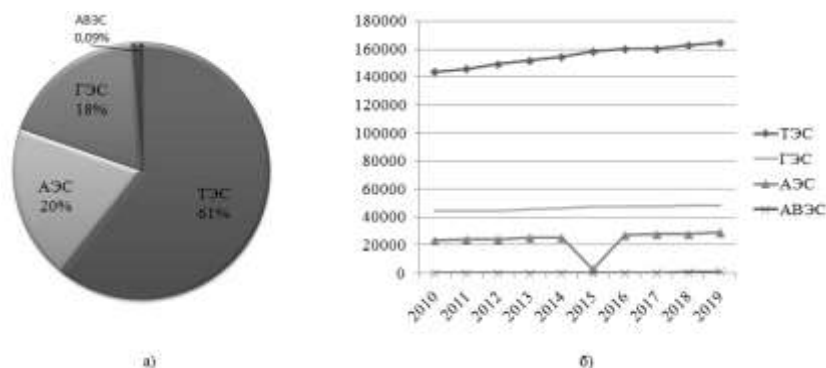


Рисунок 1 – Выработка электроэнергии в России:
а) за 2019 г. б) за период с 2010 г. по 2019г.

По оперативным данным АО «СО ЕЭС», потребление электроэнергии в октябре 2019 года в целом по России составило 91,1 млрд. кВт•ч, что на 1,2% больше аналогичного показателя 2018 года.

Основную нагрузку по обеспечению спроса на электроэнергию в ЕЭС России в октябре 2019 года несли тепловые электростанции (ТЭС), выработка которых составила 50,6 млрд. кВт•ч, что на 4,7% меньше, чем в октябре 2018 года.

Выработка ГЭС за десятый месяц 2019 года составила 17,1 млрд. кВт•ч (на 15,0% больше уровня 2018 года), выработка АЭС – 18,4 млрд. кВт•ч (на 10,1% больше уровня 2018 года), выработка электростанций промышленных предприятий – 5,6 млрд. кВт•ч (на 4,8% больше уровня 2018 года) (табл. 1) [1].

Таблица 1

Сравнительная характеристика спроса электроэнергии
за 2018 г. и 2019 г.

	Октябрь 2019 г. (млрд. кВт•ч)	Соотношение с октябрем 2018 г. (%)
Общее	91,1	+1,2
ТЭС	50,6	-4,7
ГЭС	17,1	+ 15
АЭС	18,4	+ 10,1

Несмотря на то, что большая доля выработки электроэнергии приходится на ТЭС, тем не менее, в настоящее время все чаще обращают внимание на

альтернативные и возобновляемые источники энергии. В частности для объектов сельскохозяйственного назначения и малых поселков, актуальным решением стало возведение малых и микро ГЭС, опыт их применения был успешно апробирован в конце 40-х – начале 50-х годов – в Советском Союзе имел место настоящий бум строительства малых гидроэлектростанций (МГЭС). Как правило, их возводили в сельской местности для электроснабжения отдельных колхозов или небольших предприятий [2].

Введение в эксплуатацию крупных ГЭС во второй половине прошлого века сделало малую гидрогенерацию практически не востребованной.

В настоящее время количество малых ГЭС в РФ вновь стало прирастать. Только за последние десятилетия их число увеличилось с 70 гидроэлектростанций (в начале 1990-х гг.) до нескольких сотен в настоящее время. В основном они используются для местного автономного энергоснабжения в изолированных и труднодоступных сельских районах или в качестве дополнительного источника в системах распределенной генерации.

На данный момент международного определения малых ГЭС нет. В Китае, например, к МГЭС относят станции мощностью до 25 МВт, в Индии – до 15 МВт. Однако в Европе общепринятой является следующая классификация: до 100 кВт – микро-ГЭС (разновидность МГЭС), 100-10 000 кВт – малые ГЭС.

В нашей стране в 1950-ых годах к понятию малых ГЭС относили станции мощностью до 30 МВт с диаметром рабочего колеса до 30 м, которые обслуживали в основном объекты опять таки сельскохозяйственного назначения [2].

В настоящее время, по нормативным документам (ГОСТ Р 55260.4.1-2013) можно частично найти определения малой и микро ГЭС:

- гидроэлектростанция малая (малая ГЭС): ГЭС с установленной мощностью от 100 до 25000 кВт;
- гидроэлектростанция микро (микро ГЭС): ГЭС с установленной мощностью до 100 кВт [3, 4].

Но в действующих СНиП 13330.2013 понятие малых ГЭС отсутствует.

Четкого определения, что такое малая и микро ГЭС, нет: в одних нормативных документах определение дано, а в других – отсутствует.

Тем не менее, обобщив материалы разных временных промежутков, мы предлагаем классификацию малых ГЭС по общим материалам (рис. 2).

В основу классификации положено разделение по девять кластеров, определяющих преимущественные приоритеты для последующей оценки приемлемости эксплуатации.

Внутри их выделены технико-технологические критерии, влияющие на надежность и эффективность использования.

Но все-таки, основными показателями характеристик малых и микро ГЭС остаются:

$$- \text{удельная мощность } P = 9,81 \cdot \eta \cdot Q \cdot H \text{ (Вт)},$$

где: Q – расход воды на рассматриваемом участке ($\text{м}^3/\text{с}$); H – падение участка реки (м.).

– энергию водотока $\mathcal{E} = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H \cdot t}{3600} = \frac{WH}{367}$ (кВт · ч),
 где: $W=Q \cdot t$ – объем используемого стока воды (м^3);

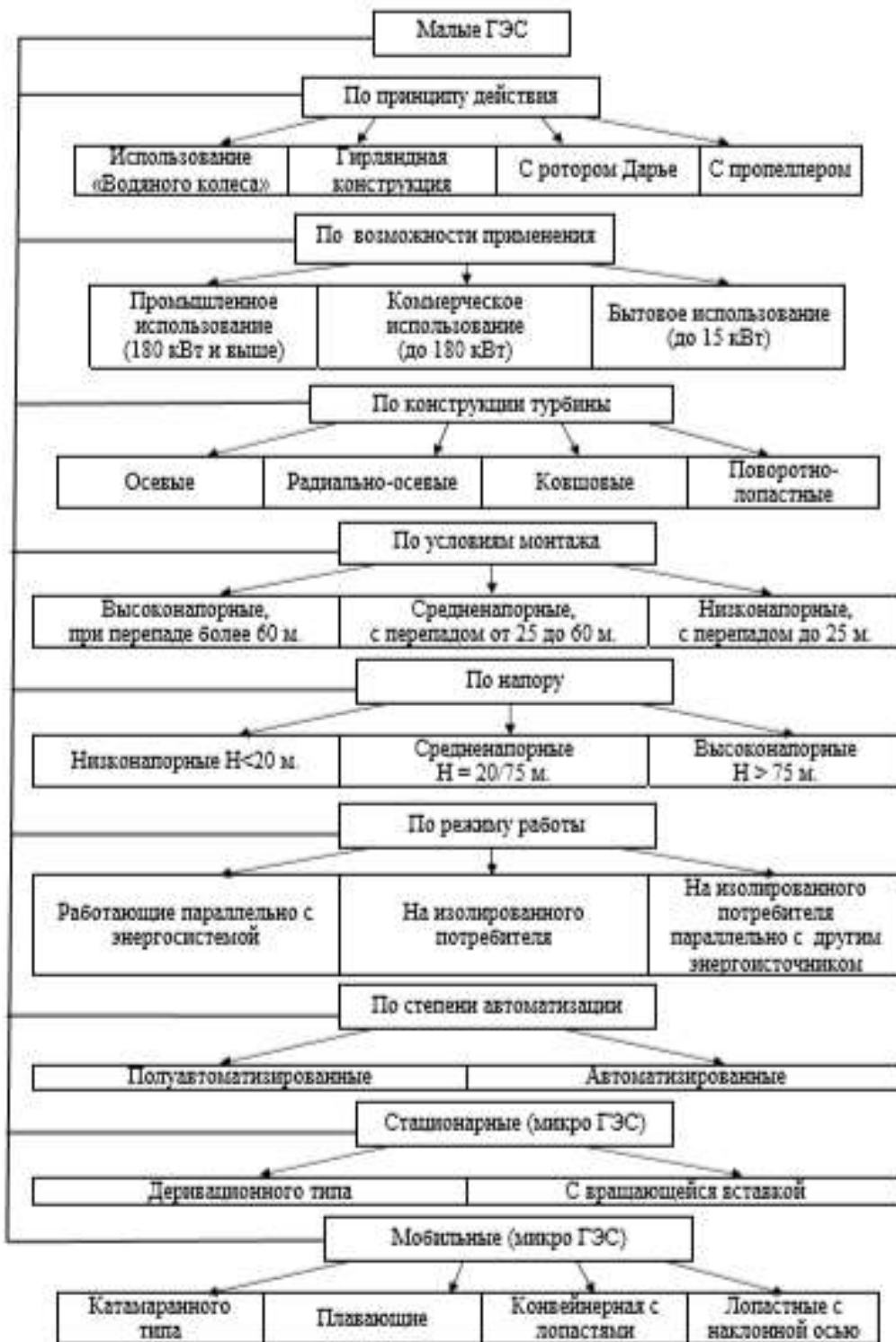


Рисунок 2 – Классификация малых ГЭС.

– количество воды, проходящей в данном створе за 1 секунду $Q = v \cdot S$ ($\text{м}^3/\text{с}$),
 где: v – скорость потока ($\text{м}/\text{с}$); S – площадь потока (м^2).

– напор воды $H = \frac{v^2}{2g}$ (м вод. ст.) [4,5].

Заключение. В настоящее время, проблема экономии энергии и доступность электричества для объектов сельскохозяйственного назначения остается актуальной. Решению этой проблемы безусловно будут способствовать малые и микро ГЭС, особенно при наличии рядом источников водной энергии (например река).

Библиографический список

1. Официальный сайт Института энергетических исследований РАН//www.eriras.ru
2. Википедия: https://ru.wikipedia.org/wiki/Малая_гидроэлектростанция.
3. Нормативная документация:
<https://docplan.ru/Data2/1/4293831/4293831358.htm>
4. Щагвелев, Д.С. Гидроэнергетические установки: Учебник для вузов / Д.С. Щагвелев, Ю.С. Васильев, Г.А. Претро и др.; Под ред. Д.С. Щавелева 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 520 с.
5. Бекишев, Б.Т. Гидроэнергетические установки: курс лекций / Б.Т. Бекишев, Н.Г. Кожевникова. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 72 с.

УДК 631.371

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГЕЛИОСУШИЛКИ

Осмонов Орозмамат Мамасалиевич, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Канатников Юрий Алексеевич, старший преподаватель кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Бабичева Елена Леонидовна, старший преподаватель кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Рассмотрена принципиальная схема конвективной солнечной сушильной установки, предназначенной для сушки плодов, ягод, грибов, лекарственных и ароматических растений. Представлена методика определения производительности конвективной гелиосушилки на основе составления материального и теплового балансов процесса сушки сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: использование солнечной энергии, солнечные сушилки, материальный и тепловой баланс сушки.

Сушка сельскохозяйственной продукции является энергоемким процессом. Например, в конвективных сушилках зерна с электроподогревом воздуха расход электроэнергии составляет от 1,3 до 1,9 кВт·ч, на каждый килограмм удаленной влаги, в терморadiационных от 1,4 до 2,2 кВт·ч, в высокочастотных от 1,8 до 3,5 кВт·ч [1, 2].

Известно, что в течении нескольких тысяч лет до изобретения электричества для просушки сельскохозяйственных культур в целях увеличения сохранности использовались теплота солнечной радиации в сочетании с ветром (открытый способ сушки).

Недостатком открытого способа сушки сельскохозяйственных культур является то, что зерновые и другие сельскохозяйственные культуры подвержены загрязнению пылью и грязью, а также повреждению птицами и грызунами. Во избежание этого в настоящее время используются специальные закрытые гелиосушилки различной конструкции. При этом различают гелиосушилки с прямым и косвенным действием солнечной энергии.

В гелиоустановках первого типа солнечная энергия поглощается непосредственно самим высушиваемым продуктом и окрашенными в черный цвет внутренними стенками камеры, в которой находится высушиваемый материал. Сушильные установки второго типа содержат солнечный воздухонагреватель (гелиоколлектор) и камерную или туннельную сушилку.

Для сушки большинства плодов, ягод, грибов нами рекомендуется использовать технологически простые в изготовлении гелиосушилки, состоящие из двух основных частей: гелиоколлектора и сушильной камеры (рис. 1). Гелиоколлектор поглощает солнечные лучи и нагревает воздух, проходящий через него. Нагретый воздух путем естественной конвекции подается на сушильную камеру, где он проходит через ряд стеллажей с находящимися на них высушиваемыми продуктами. Подогретый воздух, отдавший большую часть теплоты высушиваемым продуктам и забравший от них влагу, проходит через отверстия в верхней части сушильной камеры.

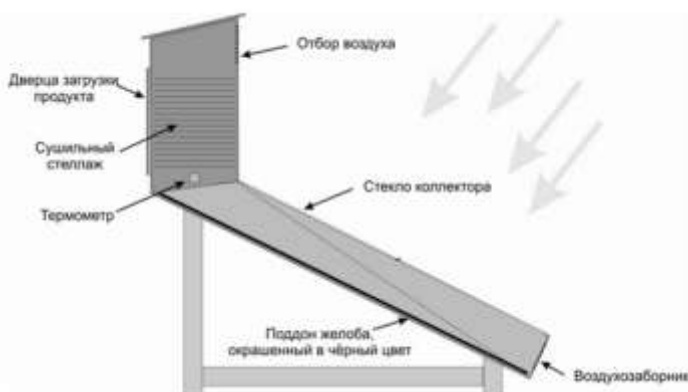


Рисунок 1 - Принципиальная схема гелиосушилки для сушки сельскохозяйственных культур

Представленная конструкция гелиосушилки исключает наличие вентилятора для подъема воздуха вверх и использование электроподогрева, следовательно, существенно снижает затраты на сушку. Для повышения эффективности использования солнечного излучения желоб с гелиоколлектором должен быть ориентирован на южную сторону с наиболее оптимальным углом наклона к горизонту (угол наклона обычно для северного полушария принимается равной географической широте местности, где используется гелиоколлектор).

Объем воздуха, проходящего через гелиоколлектор, а также его температуру можно регулировать с помощью задвижки на воздухозаборнике. Расход и скорость воздушного потока зависят от количества высушиваемого материала, содержания влаги в нем, влажности воздуха и интенсивности солнечного излучения в течение процесса сушки.

Процесс сушки большинства сельскохозяйственных культур в гелиосушилках, в общем, протекает медленнее и мягче по сравнению с традиционными сушильными камерами с электроподогревом сушильного агента [2, 3]. Это позволяет получить высушенную продукцию лучшего качества и уменьшить количество брака. Этому благоприятствует более медленное и мягкое протекание процесса сушки, а также естественная цикличность этого процесса.

С учетом мягкости протекания процесса сушки в солнечных сушильных камерах, особенно рекомендуется применение их для сушки плодов, ягод, грибов, лекарственных и ароматических растений.

В качестве коллектора солнечной энергии можно использовать технологически несложные в изготовлении плоские солнечные коллекторы или вакуумированные трубчатые солнечные коллекторы, принцип работы которых основывается на парниковом эффекте.

Применение гелиосушилок существенно повышает эффективность сушки и уменьшает потери продукции. Существенно сокращается время сушки и улучшается качество продукта, в том числе сохранность витаминов. С помощью метода солнечной сушки обрабатываются такие продукты как фрукты, овощи, грибы, ягоды, медицинские травы, чайные листья т.д. Гелиосушилку можно рекомендовать для сельскохозяйственных предприятий, фермерских хозяйств, фармацевтических компаний, предприятий пищевой промышленности и частного пользования.

Производительность гелиосушилки определяется посредством составления материального и теплового баланса процесса сушки согласно схеме, представленной на рис. 2.

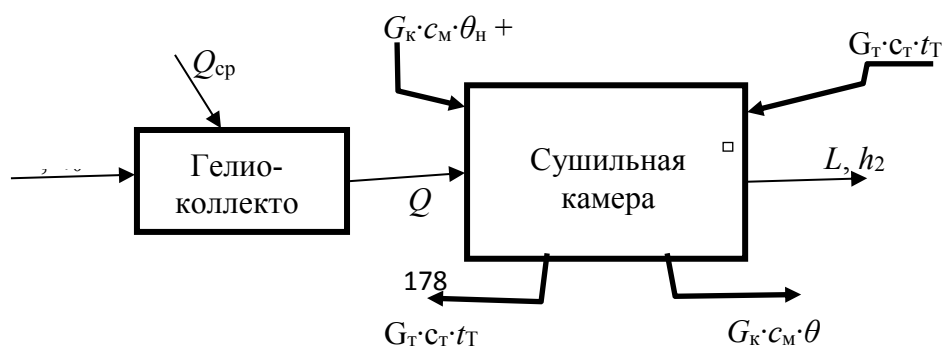


Рисунок 2 - Схема тепловых потоков

Материальный баланс сушки, соотношения для определения расхода удаляемой влаги и сушильного агента.

Производительность сушилки по высушенному материалу G_k (кг/с) и его влажности до и после сушки u_n, u_k (кг влаги/кг общей массы).

Обозначим расход влажного материала через G_n , а удаляемой влаги - через W (кг/с).

Тогда полный материальный баланс процесса

$$G_n = G_k + W, \quad (1)$$

а баланс по сухому веществу

$$G_n \cdot (1 - u_n) = G_k \cdot (1 - u_k). \quad (2)$$

Следовательно, необходимый расход влажного материала

$$G_n = G_k \cdot \frac{1 - u_k}{1 - u_n}, \quad (3)$$

а расход удаляемой влаги

$$W = G_k \cdot \frac{u_n - u_k}{1 - u_n}, \quad (4)$$

Если в сушилку поступает L кг/с абсолютно сухого воздуха или газа, то материальный баланс по влаге можно представить как

$$L \cdot x_1 + W = L \cdot x_2, \quad (5)$$

где x_1, x_2 (кг влаги/ на кг абс.сухого воздуха) - влагосодержания сушильного агента на входе в сушилку и на выходе из нее.

Отсюда расход сухого воздуха или газа

$$L = \frac{W}{x_2 - x_1} \quad (6)$$

Тепловой баланс сушки используется для определения общего расхода тепла и его удельных затрат при сушке.

Предположим, что для подачи влажного материала в сушильную камеру используется транспортное приспособление (ленточный конвейер, вагонетки) и массовый расход его материала составляет G_T (кг/с), при подогреве сушильного агента в гелиоколлекторе к нему подводится тепловой поток Q_{cp} (Вт), а потери теплоты в окружающую среду составляют $Q_{тп}$ (Вт).

Согласно схеме тепловых потоков, представленной на рис. 2, тепловой баланс гелиосушилки можно представить в виде [3]:

$$\begin{aligned} L \cdot h_0 + Q_{cp} + G_k \cdot c_m \cdot \theta_n + W \cdot c_b \cdot \theta_n + G_T \cdot c_T \cdot t_{тн} = \\ = L \cdot h_2 + G_k \cdot c_m \cdot \theta_k + G_T \cdot c_T \cdot t_{тк} + Q_{тп} \end{aligned}, \quad (7)$$

где h_0, h_2 – энтальпии воздуха или газа на входе в сушильную камеру и на выходе из нее, Дж/(кг сухого газа);

c_m, c_b, c_T – удельные массовые теплоемкости сухого материала, влаги и материала транспортного приспособления, Дж/(кг·К);

θ_n, θ_k – температуры материала, поступающего на сушку и выходящего из сушилки;

$t_{тн}, t_{тк}$ – начальная и конечная температура транспортного приспособления.

Следовательно, расход теплоты на процесс сушки

$$Q = Q_{cp} = L \cdot (h_2 - h_0) + G_k \cdot c_m \cdot (\theta_k - \theta_n) + G_t \cdot c_t \cdot (t_{тк} - t_{тн}) - W \cdot c_b \cdot \theta_n + Q_{тп}$$

с другой стороны,

$$Q_{cp} = L \cdot (h_1 - h_0).$$

Сопоставив равенства и разделив все тепловые потоки на расход удаляемой при сушке влаги, получим выражение для расчета удельных затрат тепла на сушку

$$\frac{L}{W} (h_1 - h_2) = \frac{G_k c_m (\theta_k - \theta_n)}{W} + \frac{G_t c_t (t_{тк} - t_{тн})}{W} - c_b \theta_n + \frac{Q_{тп}}{W}$$

или,

$$\Delta = q_m + q_t + q_{п} - c_b \theta_n = \frac{h_1 - h_2}{x_2 - x_1},$$

где $q_m = \frac{G_k c_m (\theta_k - \theta_n)}{W}$, $q_t = \frac{G_t c_t (t_{тк} - t_{тн})}{W}$, $q_{п} = \frac{Q_{тп}}{W}$.

Из формулы получим зависимость энтальпии сушильного агента от его влагосодержания в процессе сушки $h_1 - h = \Delta \cdot (x - x_1)$, т.е. процесс сушки в координатах $h-x$ изображается прямой линией. Если в качестве сушильного агента используется воздух, для определения значений его характеристик в процессе сушки применяется $h-x$ диаграмма влажного воздуха.

Солнечная радиация в гелиосушилку поступает главным образом через ее прозрачную поверхность, а суммарные тепловые потери и аккумулируемая энергия определяется общей поверхностью ограждения гелиосушилки [4]:

$$Q_{тп} = (k_{нпр} F_{нпр} + k_{пр} F_{пр})$$

$$Q_{cp} = q_0 F_{пр}$$

где $F_{нпр} = F_1 + 2F_6$ – площадь непрозрачной поверхности гелиосушилки;

F_1 – площадь поверхности задней стенки гелиосушилки;

F_6 – площадь поверхности боковых стенок гелиосушилки;

$F_{пр}$ – площадь прозрачной поверхности гелиосушилки;

$\bar{\theta}$ – среднесуточная разность внутри камеры сушилки и наружного воздуха;

\square – продолжительность солнечного сияния в течение дня;

q_0 – удельный поток солнечной энергии, входящей в камеру гелиосушилки;

$k_{пр}, k_{нпр}$ – коэффициенты теплопередачи, соответственно, через прозрачные и непрозрачные части поверхности гелиосушилки.

На основе материального и теплового баланса процесса сушки рекомендуется следующая последовательность технологического расчета гелиосушилки (сушильный агент – воздух):

1) По заданным значениям G_k, u_n, u_k определяется значение W ,

2) По заданным значениям $c_m, \theta_n, G_T, c_T, t_{TH}$ (обычно $t_{TH} = t_0$), c_B, Q_{TH} и принятым значениям θ_k, t_{TK} (обычно равным t_2) вычисляется значение Δ .

3) По заданным характеристикам сушильного агента (в нашем случае воздуха) t_0, φ_0, t_2 строится график процесса сушки на $h-x$ диаграмме, определяются значения $x_0 = x_1, x_2, x_{нас}, t_m$.

4) По формуле (6) определяется необходимый расход сушильного агента (воздуха) L .

5) По формулам рассчитывается длительность процесса сушки τ . Необходимые для расчета значения критического $U_{кр}$ и равновесного U_p влагосодержания материала определяются экспериментально, а значения начального U_n и конечного U_k влагосодержания материала - по значениям влажностей u_n и u_k : $U = u / (1 - u)$.

6) Определяются необходимые геометрические размеры элементов сушильной камеры с учетом объема материала в сушилке $V = G_k \cdot \tau / \rho_n$ (ρ_n - насыпная плотность материала) и рекомендуемого коэффициента ее заполнения, необходимой скорости движения воздуха w .

7) Если сушилка предназначена к использованию для сушки нескольких продуктов, действия пункты 1-6 повторяются для всех этих продуктов.

Библиографический список

1. Дибирова, М.М. Солнечная комбинированная сушилка-теплица / М.М. Дибирова, Д.С. Джаруллаев [и др.] // Пищевая промышленность. – 2010. – С.82-85

2. Калафатов, Э.Т. Устройство для солнечной сушки овощей и фруктов / Э.Т. Калафатов, Н.Н. Горб, А.Н. Дидович [и др.] // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. LXIII междунар. науч.-практ. конф. № 10(58). – Новосибирск, 2016. – С. 136-145.

3. Губарева, В.В. Расчет и проектирование конвективных сушильных установок: учеб. пособие / В.В. Губарева – Белгород, изд-во БГТУ, 2014. – 118 с.

4. Ражабов, Б.Х. Метод расчета геометрических размеров односкатной солнечной водоопреснительной установки парникового типа / Б.Х. Ражабов, Ж.М. Абдуллаев, Ш.М. Мирзаев // Сборник трудов Международной научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы развития энергетики», в 2 томах. - Ташкент, ТашГТУ им. Беруни, 2011. Т1 – 246 с., Т2 – 241 с.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СТАНЦИИ

Осмонов Орозмамат Мамасалиевич, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Бабичева Елена Леонидовна, старший преподаватель кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Канатников Юрий Алексеевич, старший преподаватель кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Статья посвящена исследованию нагревательных устройств нового поколения – электромагнитных тепловых станции (ЭМТС). Предпосылкой к реализации устройств данного типа было: углубленное изучение физических свойств жидкой среды, а именно, распространение электромагнитных волн в жидкой среде и влиянии направленного интенсивного электромагнитного излучения в «светлом» ИК-спектре на нее.

Ключевые слова: электромагнитные тепловые станции, тепловая энергии, пики спектрального поглощения, электромагнитное излучение.

На сегодняшний день существует несколько исследований, которые посвящены изучению и анализу воздействия жесткого инфракрасного излучения на различные материалы и вещества. Зачастую указанные исследования противоречат друг другу в выводах. Однако все ученые сходятся во мнении в отношении пиков спектрального поглощения теплового излучения водой.

Как видно из графика, пики спектрального поглощения тонких слоёв воды, находящейся в жидком агрегатном состоянии, приходятся на длины волн 2; 3; 4,7; и 6,1 мкм. Вполне логично и оправдано использовать для нагрева воды темные излучатели с длиной волны >3 мкм, однако интенсивный нагрев будет идти в поверхностном водяном слое толщиной 10 мкм, что также видно из графика (рис. 1). При этом нагрев глубинных слоев будет происходить исключительно конвекцией, а на поверхности нагревательного элемента будут осаждаться отложения, что со временем значительно снижает КПД такой установки.

Доказано, что электромагнитная составляющая излучения заканчивается при длине волны более 1 мкм, при большей длине волны преобладает только тепловая составляющая. При взаимодействии молекул воды с инфракрасным излучением в коротковолновом диапазоне, идет поглощение энергии молекулами воды, происходит передача энергии по водородным связям (силы Ван-Дер-Вальса) от одной молекулы к другой и т.д. Если это массивный объект, то происходит глубинный нагрев объекта.

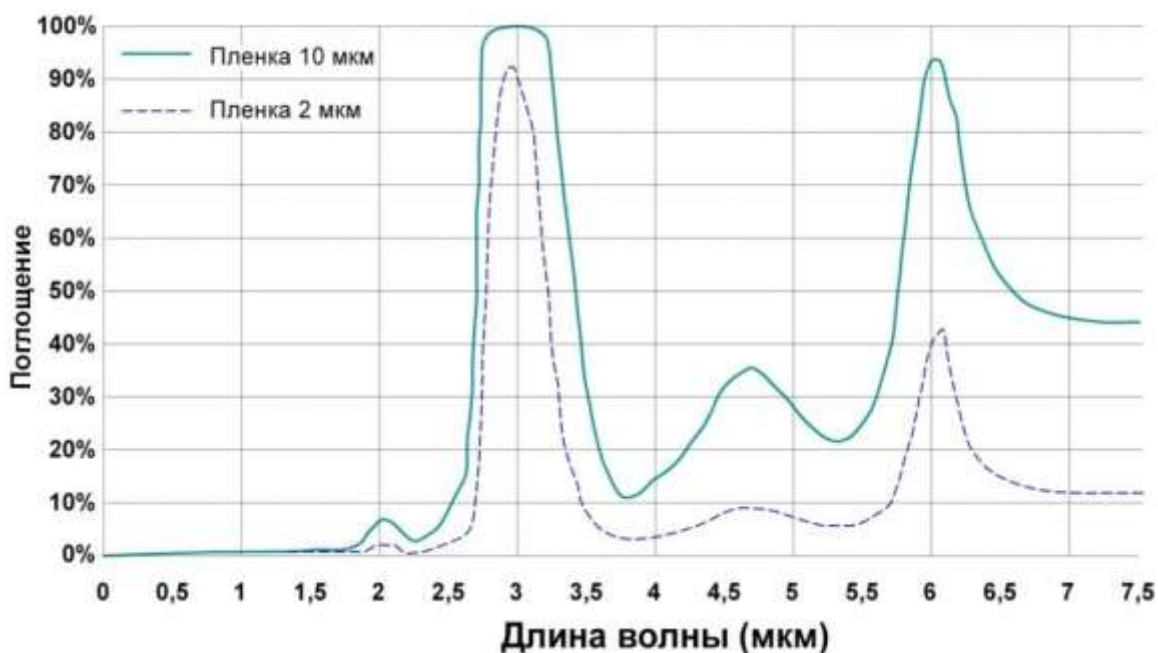


Рисунок 1 – Пики спектрального поглощения тонких слоёв воды

Таким образом, использование коротковолновых (светлых) излучателей теоретически можно добиться значительного увеличения скорости нагрева объема жидкости, ограниченного полностью непрозрачным для инфракрасного излучения материалом, например, металлической рубашкой. Кроме того, экспериментальным способом можно установить эффективную толщину водяного слоя, при котором эффективное воздействие инфракрасного излучения будет в любой произвольной точке пространства внутреннего объёма жидкости.

Физические принципы работы, обуславливающие высокую тепловую мощность ЭМТС

Сущностью работы любого электрического котла является перевод электрической энергии в тепловую. В зависимости от конструктивных особенностей, а также материалов, из которых изготовлены основные узлы оборудования, у различных электрокотлов тепловая мощность на единицу затраченной электроэнергии различается.

Тепловая мощность на единицу затраченной электрической энергии тем выше, чем выше энергетическая эффективность электрокотла. Энергетическая эффективность характеризуется степенью термодинамического совершенства процесса перевода электрической энергии в тепловую.

Такие высокие показатели энергетической эффективности обусловлены:

1. Применяемыми высокоэффективными инфракрасными излучателями с длиной волны от 600 нм и до нижней границы средневолнового инфракрасного излучения (~3,3 мкм). Используются высокопрочные кварцевые трубки с коэффициентом поглощения инфракрасного излучения < 2%. Прогрев теплоносителя начинается сразу после включения устройства в работу, так как

тепловая инерция установки минимальная. По сравнению с классическими электродкотлами на «ТЭН», ЭМТС прогревают тот же объем теплоносителя и выходят на рабочий режим (установленную температуру) быстрее, не затрачивая излишки электроэнергии на прогрев нихромовых нитей в ТЭН и его оболочки. На графике (рис. 2) показан рост температуры теплоносителя за первые 2 часа работы ЭМТС мощностью 3 кВт и ТЭН-ового котла аналогичной мощности.

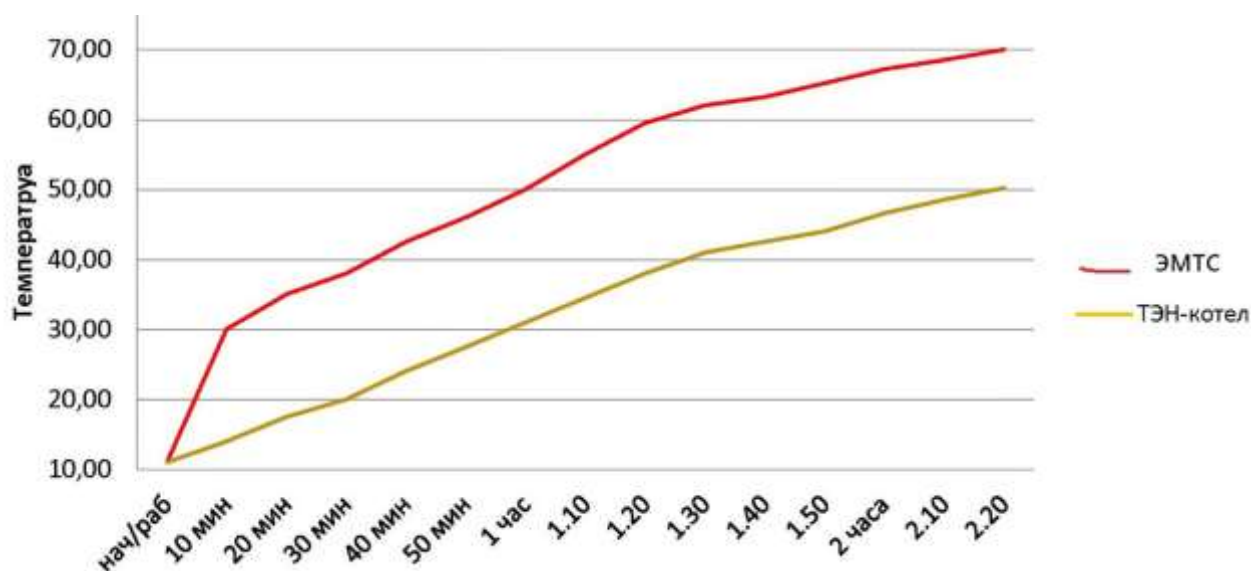


Рисунок 2 – График температуры теплоносителя

2. Системой электропитания излучателей, функционирующей в импульсном режиме. Потребляемую мощность установки удалось снизить, при этом сохранив тепловую отдачу излучателей на прежнем уровне. ЭМТС могут функционировать в условиях нестабильного электропитания (диапазон входных напряжений от 150 до 265 В и от 300 до 430 В – для однофазного и трехфазного исполнения соответственно).

На осциллограмме показан выходной импульс блока питания. Кроме того, система питания оснащена устройством плавного пуска и позволяет избежать негативных последствий для излучателей и снизить нагрузку на сеть при включении.

Дальнейшее изучение этого вопроса и изготовление рабочего образца позволит экономить электроэнергию в различных областях сельского хозяйства.

Библиографический список

1. Денисенко Е.А., Импульсный блок питания электроозонатора / Е.А. Денисенко, А.А. Шевченко, А.В. Квитко // Университет. Наука, идеи и решения, № 1. – 2010. – С. 101-102.
2. Степин Б. Д. Техника лабораторного эксперимента в химии/ Б. Д. Степин. Учебное пособие для вузов // М.: Химия, 2000. – 600 с

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ САР ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПИ-, ПД- И ПИД- РЕГУЛЯТОРАМИ

Цымбал Александр Андреевич, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Яшин Илья Сергеевич, инженер кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Для моделирования процесса регулирования температуры воздуха в складских помещениях для хранения электротехнических материалов с различными регуляторами, представлены уравнения элементов САР. Путем преобразования Лапласа, были получены передаточные функции канала приточного воздуха в складском помещении, а также датчика температуры.

Ключевые слова: температура, электротехнические материалы, регулятор, воздух, моделирование, система автоматического регулирования, складское помещение, хранение.

Электрооборудование и электротехническое имущество должны храниться в сухих отапливаемых помещениях при температуре воздуха от +5 до +15 °С и относительной влажности 40-60%. Помещения должны иметь естественную вентиляцию, и, кроме того, в летнее время года, а особенно, в сухую погоду, такие помещения необходимо проветривать.

Электротехническое имущество, исправное, очищенные от пыли и грязи, без следов ржавчины, с ненарушенной покраской укладывается при хранении на стеллажах или в шкафах по группам, в распакованном виде, с таким расчетом, чтобы было удобно осматривать имущество и без особых затруднений доставать отдельные предметы, а также и в заводской упаковке — на поддонах [1-3].

В качестве исходных требований для хранения, выбрана средняя температура +10 °С. Уравнение канала приточного воздуха в складском помещении:

$$T_1 \frac{d\theta}{dt} + \theta = K_1 \cdot \theta_o \quad (1)$$

где $T_1 = 180$; $K_1 = -0,2$.

Изображение Лапласа этого уравнения:

$$T_1 s \cdot \theta(s) + \theta(s) = K_1 \cdot \theta_o(s) \quad (2)$$

Передаточная функция системы по управляющему воздействию:

$$W_y(s) = \frac{\theta(s)}{\theta_o(s)} = \frac{K_1}{T_1 s + 1} = \frac{-0,2}{180s + 1} \quad (3)$$

Уравнение датчика температуры в картофелехранилище:

$$T_d \frac{dK_d}{dt} + R_d = K_d \cdot \theta \quad (4)$$

где $T_d = 7$; $K_d = 0,4$

Изображение Лапласа этого уравнения:

$$T_d s \cdot \theta(s) \cdot R_d + R_d(s) = K_d \cdot \theta(s) \quad (5)$$

Передаточная функция датчика температуры:

$$W_d(s) = \frac{R_d(s)}{\theta_o(s)} = \frac{K_d}{T_d s + 1} = \frac{0,4}{7s + 1} \quad (6)$$

На основе передаточных функций звеньев, составим структурные схемы САР с ПД-, ПИ- и ПИД-регуляторами в ПК МВТУ (рис. 1).

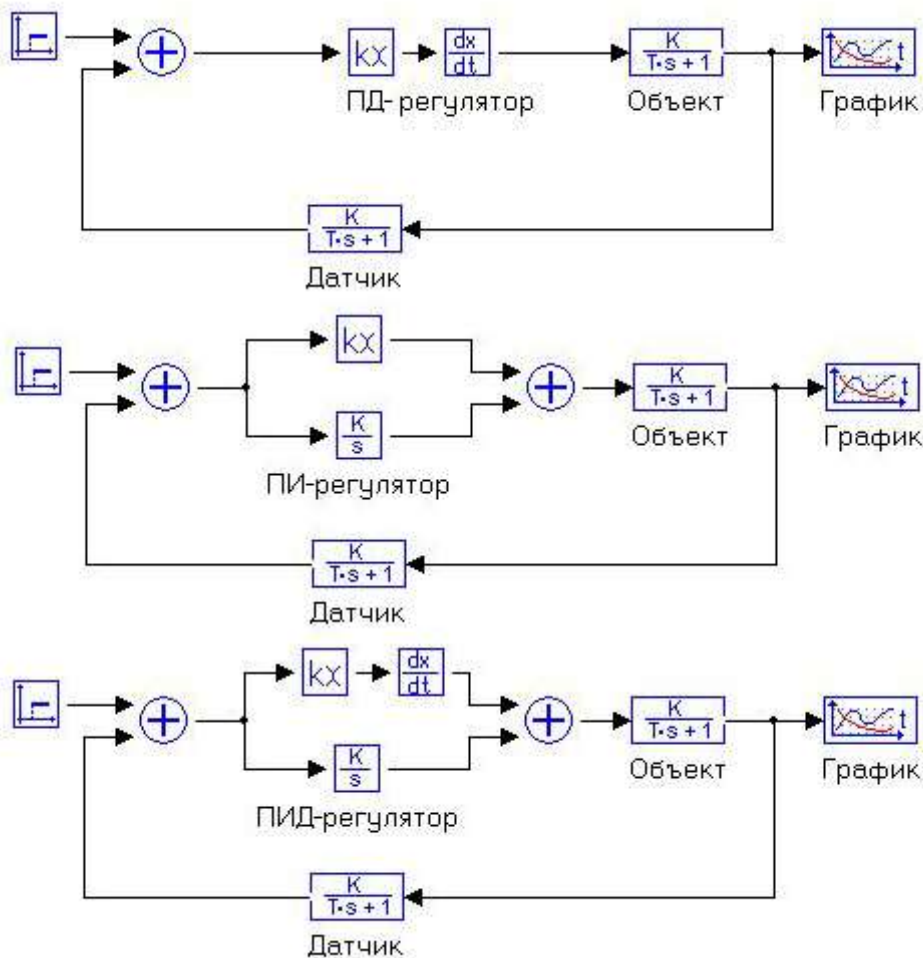


Рисунок 1 – Структурные схемы САР с ПД-, ПИ- и ПИД-регуляторами

После запуска программы на решение, как результат, происходит построение каждого из графиков переходных процессов, с тремя различными типами регуляторов (рис. 2).

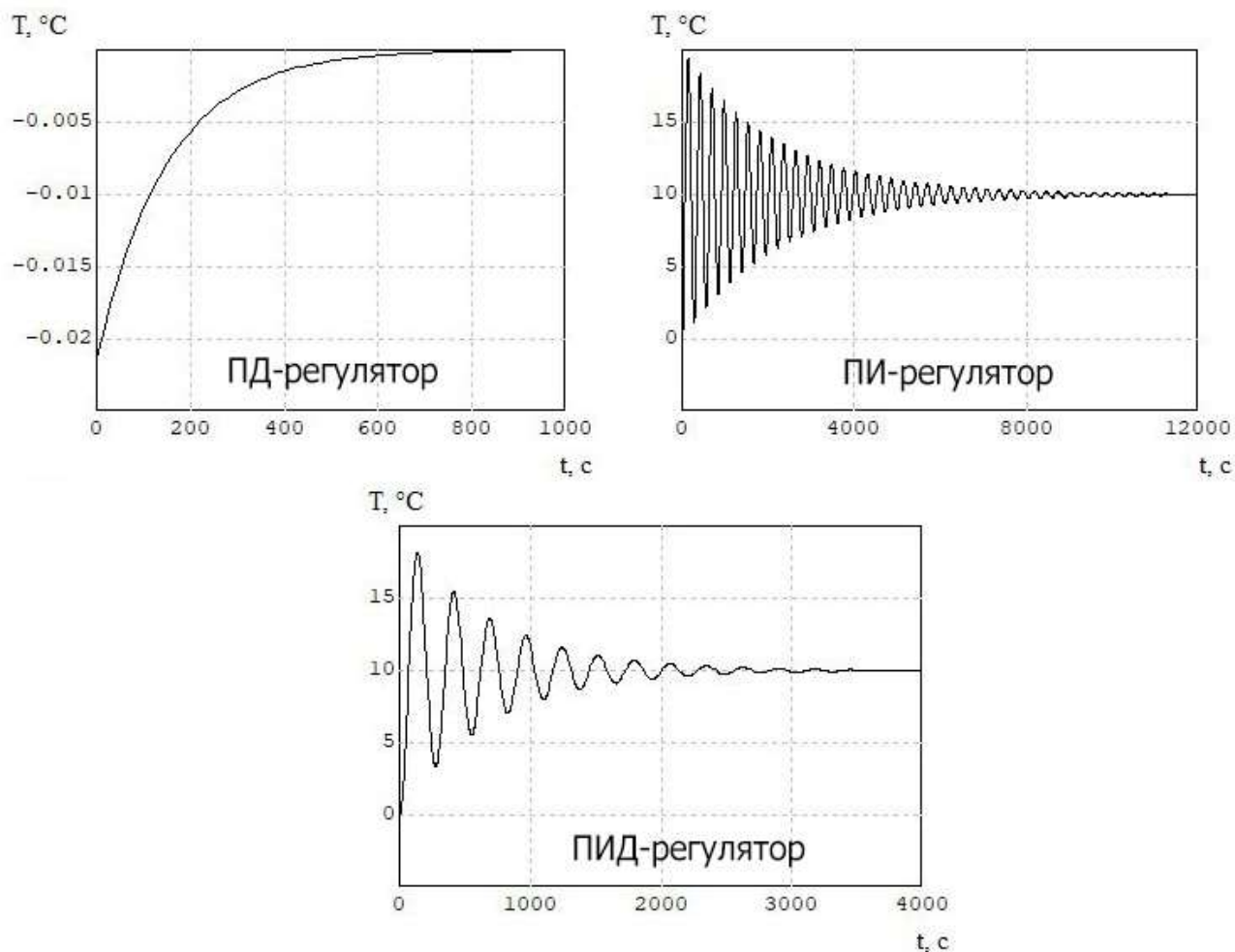


Рисунок 2 – Графики переходных процессов САР с ПД-, ПИ- и ПИД-регуляторами

После обработки данных, полученных из графиков, сравним показатели качества регулирования (табл. 1).

Таблица 1

Показатели качества САР

	Величина статической ошибки Δu , °C	Время регулирования $t_{рег}$, мин	Перерегулирование δ , %	Число колебаний за время регулирования n
ПД	10	16,05	0	0
ПИ	0,54	191,98	46,9	41
ПИД	0,18	64,35	45,4	14

Ключевым показателем качества САР температуры воздуха в складских помещениях для хранения электротехнических материалов является величина статической ошибки, демонстрирующая отклонение установившегося значения от заданного, и находящаяся в пределах ± 1 °C [1].

ПД-регулятор имеет слишком большое значение статической ошибки, поэтому данный тип не подходит для нашей САР, но, в свою очередь, ПИД-регулятор имеет минимальное значение данной ошибки.

Продолжая сравнивать показатели качества САР, мы наблюдаем, что время регулирования при ПИД-регуляторе, составляет 64,35 мин, что в 2,98 раза меньше, чем при ПИ-регуляторе. Величина перерегулирования у обоих типов регуляторов примерно одинакова, а число колебаний лишь демонстрирует визуальную составляющую графика.

Таким образом, САР с ПИД-регулятором обеспечивает высокую точность регулирования и удовлетворяет нашим требованиям ($\Delta u \approx \pm 1$ °С). Система обладает средним быстродействием и незначительным числом колебаний, а также имеет повышенную величину перерегулирования, но лишь в течение 7-8 мин, далее, это величина находится в пределах 15-23%.

В конечном итоге, наиболее пригодным регулятором для САР температуры воздуха в складских помещениях для хранения электротехнических материалов является ПИД-регулятор.

Библиографический список

1) Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления 2-е изд., испр. и доп. / И.Ф. Бородин, С.А. Андреев – М.: КолосС. 2017. – 357 с.

2) Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов – СПб: Профессия. 2013. – 752 с.

3) Об утверждении инструкции по организации хранения вещевго имущества на базах и складах учреждений и органов федеральной службы исполнения наказаний [Текст]: постановление Правительства РФ от 12 мая 2005 г. № 354 // Собрание законодательства. – 2005. – С. 186-190.

УДК 542.47

КИНЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СИСТЕМ С ТВЕРДОЙ ФАЗОЙ (СУШКА И ЭКСТРАГИРОВАНИЕ)

Рудобаишта Станислав Павлович, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Выполнен анализ методов кинетического расчета рассматриваемых процессов, отмечено возросшее значение современных математических методов, обсуждены условия их реализации применительно к расчету кинетики сушки растительных материалов и экстрагирования из них целевых компонентов. Приведен метод одновременного определения коэффициента массопроводности (диффузии) и массоотдачи из экспериментальной кривой кинетики. Показано, что этот метод получил практическое применение и что он дает достоверные результаты.*

Ключевые слова: кинетика, сушка, экстрагирование, расчет, массопроводность, массоотдача.

Массообменные процессы – сушка и экстрагирование из твердой фазы – широко применяются при переработке продукции растениеводства. Правильный выбор аппарата для их проведения требует соответствующего кинетического расчета, целью которого является определение размеров аппарата, обеспечивающих заданную производительность. Для кинетического расчета указанных аппаратов в настоящее время применяют различные методы – эмпирические, полуэмпирические, математические (теоретические) [1]. Роль последних в последние годы существенно возросла, что объясняется развитием теории тепломассообмена, успешной разработкой эффективных расчетных алгоритмов, повсеместным распространением персональных компьютеров, накоплением данных по теплофизическим характеристикам материалов, необходимых для этих расчетов.

В рассматриваемых процессах твердая фаза, как правило, находится в дисперсном состоянии, а ее частицы имеют достаточно правильную форму, что позволяет использовать для кинетического расчета обсуждаемых процессов математические (теоретические) методы - как аналитические, так и численные. Аппараты для проведения процессов сушки и экстрагирования имеют разное конструктивное исполнение, технологические схемы организации процессов тоже разнообразны. Это порождает большое количество частных методов кинетического расчета. Автором был разработан универсальный зональный метод кинетического расчета массообменных аппаратов для систем с твердой фазой, который применим для разных типов аппаратов и разных технологических схем, описание которого дано в [2]. Метод является аналитическим, он требует знаний основных массообменных коэффициентов: коэффициента массопроводности (эффективного коэффициента диффузии распределяемого вещества в материале) и коэффициента массоотдачи. Последний находят по критериальным уравнениям, приводимым в литературе, а коэффициент массопроводности находят экспериментально, потому что, хотя он и является справочной величиной, но из-за трудностей его опытного определения данные по нему в литературе весьма ограничены. Это тормозит применение теоретических методов кинетического расчета рассматриваемых процессов.

В [2] описан зональный метод определения концентрационной зависимости коэффициента массопроводности $k = f(\bar{u})$, где k – коэффициент массопроводности, m^2/c ; \bar{u} – среднеобъемное массосодержание материала, (кг распределяемого вещества)/(кг твердой фазы), для использования которого надо исключить внешнее диффузионное сопротивление, что не всегда представляется возможным. В [3] этот метод получил дальнейшее развитие в том отношении, что была предложена методика одновременного нахождения из кривой кинетики модифицированного коэффициента массоотдачи и зависимости $k = f(\bar{u})$, которая

не требует выполнения этого условия, что существенно облегчает определение последней. Условием ее применения является наличие на кривой кинетики первого периода процесса (периода постоянной скорости). Массосодержание материала на границе двух периодов $\bar{u}_{кр}$ по примеру процесса сушки в [3] названо критическим.

Согласно этому методу модифицированный коэффициент массоотдачи определяют на основе скорости процесса в первом периоде N по уравнению

$$\beta_c^* = \frac{NR_v \rho_0}{(\bar{u}_{кр} - u_p)}, \quad (1)$$

а концентрационную зависимость коэффициента массопроводности $k = f(u)$ находят по кривой кинетики во втором периоде с использованием соотношений

$$P_i = \frac{R^2}{\tau_i} \ln \frac{1}{\bar{E}_i}, \quad i > 1, \quad (2)$$

- пластина

$$\text{ctg}(\sqrt{P_i/k_i}) = \frac{\rho_0 \sqrt{P_i k_i}}{\beta_c^* R}; \quad (3)$$

- цилиндр

$$\frac{J_0(\sqrt{P_i/k_i})}{J_1(\sqrt{P_i/k_i})} = \frac{\rho_0 \sqrt{P_i k_i}}{\beta_c^* R}; \quad (4)$$

- шар

$$\text{tg}(\sqrt{P_i/k_i}) = \frac{\rho_0 \sqrt{P_i k_i}}{k_i \rho_0 - \beta_c^* R}, \quad (5)$$

где N – скорость процесса в первом периоде, 1/с; ρ_0 – плотность абсолютно сухого материала, кг/м³; $\bar{u}_{кр}, u_p$ – критическое и равновесное массосодержание материала соответственно, (кг распределяемого вещества)/(кг твердой фазы); τ – время, с; $\bar{E}_i = \frac{\bar{u}_i - u_{p,i}}{u_{н,i} - u_{p,i}}$ – относительное среднеобъемное массосодержание тела в

момент времени τ_i ; $\beta_c^* = \beta_c / A_p$ – модифицированный коэффициент массоотдачи, кг/(м²с); $A_p = u_p / C_c$ – коэффициент распределения функции концентрационного фазового равновесия, (кг/(кг твердой фазы))/(кг/м³); C_c – концентрация распределяемого вещества во внешней фазе, кг/м³; R – половина толщины пластины, радиус цилиндра или шара, м; $R_v = V / F$ – отношение объема тела к его поверхности ($R_v = R$ – для пластины, $R/2$ – для цилиндра, $R/3$ – для шара), м; ρ_0 – плотность абсолютно сухого материала, кг/м³; J_0, J_1 – функции Бесселя первого рода, нулевого и первого порядка соответственно; P_i – параметр, определяемый соотношением (2); i – номер концентрационной зоны.

Метод одновременного определения коэффициента массоотдачи и концентрационной зависимости коэффициента массопроводности (модифицированный зональный метод) успешно использован в работах [3-5]. В таблице 1 приведены коэффициенты β_c^* и k , полученные в [3-5] в результате

анализа ряда процессов экстрагирования и сушки на основе изложенного выше метода.

Таблица 1

Результаты определения коэффициентов β_c^* и k в [3-5]

№	Процесс	Технологические условия процесса	β_c^* , кг/(м ² с)	$k_i \cdot 10^9$, м ² /с	Источник
1	Экстрагирование загрязнений из плотной шерстяной ткани	Промывка ткани в лабораторных условиях	$0,60 \cdot 10^{-3}$	1,39-169	[3]
2	Электроимпульсное экстрагирование биологически активных компонентов из листьев софоры японской водой при различных значениях L/G^*	Температура 20 °С	0,39-0,50	0,49-1,90	[4]
3	Сушка текстильных материалов при использовании ультразвука для интенсификации процесса	Контактная сушка без ультразвукового воздействия	$8,833 \cdot 10^{-5}$	0,42-0,50	[5]
		Контактная сушка с ультразвуковым воздействием	$0,643 \cdot 10^{-3}$	1,09-2,84	

* - L, G – загрузки жидкой и твердой фаз в аппарат, соответственно, кг.

Сопоставление данных по коэффициентам β_c^* и k для различных процессов, приведенных в таблице, показывает, что модифицированный коэффициент массоотдачи и коэффициент массопроводности в рассматриваемых процессах в сходных условиях сопоставимы по величине. Электроимпульсные или акустические воздействия на два-три порядка увеличивают коэффициент массоотдачи β_c^* , тем самым существенно интенсифицируя процесс.

Модифицированный зональный метод определения кинетических коэффициентов, предложенный в [3-5], дает достоверные данные и поэтому получил практическое применение в работах различных исследователей.

Библиографический список

1. Рудобашта, С.П. Кинетический расчет сушилок для продукции растениеводства / С.П. Рудобашта // Сборник научных трудов Международного научно-технического семинара «Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства», посвященного 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязе ва (МНТС Тимирязев -2018)», М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 22-23 мая 2018. – С. 16-24.
2. Рудобашта, С.П. Химическая технология: диффузионные процессы / С.П. Рудобашта, Э.М. Карташов. 3-е издание. В 2-х частях. Часть 1. - М.: Юрайт, 2018 – 263 с.
3. Рудобашта, С.П. Определение коэффициентов массоотдачи и массопроводности из кривых кинетики / С.П. Рудобашта, М.К Кошелева //

Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – № 6 (360). – 2015. – С. 175-180.

4. Кошкарова А.Г. Интенсификация процессов водного экстрагирования растительного сырья импульсным электрическим полем высокой напряженности. Дисс. ...канд. тех. наук. Тамбов: ТГТУ. 2017. – 149 с.

5. Кошелева, М.К. Повышение эффективности сушки текстильных материалов при использовании ультразвука для интенсификации процесса / М.К. Кошелева, В.Н. Хмелёв, Т.А. Новикова, Р.Н. Голых // Сб. научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина»: Т. 1. М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2019. – С. 40-42.

УДК 621.1:620

РАСЧЕТ НОРМИРУЕМОЙ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОвого ПОТОКА ЧЕРЕЗ ПОВЕРХНОСТЬ ИЗОЛЯЦИИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ 105/70 И 130/70

Малин Николай Иванович, профессор кафедры кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Строганов Михаил Юрьевич, инженер кафедры кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Борисенко Сергей Алексеевич, инженер кафедры кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: дано описание сущности метода интерполяции для получения искомым промежуточных величин на основе использования известных нелинейных функциональных зависимостей норм линейной плотности теплового потока через поверхность тепловой изоляции трубопроводов двухтрубных водяных сетей при подземной бесканальной.

Ключевые слова: подземная бесканальная прокладка, линейная плотность теплового потока, температурный график.

При проектировании тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей в качестве основного способа расчета толщины теплоизоляционного слоя положена методика с использованием нормированной плотности теплового потока, определяемой по СП 61.1330.2012 [1].

Указанный нормативный документ содержит в табличной форме соответствующие нормы для различных значений продолжительности работы в год (5000 ч и менее – при работе тепловой сети только в отопительный период;

более 5000 ч – при круглогодичной работе тепловой сети), а также для различных условий размещения теплопроводов тепловых сетей: на открытом воздухе; в помещении; при подземной канальной прокладке; в непроходных каналах; при бесканальной прокладке.

Для условий подземной канальной и бесканальной прокладки эти нормативные данные приведены для трубопроводов с различным условным проходом (в пределах 25...1400 мм) и трех значений среднегодовой температуры теплоносителя (подающий / обратный): 65/50, 90/50 и 110/50 °С. Эти расчетные среднегодовые значения температуры воды в водяных тепловых сетях соответствуют температурным графикам 95/70, 150/70 и 180/70 °С.

Промежуточные значения норм плотности теплового потока этим документом рекомендуется определять интерполяцией. По всей видимости речь идет о широко используемых в тепловых сетях АПК [2] и системах отопления ЖКХ [3-5] графиков с температурами 105/70 и 130/70 °С, при соответственно неизвестных, при этом, значениях среднегодовой температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах.

Для проверки возможности использования рекомендованного [1] метода простой интерполяции, который, как известно, применим исключительно для линейных зависимостей, нами были проведены нижеизложенные расчеты.

Предварительно, с целью построения графических зависимостей норм плотности теплового потока от условных проходов трубопроводов при различных значениях среднегодовой температуры теплоносителя (подающий / обратный), для получения равномерной шкалы по оси абсцисс, линейный ряд условных проходов трубопроводов (в пределах 25...1400 мм) был разбит на три интервала: 25...80 мм (с шагом 1 мм); 100...450 мм (с шагом 25 мм); 500...1400 мм (с шагом 100 мм).

Последующие результаты предварительных расчетов показали, что функциональная зависимость норм плотности от используемого температурного режима на примере произвольно выбранных значений условного диаметра трубопровода ($d_y = 100, 200, 300, 400$ и 450 мм) описывается (видимо за счет округления до целых единиц) полиномом второй степени (рис. 1), и при желании (с вполне достаточной точностью) может быть принята как линейная, с возможностью использования интерполяционного метода. Однако, для использования интерполяционного метода нужно знать конкретные значения среднегодовых температур теплоносителя для искомых промежуточных режимов (например 105/70 и 130/70).

В результате расчетов установлена, весьма далекая от линейной, полиномиальная функциональная зависимость третьего порядка, позволяющая установить (рис. 2) значение среднегодовой температуры теплоносителя в подающем трубопроводе (при $t_{обp} = 50$ °С) при любом температурном графике в пределах 95/70...180/70 °С и, в частности, искомые (соответствующие температурным графикам 105/70 и 130/70 °С) значения среднегодовой температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, а именно:

68/50 и 79/50 °С.

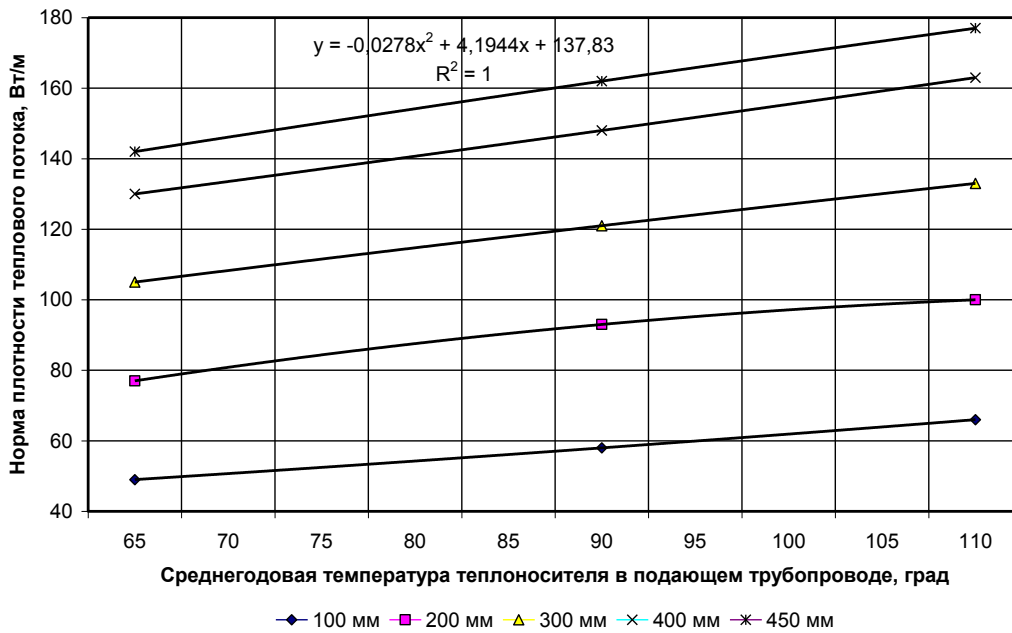


Рисунок 1 – Норма плотности теплового потока, как функция среднегодовой температуры теплоносителя в подающем трубопроводе при различных значениях диаметра условного прохода

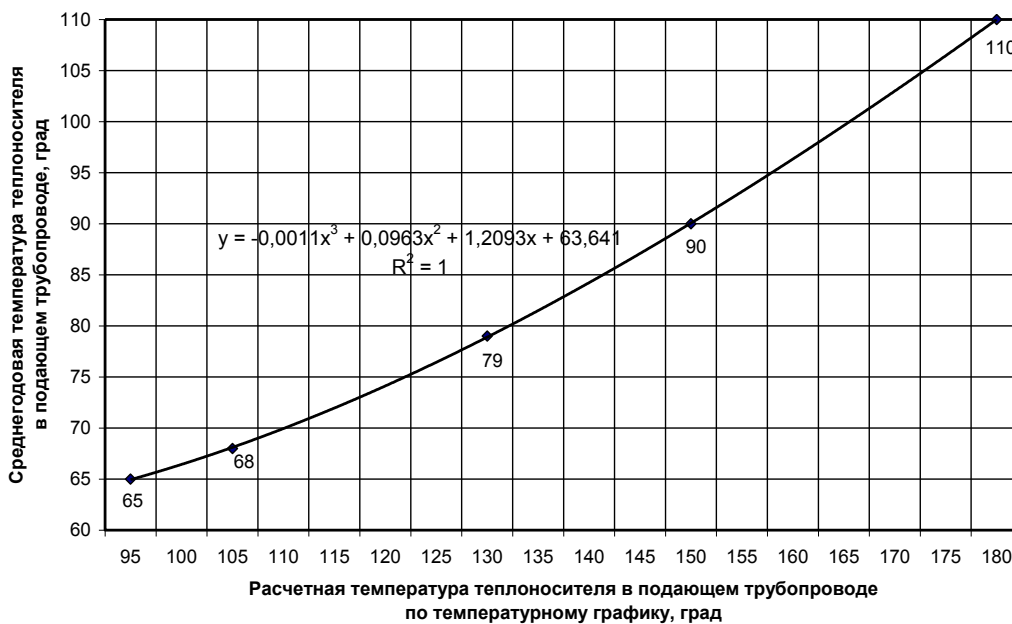


Рисунок 2 – Среднегодовая температура теплоносителя в подающем теплопроводе тепловой сети, как функция соответствующих расчетных температур теплоносителя в подающем теплопроводе по температурному графику, °С

На следующем этапе расчетов, по известным значениям норм плотности теплового потока при соответствующих значениях среднегодовой температуры теплоносителя в подающих теплопроводах для каждого в отдельности диаметра

условного прохода в пределах 25...1400 мм, были установлены полиномиальные зависимости второго порядка, пример которых представлен на рис. 1. При этом, для того, чтобы охватить необходимые значения температур теплоносителя в подающем трубопроводе (68 и 79 °С), исходные для построения графика данные были представлены на оси абсцисс (и в расчетной таблице) с шагом 1 °С.

На заключительном этапе расчетов использование полученных зависимостей позволило включить в нижеприведенную таблицу искомые значения среднегодовых норм плотности тепловых потоков при температурных режимах 105/70 и 130/70 °С для трубопроводов с условным диаметром в пределах 25...1400 мм.

Таблица

Нормы плотности теплового потока через поверхность изоляции трубопроводов двухтрубных водяных сетей при подземной бесканальной прокладке и продолжительности работы в год более 5 000 ч

Условный проход трубопровода, мм	Среднегодовая температура теплоносителя (подающий/обратный), °С				
	65/50	68/50	79/50	90/50	110/50
Суммарная линейная плотность теплового потока, Вт/м					
25	27	28	30	32	36
32	29	30	32	35	39
40	31	32	34	37	42
50	35	36	38	41	47
65	41	43	46	49	54
80	45	46	49	52	59
100	49	51	54	58	66
125	56	58	63	66	73
150	63	66	71	73	82
200	77	80	87	93	100
250	92	95	102	106	117
300	105	109	116	121	133
350	118	122	129	135	148
400	130	135	142	148	163
450	142	146	154	162	177
500	156	160	168	176	194
600	179	183	193	205	223
700	201	208	219	229	249
800	226	232	245	257	279
900	250	258	271	284	308
1000	275	283	325	312	338
1400	376	386	406	425	461

Примечания:

1. Расчетные среднегодовые температуры воды в водяных тепловых сетях 65/50, 68/50, 79/50, 90/50 и 110/50 °С соответствуют температурным графикам 95/70, 105/70, 130/70, 150/70 и 180/70 °С.
2. Промежуточные и другие значения норм плотности теплового потока (например, для режимов 110/70, 190/70) можно определять вышеизложенным методом.

Библиографический список

1. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и теплопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003. – М.: Минрегион РФ, 2012. – 52 с.
2. Малин, Н.И. Теплоснабжение предприятий АПК: учеб. пособие (электронный ресурс)/Н.И. Малин. – М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА, 2018. – 171 с.
3. Кузнецова, Ю.А. Основные направления и оценка эффективности энергосберегающих мероприятий в системах водяного отопления зданий / Ю.А. Кузнецова, Н.И. Малин // Инновации в сельском хозяйстве. № 1(22). – 2017. – С. 268-274.
4. Малин Н.И., Кузнецова Ю.А. К вопросу выбора очередности энергосберегающих мероприятия в системах водяного отопления зданий / Н.И. Малин, Ю.А. Кузнецова // Современные задачи инженерных наук. Сборник научных трудов VI Международного научно-технического Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ-2017». 2017. – С. 153-157.
5. Малин, Н.И. Теплотехнические системы предприятий: учеб. пособие / Н.И. Малин. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. – 172 с.

664.723 (075.8)

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ В ШАХТНЫХ ПРЯМОТОЧНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

Малин Николай Иванович, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Третьяков Егор Иванович, инженер кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: приведена технологическая схема шахтной прямоточной зерносушилки, отмечено наличие таких негативных явлений, как неравномерность нагрева и сушки зерна, приведены функционально-параметрические схемы различных вариантов организации сушки высоковлажного зерна на базе одного и двух сушильных агрегатов.

Ключевые слова: неравномерность нагрева и сушки зерна, непрерывная и прерывистая сушка, энергоэффективность.

Для шахтных прямоточных зерносушилок, технологическая схема работы которых приведена на рис. 1, наиболее широко используемых в сельскохозяйственном производстве и на предприятиях АПК, характерна значительная неравномерность нагрева и сушки зерна, как по сечению шахты,

так и по длине отдельных коробов [1].

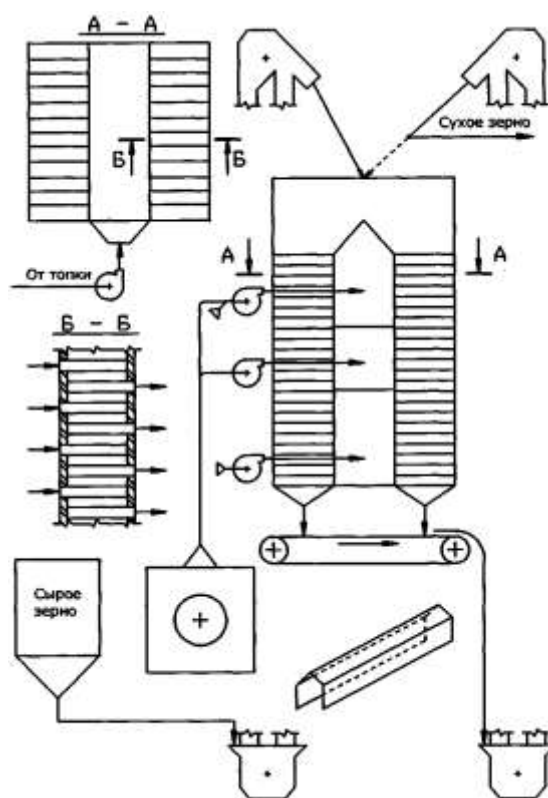


Рисунок 1 – Технологическая схема работы шахтной прямоточной зерносушилки

Как показали исследования В.И. Жидко (Повышение эффективности использования зерносушильного оборудования / Обзорная информация. Серия: Элеваторная промышленность. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1973) и Н.И. Малина (Повышение эффективности работы охладительных камер зерносушилок / Экспресс-информация. Серия: Элеваторная промышленность. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, вып. 14, 1977), проявление этих негативных явлений в шахтных прямоточных зерносушилках можно охарактеризовать, в обобщенном виде, следующими основными причинами: сушкой в плотном малоподвижном слое; неравномерным движением зерна в шахте зерносушилки; неравномерным распределением агента сушки по длине коробов, а также по отдельным коробам по длине и высоте газонапорной камеры; неудачным относительным расположением подводящих и отводящих коробов. Большое значение имеет различие в плотности укладки зерновой смеси по сечению шахты, проявляющееся в том, что воздух, стремясь пройти по пути наименьшего сопротивления, проходит в тех участках, где зерно имеет меньшую плотность укладки. Наибольшая скорость отработанного агента сушки (и воздуха) на выходе из коробов наблюдается в местах скопления различных легковесных примесей, и там, где имеет место повышенная скорость движения зерна. На плотность укладки зерна в шахте влияют засоренность и самосортирование зерна, а также неудовлетворительная работа выпускных механизмов, приводящая к неравномерному выпуску зерна по сечению шахт.

Неравномерность нагрева и сушки зернового слоя возрастают по мере увеличения его толщины, которая зависит от схемы расположения подводящих и отводящих коробов. Например, в зерносушилках типа ДСП, при последовательном чередовании рядов подводящих и отводящих коробов, толщина зернового слоя, подвергающегося воздействию агента сушки, составляет 200 мм. При расположении подводящих и отводящих коробов в одном ряду толщина зернового слоя составляет 100 мм. В наиболее неблагоприятных условиях (с позиций эффективности нагрева и обезвоживания) при использовании одностороннего продувания находятся слои зерна, расположенные со стороны выхода отработанного агента сушки. В случае же использования реверсивного продувания в наихудших условиях находятся центральные слои зерна. В таких условиях, и при одностороннем, и при реверсивном продувании (но в меньшей мере) имеет место превышение температуры и пересушивание в так называемых «пограничных» (со стороны ввода агента сушки) слоях зерна в сравнении со средними для слоя значениями температуры и влажности.

Определенное значение имеет и длительность пребывания зерна в зерносушилке: чем ниже пропускная способность зерносушилki (снижается по мере подачи в зерносушилку зерна повышенной влажности), тем больше продолжительность периода срабатывания выпускного механизма периодического действия, и тем больше эффект негативных явлений перегрева и пересушивания зерна.

Именно в силу перечисленных причин (и особенно последней) в шахтных прямоточных зерносушилках зерно пшеницы и семена подсолнечника влажностью свыше 20% действующей Инструкцией по сушке продовольственного, кормового зерна, маслосемян и эксплуатации зерносушилок № 9-3-82 (1982 г.) рекомендуется сушить за два пропуска через зерносушилку.

В перечень возможных вариантов сушки зерна повышенной влажности входят: сушка при базовом варианте работы одного зерносушильного агрегата в условиях стабилизации по влажности зерна, подаваемого на сушку; непрерывная сушка на базе одного агрегата с последовательным пропуском через зоны сушки, в том числе, с промежуточным охлаждением (рис. 2, *а*) и без промежуточного охлаждения зерна (рис. 2, *б*); непрерывная сушка на базе двух агрегатов с последовательным пропуском через зоны сушки, в том числе, с промежуточным охлаждением (рис. 2, *в*) и без промежуточного охлаждения зерна (рис. 2, *г*); прерывистая сушка на базе двух агрегатов с последовательным пропуском через зоны сушки с промежуточным охлаждением зерна в первом и с отлежкой в зернохранилище (рис. 2, *д*).

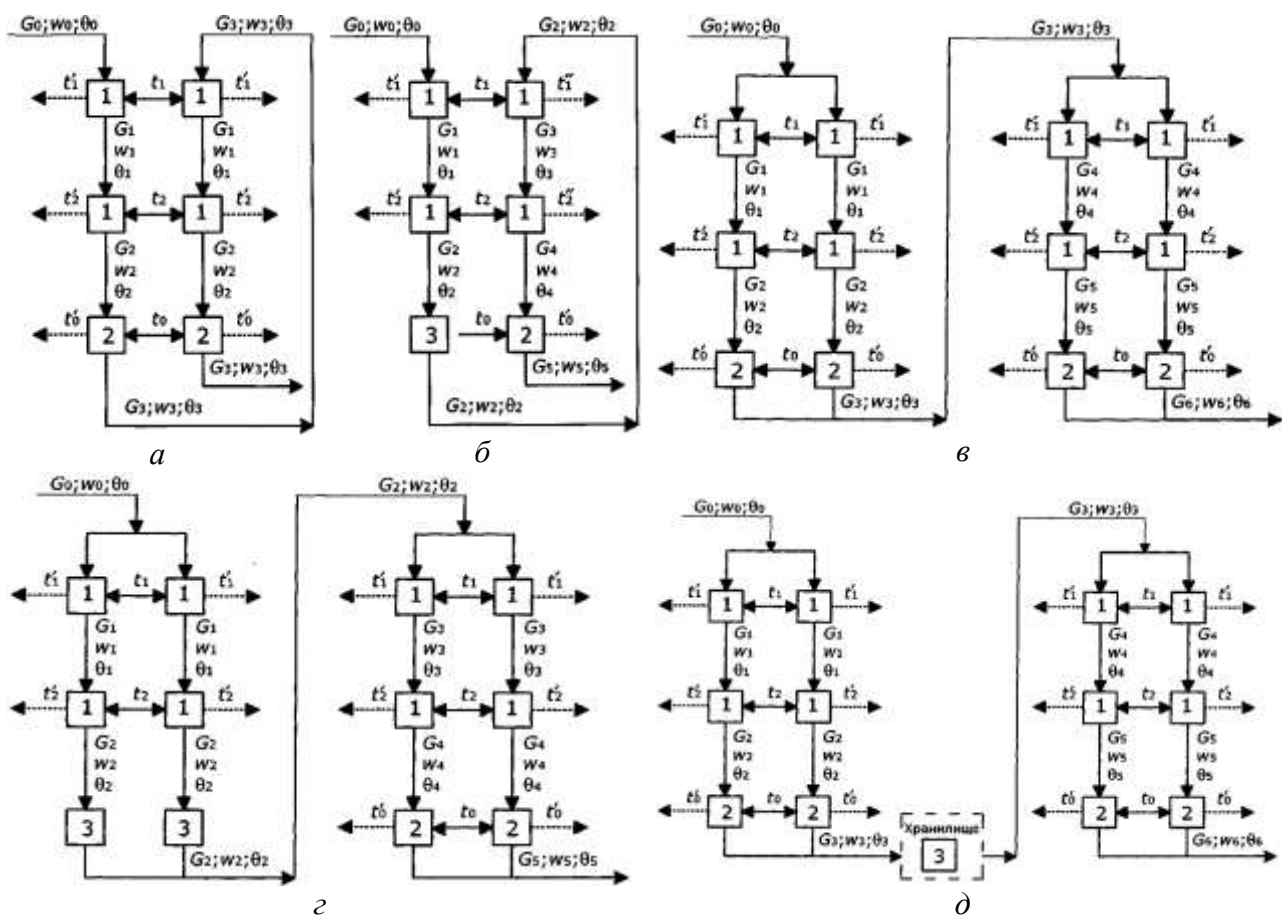


Рисунок 2 – Функционально-параметрические схемы работы шахтной прямоточной зерносушилки при различных вариантах ее использования в условиях сушки зерна повышенной влажности:

- 1 – прием подвода к зерну агента сушки; 2 – прием подвода к зерну атмосферного воздуха; 3 – отлежка зерна; а, в – варианты с последовательным пропуском зерна через шахты одного (а) и двух (в) агрегатов; б, г – варианты с последовательным пропуском без промежуточного охлаждения зерна через шахты одного (б) и двух (г) агрегатов; д – вариант с последовательным пропуском зерна через шахты двух агрегатов с промежуточной отлежкой зерна в хранилище

Для каждого из этих вариантов характерны свои особенности, существенно влияющие на энергоэффективность процесса сушки.

Основой для использования приема стабилизация по влажности является то, что в реальных условиях производства смешение зерна различной влажности вполне возможно на этапе формирования партий свежееубранного зерна одинакового качества, а также и на этапе сушки в рециркуляционных зерносушилках, путем возврата на смешение с сырым зерном части просушенного (рециркулируемого) зерна. Практическое использование способа сушки зерна пшеницы, стабилизированного по влажности до 18% (путем смешения сырого компонента влажностью 26,26% и сухого влажностью 14,0%) и прошедшего отлежку в течение 6...8 ч позволило использовать при сушке повышенные температурные режимы (рекомендуемые для зерна влажностью до 20%), повысить производительность зерносушилки на 28%, исключить необходимость изменения температурных режимов и количества подаваемого на

сушку сырого зерна, сохранить (несмотря на использование более жестких температурных режимов) исходное качество зерна, существенно (на 20,2%) снизить затраты топлива на сушку. К недостатку данного варианта следует отнести низкую эффективность охлаждения просушенного зерна [2].

Реализация варианта сушки, представленного на рис. 2, а обуславливает необходимость следующих основных мероприятий: разделение надсушильного бункера на две части путем монтажа вертикальной перегородки (в зерносушилках железобетонного исполнения достаточно перекрыть переливные окна); демонтаж ленточного транспортера; монтаж дополнительной (третьей) норрии для подачи зерна из первой шахты в надсушильный бункер второй шахты. А в случае использования варианта 2, б дополнительно необходимо заглушить отверстия подводящих коробов в охлаждающей камере (после второй зоны сушки) первой шахты зерносушилки. Затраты на перечисленные мероприятия не восполнят ожидаемый эффект по причинам низкой эффективности сушки и недостаточного охлаждения просушенного зерна, а кроме того, она утратит свойства обычного (базового) варианта работы зерносушилки. В итоге, варианты 2, а и 2, б неприемлемы.

Способ организации процесса сушки, изображенный на рисунке 2, в, представляет собой нечто иное, как обычный базовый вариант работы двух последовательно смонтированных зерносушилок, с включенными в работу охлаждающими камерами. Именно промежуточное охлаждение зерна на выходе из первого сушильного агрегата снижает эффективность последующих приемов сушки и охлаждения зерна. Поэтому вариант работы, представленный на рисунке 2, г, является более предпочтительным в сравнении с вариантом 2, в по той причине, что в зоны сушки второго сушильного агрегата поступает зерно, нагретое и прошедшее отлежку, вначале в охлаждающей камере первого агрегата (в условиях отключения вентилятора), а затем в надсушильном бункере второго агрегата. В итоге, имеет место процесс, аналогичный происходящему в зонах досушки рециркуляционных зерносушилок [3].

Вариант работы, представленный на рисунке 2, д, характерен для случая, когда предприятие не располагает достаточной зерносушильной мощностью (то есть не имеет второго свободного зерносушильного агрегата), а потому вынуждено сушить зерно в два этапа, с промежуточным размещением недосушенного зерна в хранилище. Данный вариант более предпочтителен в сравнении с представленным на рисунке 2, в вследствие того, что при отлежке в хранилище имеет место больший эффект перераспределения влаги между внутренними и поверхностными слоями отдельных зерновок. Однако, использование приема промежуточного охлаждения зерна перед подачей его во второй зерносушильный агрегат прерывает непрерывный процесс, то есть, по существу, сушка начинается сначала. А это приводит к дополнительным затратам теплоты на повторный нагрев зерна.

Проведенный анализ позволил выявить наиболее энергоэффективные варианты организации процесса сушки зерна повышенной влажности, включая стабилизацию по влажности подаваемого на сушку зерна, а также

представленный на рисунке 2, з, причем последний вариант более предпочтителен в силу простоты реализации.

Библиографический список

1. Малин, Н.И. Термоустойчивость и неравномерность нагрева, как факторы воздействия на режим сушки зерна / Н.И. Малин // Международный технико-экономический журнал. – Москва, 2018. № 4. – С. 26-36.

2. Малин, Н.И. Энергосбережение в теплотехнологиях и теплотехнических системах АПК: учеб. пособие / Н.И. Малин. – М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. – С. 28.

3. Малин, Н.И. Моделирование кинетики двухступенчатой рециркуляционной сушки зерна / Н.И. Малин // Международный технико-экономический журнал. – Москва, 2019. № 4. – С. 7-14.

УДК 664.723

АНАЛИЗ КИНЕТИКИ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ

Кукушкина Татьяна Сергеевна, инженер кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** дано описание сущности метода оптимальных конечных параметров, разработанного для описания кинетики сушки зерна (частного случая сушки растительного сырья) и предполагаемого к использованию для описания и оптимизации процесса сушки шишек хмеля.*

***Ключевые слова:** сушка, критерий эффективности влагосъема, критерий эффективности нагрева, энергетическая эффективность.*

Кинетику сушки влажных материалов принято характеризовать совокупностью трех кривых: кривая сушки (абсолютная влажность, то есть влажность в расчете на массу сухого вещества материала, как функция времени); температурная кривая (температура материала, как функция его абсолютной влажности), или, как вариант – термограмма (температура материала, как функция времени); кривая скорости сушки (скорость сушки, как функция абсолютной влажности материала) [1]. При анализе кинетики сушки, для построения кривых сушки и термограмм принято использовать функциональные временные зависимости, соответственно абсолютной влажности и температуры материала.

Если обратиться к представленным на рис. 1 и 2 зависимостям, характеризующим процесс сушки зерна пшеницы, то нетрудно заметить, что степень изменения какого-либо параметра M (в данном случае – абсолютной

влажности w^c и температуры θ зерна) на величину ΔM за отрезок времени Δt определяется условиями проведения процесса (в данном случае – температурой агента сушки) и является функциями его исходного значения (в данном случае – w_0^c и θ_0), и отрезка времени Δt : (соответственно: $w_0^c - w_2^c$ и $\theta_2 - \theta_0$).

При проведении процесса сушки в течение оптимальной продолжительности времени $\tau_{\text{опт}}$ параметр M достигнет определенного, так называемого «оптимального» конечного значения параметра $M_{\text{опт}}$, величина которого является функцией исходного значения параметра M_0 . Причем, характер достижения величиной M значения $M_{\text{опт}}$ подчиняется определенной закономерности (зависящей от условий ведения процесса) в виде отношения:

$$K_M = (M_0 - M) / (M_0 - M_{\text{опт}}),$$

где K_M – безразмерный критерий подобия, характеризующий эффективность протекания исследуемого процесса по мере изменения текущих значений параметра M .

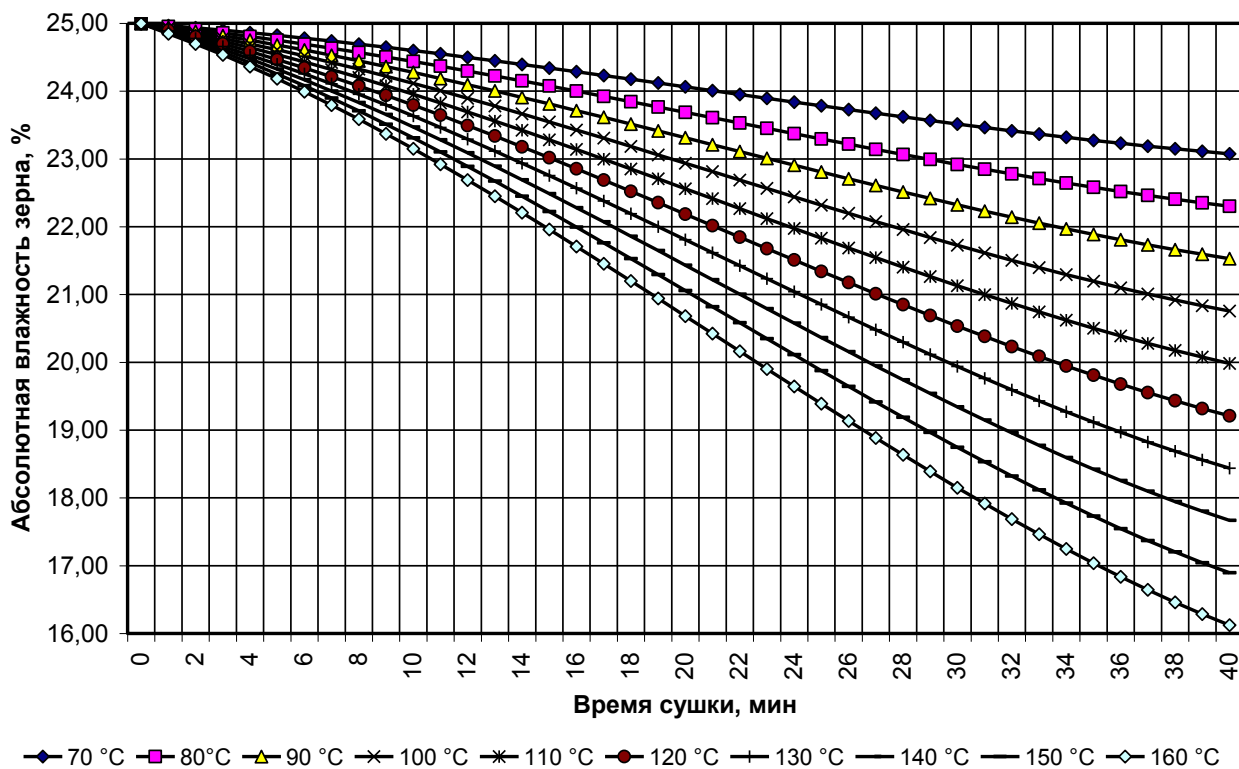


Рисунок 1 – Кривые сушки зерна пшеницы при различной (в пределах: 70...160 °C) температуре агента сушки

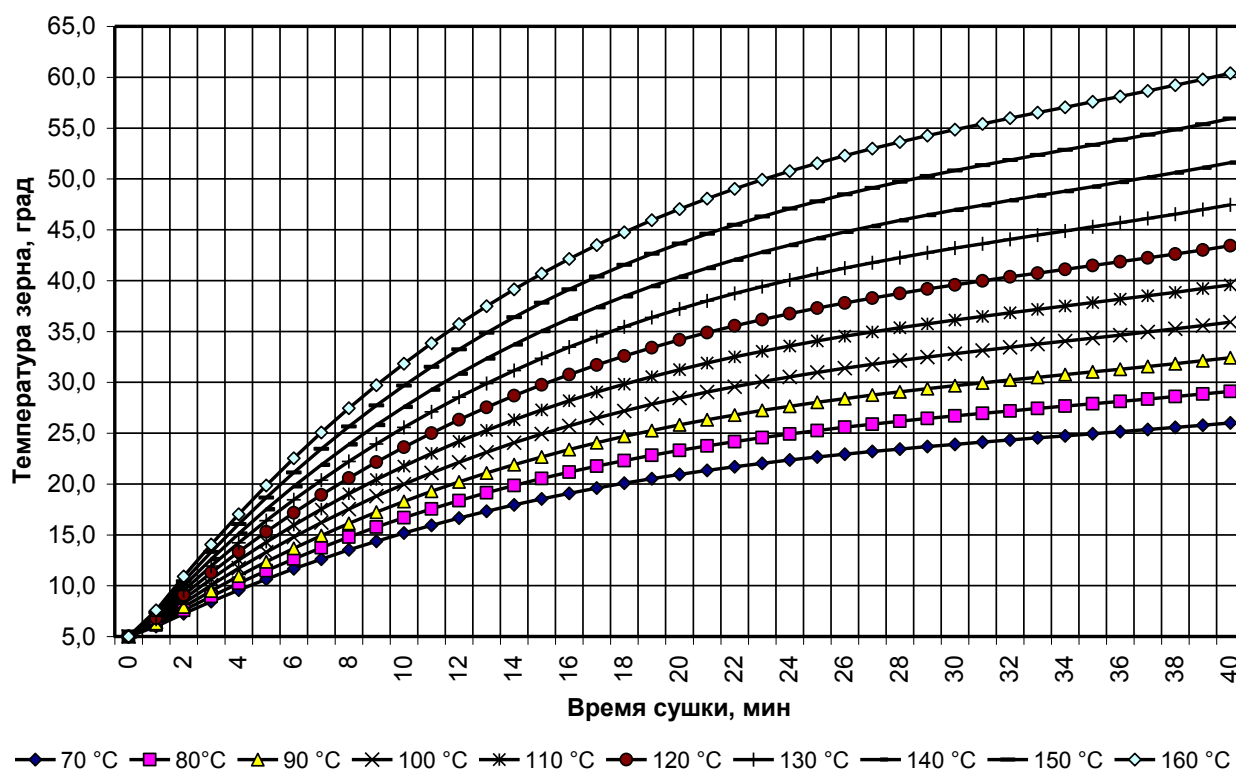


Рисунок 2 – Термограммы зерна пшеницы при различной (в пределах: 70...160 °С) температуре агента сушки

Для зерна, являющегося, по существу, основным представителем подвергнутого сушке влажного растительного сырья, в качестве частных случаев критерия подобия K_m рекомендовано использовать целый ряд критериев технологической эффективности. В их числе: критерий эффективности влагосъема K_w , являющийся аналогом коэффициента K_b , используемого для пересчета массы просушенного зерна в плановые единицы в зависимости от влажности зерна до и после сушки; критерий эффективности нагрева зерна K_θ , учитывающий взаимосвязь начальной и текущей температуры зерна, а также степень его нагрева [2]:

$$K_w = (w_0^c - w_2^c) / (w_0^c - w_{2\text{опт}}^c); \quad (1)$$

$$K_\theta = (\theta_2 - \theta_0) / (\theta_{2\text{опт}} - \theta_0), \quad (2)$$

где w_0^c , w_2^c и $w_{2\text{опт}}^c$ – соответственно, начальная, текущая и конечная «оптимальная» влажность в расчете на массу сухого вещества зерна, %;

θ_0 , θ_2 и $\theta_{2\text{опт}}$ – соответственно, начальная, текущая и конечная «оптимальная» температура зерна, °С.

При использовании критериев (1) и (2) для анализа кинетики сушки влажных растительных материалов, значения оптимальных значений влажности $w_{2\text{опт}}^c$ и температуры $\theta_{2\text{опт}}$ определяются экспериментальным путем, как функции таких основных параметров (определяющих условия проведения процесса сушки), как: температура, скорость (как вариант, массовая скорость) и влагосодержание агента сушки; начальная влажность и температура

поступающего в зону сушки материала; толщина и состояние слоя материала; другие параметры, учитывающие конструктивные и режимные особенности организации и проведения процесса сушки.

По результатам обработки экспериментальных данных (кривых сушки и термограмм), устанавливаются обобщенные (с учетом влияния всех перечисленных факторов) функциональные временные зависимости вида: $K_w = f(\tau)$ и $K_\theta = f(\tau)$, использование которых позволяет, для заданных условий моделирования процесса сушки, получить зависимости вида:

$$w^c = w^c_0 - K_w(w^c_0 - w^c_{2\text{опт}}); \quad (3)$$

$$\theta = \theta_0 + K_\theta(\theta_{2\text{опт}} - \theta_0). \quad (4)$$

Последующая обработка зависимостей вида (3) и (4) позволяет оценить энергетическую и экономическую эффективность сравниваемых вариантов сушки растительных материалов, в частности, шишек хмеля [3].

Библиографический список

1. Малин, Н.И. Моделирование кинетики двухступенчатой рециркуляционной сушки зерна / Н.И. Малин. Международный технико-экономический журнал. – № 4. – 2019. – С. 7-14.

2. Малин, Н.И. К вопросу оценки потенциала вторичных энергоресурсов шахтных прямоточных и рециркуляционных зерносушилок / Н.И. Малин // Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов в различных отраслях промышленности и агропромышленном комплексе. Сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений, посвященных 105-летию академика А.В. Лыкова. 2015. – С. 350-353.

3. Кукушкина, Т.С. Технологический процесс сушки хмеля / Т.С. Кукушкина // Сборник студенческих научных работ по материалам докладов 72-й Международной студенческой научно-практической конференции, посвященной 145-летию А.Г. Дояренко. 2019. – С. 44-46.

УДК 663.423.6

ИННОВАЦИОННОЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЕ И ОБРАБОТКА ХМЕЛЕСЫРЬЯ

Каратаева Оксана Григорьевна, доцент кафедры организации производства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Кукушкина Татьяна Сергеевна, инженер кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье рассмотрена специфика факторов и условий развития инновационных процессов для возделывания и обработки хмелесырья и сформулированы принципы внедрения инноваций. Эффективность освоения инновационных технологий возделывания и обработки хмелесырья.

Ключевые слова: *хмелесырьё, хмель, инновации, инновационные процессы, возделывание хмелесырья, обработка хмелесырья, агропромышленный комплекс.*

Инновационные ресурсосберегающие технологии возделывания и обработки хмелесырья применяются в ряде хозяйствующих субъектов РФ. Результаты исследования при разработке программы развития АПК РФ, могут быть основой для дальнейшего проведения исследований по инновационным процессам в возделывании и обработки хмелесырья [1].

Инновация представляет собой итоговый (конечный) результат творческой деятельности, основанный на использовании достижений науки и передового опыта, направленный на разработку, создание и распространение новых сортов хмеля, передовых технологий их возделывания и обработки хмелесырья, прогрессивных форм организации производства и труда, обеспечивающих повышение эффективности производства хмеля.

Инновационный процесс в возделывании и обработке хмелесырья при производстве составляет:

- комплекс последовательно осуществляемых мер по разработке и освоению новых сортов;
- более совершенных технологических операций, последовательности, кратности, сроков и технических средств для их выполнения;
- соответствующей численности и профессионально-квалификационного состава исполнителей, форм организации их труда.

Специфика инновационных процессов в возделывании и обработке хмелесырья обуславливается особенностями сельского хозяйства как отрасли и состоит в многообразии их направлений, чрезвычайной сложности и продолжительности разработок, а также многовариантности конструктивных решений и их практического освоения [2].

Инновационные процессы направлены на увеличение объемов производства продукции, повышение ее качества и конкурентоспособности путем роста урожайности хмеля, экономии материальных и трудовых ресурсов, совершенствования организационных форм ведения отрасли, активизации предпринимательской деятельности, повышения плодородия почвы, сохранения природной среды и улучшения ее экологии [3].

Наряду с определением понятий «инновация» и «инновационный процесс» теоретическую и методологическую основы их осуществления составляют этапы:

- разработка и внедрение;
- факторы и направления развития;
- классификация инноваций.

Эти принципы разработки и внедрения инноваций в сельском хозяйстве, которыми являются:

- последовательность, непрерывность и динамичность протекания инновационных процессов;

- способность отрасли и ее хозяйствующих субъектов воспринимать инновационные разработки;
- должная обеспеченность всех этапов разработки и внедрения инновационных проектов соответствующими видами ресурсов;
- всесторонняя заинтересованность каждого из участников инновационного процесса и мотивация его труда;
- наличие множества инноваций и формирование инновационного рынка;
- прогнозирование функционирования будущих объектов инноваций, своевременность их разработки и соответствие требованиям определенного периода;
- всесторонняя эффективность разработки и практического применения инноваций;
- целенаправленная государственная поддержка инновационной деятельности.

Эти принципы обеспечивают создание и функционирование целостной и гибкой инновационной системы, позволит мобилизовать интеллектуальный потенциал работников предприятия на решения актуальных задач производства, систематически осуществлять оценку инноваций с целью использования в производстве наиболее эффективных, формировать цивилизованный рынок интеллектуальной собственности, существенно улучшить показатели эффективности производства [4].

В разработке инновационных элементов технологий возделывания и обработки хмелесырья предшествовал анализ современного состояния и тенденций развития хмелесырья и производства в РФ.

Выполненные по совершенствованию технико-технологических приемов возделывания и обработки хмелесырья разработки содержат:

- обоснование лучших предшественников
- способов подготовки почвы к посеву
- сроки сева и норма высева.

Технологические приемы отрабатывались в течение длительного периода. В итоге разработаны и прошли производственную проверку новые сорта, усовершенствованные агроприемы и технические средства, применение которых вносит значительные изменения в существующую технологию производства возделывания и обработки хмелесырья и позволяет характеризовать ее как инновационную, в которой все технологические операции выполняются отечественной техникой [3].

Конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, технологического процесса, используемого в практической деятельности.

Развитие сельского хозяйства, других отраслей и сфер деятельности АПК возможно и целесообразно, прежде всего, на основе разработки и внедрения инновационных процессов, направленных на существенную модернизацию агропромышленного производства.

Итоговым результатом осуществления инновационного процесса в сельском хозяйстве является создание нового продукта в виде более совершенной технологии возделывания и обработки хмелесырья, отличающейся от ранее применяемой повышенной урожайностью и лучшим качеством хмелясырья, снижением удельных затрат труда и материально-технических ресурсов, обеспечивающей рост доходов (прибыли) и повышение уровня рентабельности, что в современных условиях хозяйствования имеет первостепенное значение для ведения отрасли на основе расширенного воспроизводства [5].

Библиографический список

1. Каратаева, О.Г. Повышение эффективности производства и переработки хмеля (на материалах Чувашской республики) Каратаева О.Г. автореферат дис. ... кандидата экономических наук / Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина. Москва, 2011. – 17 с.
2. Каратаева, О.Г. Моделирование экономических процессов в хмелеводстве / О.Г. Каратаева, А.Г. Гамидов, О.В. Чеха // Международный научный журнал. № 4. – 2019. – С. 56-61.
3. Каратаева, О.Г. Инновационное развитие хмелеводства в России / О.Г. Каратаева // В сборнике: Доклады ТСХА Сборник статей. 2015. – С. 181-183.
4. Каратаева, О.Г. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве / О.Г. Каратаева, О.В. Виноградов, Д.И. Харламов, Н.С. Митенев, Ю.М. Алексеев // ИнформАгро-2019. XI Международная научно-практическая конференция «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК». 5-7 июня 2019. – С. 268-271.
5. Каратаева, О.Г. Современные направления переработки хмеля / О.Г. Каратаева, Т.С. Кукушкина, Г.С. Каратаев // В сборнике: Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию первого выпуска технологов сельскохозяйственного производства. 2018. – С. 194-200.

УДК 631.34

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СРЕЗОВ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ОБРЕЗКЕ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Шевкун Владимир Александрович, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Разработано устройство повышающее скорость обработки защитными эмульсиями при механизированной обрезке плодовых деревьев место среза на ветви путем выполнения их в едином временном цикле. Проведен факторный эксперимент и получено уравнение регрессии.*

Ключевые слова: механизированная обрезка, защита растений, производительность.

Практика и ряд исследований показывают, что обрезка является одной из важнейших операций по уходу за садом, регулирующей рост и плодоношение деревьев. На обрезку затрачивается до 15% общих трудозатрат на работу по уходу. Но во время процесса обрезки существует вероятность распространения болезней и вредителей по всему саду. Срезы ветвей надо сразу «запечатывать», так как споры возбудителей болезней могут заглубляться в них в течение нескольких секунд. Для замазки применяют белые водоэмульсионные или латексные поливинилацетатные краски с добавлением фунгицидов, фирменные пасты, бальзамы, содержащие фунгициды или бактерициды, обеспечивающие водостойкое покрытие без трещин, а также другие препараты, содержащие дезинфицирующие и физиологически активные вещества, способствующие быстрой регенерации травмированных тканей, чтобы исключить иссушение ветвей и проникновение в место среза различных вредителей [1, 2].

Технической задачей, на решение которой направлена наша тема, является повышение скорости обработки защитными эмульсиями при механизированной обрезке плодовых деревьев место среза на ветви путем выполнения их в едином временном цикле. Данная техническая задача решается тем, что на рабочий орган обрезчика устанавливается система, которая подает обеззараживающую эмульсию на место среза одновременно с процессом обрезки и защищает место среза специальным покрытием. Обеззараживающая эмульсия подается в виде аэрозоля [3].

Согласно разработанной методике был разработан и проведен факторный эксперимент по изучению результатов взаимодействия воздушных потоков с факелом распыла. Переменными факторами данного эксперимента были следующие: скорость потока воздуха образованного режущими пилами, скорость бокового воздушного потока, угол наклона форсунок относительно режущей кромки (табл. 1).

Таким образом, при проведении данного эксперимента были учтены: X_1 – скорость потока воздуха образованного режущими пилами; X_2 – негативный воздушный поток, оказывающий влияние на факел распыла, снося его в сторону; X_3 – угол наклона форсунок относительно режущей кромки.

Таблица 1

Условия проведения факторного эксперимента.

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	
Скорость потока воздуха образованного режущими пилами, м/с	X_1	3	6	9	3
Скорость бокового воздушного потока, м/с	X_2	5	10	15	5

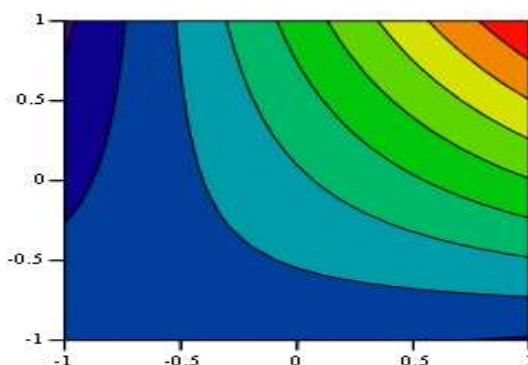
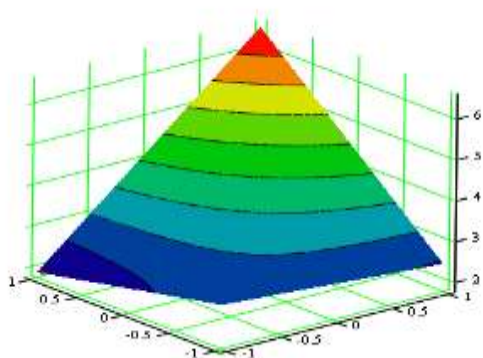
Угол наклона форсунок относительно режущей кромки, град.	X_3	0	15	30	15
--	-------	---	----	----	----

Исследование проводилось методами математического планирования эксперимента. Для построения регрессионной модели процесса был принят трехуровневый трехфакторный план ПФЭ 2^3 (табл. 1).

Выходным параметром эксперимента принято влияние воздушного потока, взаимодействующего с факелом распыла эмульсии на эффективность обработки срезов, выразившееся в количестве раствора, попавшего в различные зоны обрабатываемой поверхности.

В результате исследований и обработки данных факторного эксперимента было получено следующее уравнение:

$$\hat{y}=3,425+1,05 X_1+0,775 X_2+0,625 X_3+1,25 X_1 X_2 \quad (1)$$



у

у

Рисунок 1 – Зависимость воздействия неблагоприятного бокового воздушного потока на снос защитной эмульсии

Выводы

Общий анализ результатов факторного эксперимента позволил подтвердить, что при воздействии неблагоприятного бокового воздушного потока скоростью до 15 м/с происходит снос защитной эмульсии, при этом если скорость потока воздуха образованного режущими пилами достигает 9 м/с, то воздействия бокового ветра уменьшаются в 2 раза. При этом угол наклона форсунок относительно режущей кромки до 30° существенного влияния на качество обработки не оказывают.

Библиографический список

1. Пат. 2625183 Российская Федерация, МПК А 01 G 3/00. Способ обрезки плодовых деревьев/ А.Ю. Измайлов, Ю.А. Утков, Р.А. Филиппов, Д.О. Хорт, И.Г. Смирнов; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. – № 2015140697; заявл. 24.09.2015; опубл. 12.07.2017, Бюл. № 20. – 8 с.: ил.
2. Метлицкий, О.З. Как проводить санитарную обрезку / О.З. Метлицкий // Защита и карантин растений, – №3. – 2003. – С. 57-58.
3. Шевкун В.А. Механизация обрезки садовых насаждений / В.А. Шевкун, Глушанков Р.Е. // Инновации в сельском хозяйстве, № 4. – 2017. – С 196-201.

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Шевкун Николай Александрович, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Шевкун Владимир Александрович, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Приведены преимущества пневматического привода. Рассмотрена его структурная схема. Способы реализации пневматических систем управления.*

Ключевые слова: *Пневматический привод, пневматические схемы, пневматические клапаны, пневматические распределители*

Основными преимуществами пневматических приводов является возможность их работы в агрессивных, пожаро- и взрывоопасных, запыленных средах, а также нечувствительность к радиационным и электромагнитным излучениям. Поэтому они нашли широкое применение в машиностроении, горнодобывающей, пищевой, текстильной и легкой промышленности, медицине, транспорте и т.д. [1].

Пневматический привод состоит из двух взаимосвязанных частей: силовой части и управляющей (рис. 1). Силовая часть осуществляет производство и подготовку сжатого воздуха; направляет и распределяет потоки сжатого воздуха с одновременным выполнением регулирования его параметров (расхода и давления), совершает полезную работу исполнительными элементами вследствие преобразования потенциальной энергии сжатого воздуха в кинетическую энергию движения выходного звена. Управляющая часть реализует информационные процессы, формирующие управляющие сигналы тем самым управляет работой силовой части пневмопривода. Управляющая часть состоит из информационной и логико-вычислительной подсистем [2, 3].

Информационная подсистема осуществляет сбор информации о состоянии объекта управления и позволяет вводить управляющие сигналы. Логико-вычислительная подсистема обрабатывает управляющие сигналы в соответствии с программой и передает их на элементы направляющей и регулирующей подсистемы силовой части пневмопривода для управления потоком энергии от его источника к исполнительному устройству. Таким образом взаимная работа информационной и логико-вычислительной подсистем пневматического привода обеспечивает функционирование систем автоматического управления.



Рисунок 1 - Структурная схема системы автоматического управления пневматического привода

Для реализации автоматического управления используются определенные пневмоэлементы: путевые выключатели, струйные датчики, усилители давления, пневмоклапаны последовательности, логические клапаны, пневмораспределители. Например перемещение штока пневмоцилиндра по заданной программе, будет происходить при контакте штока с пневматическими путевыми выключателями которые будут подавать управляющие сигналы на переключение пневмораспределителя. В тех случаях когда для получения информации о состоянии управляемого объекта нельзя использовать контактный способ применяют бесконтактный с помощью струйных датчиков положения (для управления процессом прокатки, газотурбинными двигателями и т.д.) [4]. Отдельно следует отметить пневматические клапаны последовательности, которые формируют управляющие сигналы на основе величины давления в определенных точках пневмосистемы, например в конструкции фасовочных аппаратов.

Особое внимание заслуживают пневматические схемы в конструкции которых применяются моностабильные, нормально закрытые, нормально открытые пневмораспределители, а также логические пневмоклапаны. Выше указанные пневмораспределители реализуют функцию запоминания сигнала после снятия управляющего, тем самым обеспечивают фиксацию у удержание обрабатываемой или перемещаемой детали. Логические пневмоклапаны позволяют строить пневматические системы управления, которые осуществляют автоматизацию пуска, останова, защиты, блокировки исполнительных устройств.

Таким образом реализуя пневматические схемы с применением рассмотренных пневматических элементов добиваются автоматизации работы пневмопривода в соответствии с поставленными перед ним задачами.

Библиографический список

1. Донской, А.С. Основы пневмоавтоматики: Учеб. пособие. / Донской А.С. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016 – 77 с.
2. Наземцев, А.С. Гидравлические и пневматические системы. Ч.1. Пневматические приводы и средства автоматизации: Учебное пособие. / Наземцев А.С. – М.: Форум, 2004. – 240 с. Ил.
3. Кожевникова, Н.Г. Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: Практикум / Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, А.В. Драный М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 115 с.
4. Ильина Т.Е., Проектирование элемента струйной системы управления газостатическим подшипником / Ильина Т.Е., Продан Н.В. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. Т. 15. – № 5. – 2015. – С. 921-929.

УДК 621.63

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ИЗУЧЕНИЮ РАБОТЫ ТЯГОДУТЬЕВЫХ МАШИН

Чельшев Александр Вячеславович, специалист отдела КИПиА аппарата управления Филиала 2 ПАО МОЭК

Шевкун Николай Александрович, доцент кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Приведены методики испытания тягодутьевых машин. Обозначены характеристики получаемые в ходе испытаний. Представлена принципиальная схема лабораторного стенда.

Ключевые слова: Тягодутьевые машины, лабораторный стенд, аэродинамические характеристики,

Тягодутьевые машины являются вспомогательным оборудованием котельных установок. К ним относятся дутьевые вентиляторы, дымососы, дымососы рециркуляции, мельничные вентиляторы и вентиляторы горячего дутья и т.д. [1].

В соответствии с методикой испытания тягодутьевых машин котельных установок электростанций и их газовоздушных трактов предусмотрено проведение трех видов испытаний тягодутьевых машин: эксплуатационных, типовых и с использованием моделей. [2] Эксплуатационные испытания направлены на определение соответствие тягодутьевой машины потребностям котлоагрегата, а типовые и модельные испытания осуществляют для получения

их характеристик с последующим сравнением с заводскими характеристиками для выявления узлов, подлежащих техническому осмотру или реконструкции.

Предлагается следующая компоновка лабораторного стенда для изучения работы тягодутьевых машин (рис. 1). Он предназначен для изучения студентами аэродинамических и энергетических характеристик тягодутьевых машин получаемых в процессе их испытания, а именно зависимости развиваемого давления $p - Q$, потребляемой мощности $N - Q$ и коэффициента полезного действия $\eta - Q$ от расхода среды.

Лабораторный стенд включает в себя испытываемую тягодутьевую машину 4 с приводным электродвигателем 5 оснащенный ваттметром 6 для измерения мощности на клеммах электродвигателя. Термометр 1 измеряет температуру рабочей среды, которая в последующем используется для определения её плотности и расхода. По показаниям дифференциального манометра 2 с учетом плотности и формы рабочего канала всасывающей линии вычисляется расход рабочей среды. Тягомер 3 и напоромер 7 позволяют определить напор, развиваемый тягодутьевой машиной. Шибер 8 обеспечивает изменение режимов работы тягодутьевой машины 4.

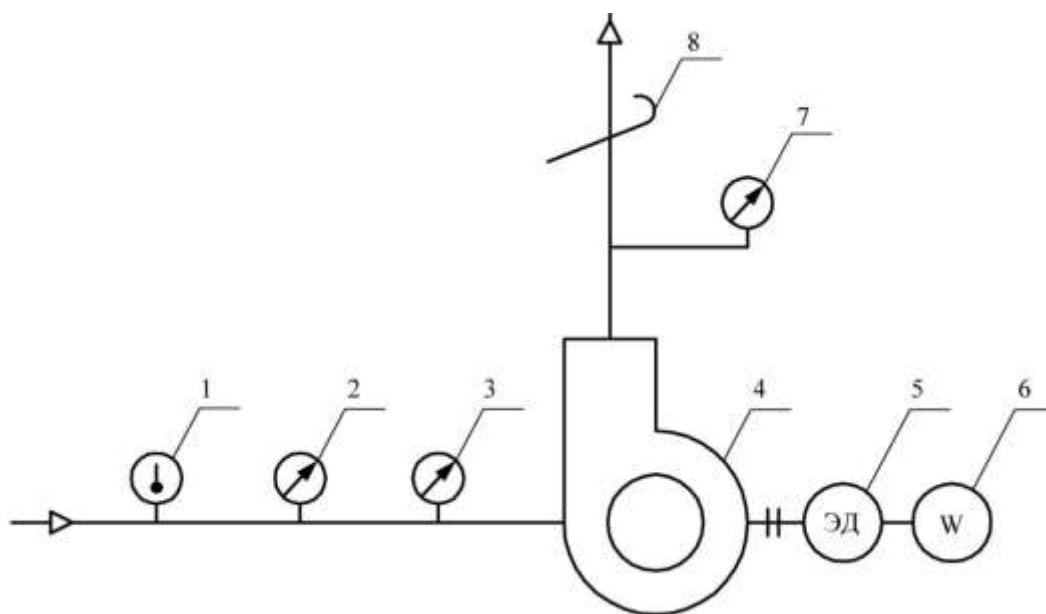


Рисунок 1 - Принципиальная схема лабораторной установки

1 – термометр, 2 – дифференциальный манометр, 3 – тягомер, 4 – тягодутьевая машина, 5 – электродвигатель, 6 – ваттметр, 7 – напоромер, 8 - шибер

Испытания производятся для 6-8 режимов работы, в ходе которых измеряют давление на входе и выходе из машины, мощность на клеммах приводного электродвигателя, температуру рабочей среды [3]. На основании полученных опытных данных и обработанных по стандартным методикам, с учетом конструктивных особенностей машин, строятся характеристики $p - Q$, $N - Q$, $\eta - Q$.

Библиографический список

1. СТО 70238424.27.100.042-2009 Тягодутьевые установки ТЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования – М.: НП «ИНВЭЛ», 2009. – 106 с.
2. СТП 34.32.503 (РД 34.32.503) Методика испытаний тягодутьевых машин котельных установок электростанций и их газовоздушных трактов – М.: СПО «Союзтехэнерго», 1989. – 43 с.
3. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Р.И. Эстеркин – СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 1991. – 304 с.: ил.

УДК 621.51

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВКАХ

Хандогин Герман Владимирович, ведущий специалист, департамента угольной и торфяной промышленности Министерства энергетики РФ

Аннотация: Проведен анализ сведений о применении современных технологий в компрессорных установках. По результатам анализа были определены новые технологии в системах компрессоров.

Ключевые слова: компрессорные установки, автоматизированное управление, экономичность, изменяемая производительность.

Если верить официальной статистике, то производственные мощности в рамках создания компрессорных установок растут не только за границей, но также в рамках отечественных предприятий. Потребность в холодильной технике с каждым годом возрастает, что не удивительно, ведь без оборудования, генерирующего сжатый воздух, современные производства не смогут выпускать продукцию. К таким предприятиям можно отнести- предприятия нефтеперерабатывающей промышленности и тяжёлого машиностроения [1, 2].

Компрессорное оборудование стало широко распространено не только за счет своей высокой рабочей и функциональной эффективности, но также благодаря сравнительной конструктивной простоте.

После проведенного анализа применения современных технологий, был сделан вывод, что наиболее технологичными в настоящее время являются спиральные компрессоры.

Преимущества у такой техники достаточно, и на каждое из них важно обращать внимание, выбирая конкретного производителя и соответствующие характеристики [3, 4].

В первую очередь к таким характеристикам относится:

- высокий запас прочности и надежность;

- показатель КПД, отражающий энергоэффективность работы компрессорной установки;
- простота в устройстве и по части эксплуатации;
- доступная стоимость;
- минимальные показатели биения потока и стабильная подача воздуха.

Отдельно следует выделить спиральные компрессоры [5]. Одно из преимуществ спирального компрессора, а именно *стабильность подачи*, уже упомянуто выше. На практике это означает, что в выходном воздушном потоке нет биений, что улучшает режимы работы потребителя, например, пневматического инструмента, действующего со значительными усилиями. На практике, показатель звукового давления может находиться на уровне 5-10 Дб, что весьма ценно в медицинском оборудовании, системах кондиционирования.

Есть еще несколько технологических показателей, по которым спиральные нагнетатели обходят конкурентов. В обывательской формулировке можно описать их преимущества достаточно просто.

- Спиральные компрессоры показывают коэффициент подачи на 20-30% выше, чем у поршневых установок;
- При высоких температурах (более +10 градусов) у них на 10-15% выше КПД;
- Спиральные компрессоры очень тихие, не вносят примеси в воздух, формируют стабильный поток без заметного биения пара.

Основное внимание производителей спиральных компрессоров приковано к профилированию спиралей, снижению перетечек, повышению срока службы элементов компрессора. Но есть и более специфические наработки.

Так, для расширения температурных границ работы спиральных компрессоров была предложена технология Enhanced Vapor Injection (EVI). Суть ее заключается в подаче дополнительного потока хладагента в виде перегретого пара в процессе сжатия.

Технология Enhanced Vapor Injection позволяет расширить температурные границы работы спиральных компрессоров в холодное время года до -25°C . Кроме того, по данным компании LG, за счет применения промежуточного впрыска хладагента удается повысить производительность системы на 27%. Технология Enhanced Vapor Injection способствует понижению температуры хладагента на выходе из компрессора, что, в свою очередь, позволяет компрессору работать с более высокой скоростью, а это приводит к увеличению производительности агрегата.

Таким образом, можно сказать, что применение новых технологий в системах компрессорных установок сейчас заключается в применении новых материалов или нового, более усовершенствованного, оборудования.

Библиографический список

1. Бандарь, Е.С. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебное пособие / Е.С. Бандарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич. Под общ. ред. Е.С. Бондаря. - Киев: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005. – 560 с., ил.
2. Кожевникова, Н.Г. Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: Практикум / Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, А.В. Драный М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 115 с.
3. Компрессорные машины: Учебное пособие для ВУЗов/ А.К. Михайлов, В.П. Ворошилов, Изд. «Энергоатомиздат», 2008. – 248 с., ил.
4. Иванов, Б.К. Машинист компрессорных установок: Учебное пособие/ Б.К. Иванов, Изд. «Феникс». 2013. – 345с., ил.
5. Поспелов, Г.А. Объемные компрессоры: Ученое пособия для ВУЗов / Г.А. Поспелов, П.И. Пластилин, А.И. Шварц, А.Х. Сафин / Под редакцией Поспелова Г. А./ Изд. «Машиностроение», 2010. – 120с., ил.

УДК 631.151.2

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕТАНОВОГО ЧИСЛА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Дидманидзе Отари Назирович, академик РАН, и.о. заведующий кафедрой тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Хакимов Рамиль Тагирович, доцент кафедры автомобиля, тракторы и технический сервис, ФГБОУ ВО СПбГАУ

Парлюк Екатерина Петровна, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Газовый двигатель в настоящее время является полноценной энергоустановкой, способный работать без конвертаций под другие виды топлив. Преимущества данного двигателя неоспоримы в сравнении со стандартными двигателями к которым относятся: низкие показатели токсичных выбросов ВВ, уровня шума, стоимость топлива, увеличенный моторесурс, высокое октановое (метановое) число.

Ключевые слова: газовый двигатель, метановое число, топливо.

Как известно, природный газ состоит из: метана – CH_4 , этана – C_2H_6 , пропана – C_3H_8 , бутана – C_4H_{10} и т.д., а также неорганических компонентов: – водорода (в небольших количествах) – H_2 , углекислого газа – CO_2 , азота – N_2 , сероводорода – H_2S и т.д.

Исходя из месторождения природного газа, состав его состоит из смеси газов и основная доля принадлежит метану – 95...98%. Основные залежи были обнаружены в районах Заполярья, Северо-Западной Сибири и на дальнем Востоке. Крупнейшими месторождениями природного газа в России являются: Уренгойское, Ямбургское, Бованенковское, Штокмановское, Ленинградское, Русановское, Заполярное, Медвежье, Астраханское, Сахалин-3 и т.д. [1]. Некоторые газовые месторождения РФ являются не только крупнейшими в мире, но и уникальными.

Моторные свойства многих природных газов по таким показателям как теплотворная способность, число Воббе, наличие в объемных долях различных газов и т.д. отличаются для каждого конкретного месторождения. Например, теплота сгорания природных газов по отдельным месторождениям может составлять до 47 МДж/м³, в совокупности по среднему значению она составляет около 33-37 МДж/м³.

Состав природного газа состоящая из других газов может в той или иной степени менять свою теплотворную способность. Изучив состав таких газов как CH_4 ; C_2H_6 ; C_3H_8 ; C_4H_{10} ; неорганических компонентов: – H_2 ; CO_2 ; N_2 ; H_2S т. д. можно судить об эффективности газовых смесей в процессе горения газоздушнoй смеси в камере сгорания двигателя. Данные о фазовом равновесии изображаются в треугольных диаграммах (см. рис. 1). При построении таких диаграмм используется теорема: если из точки, взятой внутри равностороннего треугольника, провести прямые, параллельные трем его сторонам до пересечения со сторонами, то сумма этих трех отрезков есть величина постоянная и равна стороне треугольника [2].

Если разобрать рисунок 1, то увидим треугольник с точками на углах A , B , C , которые определяют состав тройной системы газов, в основании которой лежит CH_4 – метан, при этом содержание рассматриваемого газа пропорционально длине перпендикуляра, опущенного на сторону, противоположную углу данного компонента [3]. На графиках состояния равновесия газов точка P , это содержание A – 50%, B – 20%, C – 30%. На рисунке видно, каким способом производится отсчет. Для изображения равновесных соотношений тройной смеси обычно фиксируют P и T ; тогда определенному составу жидкости x_l , существующей при данных P и T , соответствует пар состава z_l (см. рис. 1 – б). Существующей при данных P и T другой жидкости состава x соответствует пар состава z и т.д.; таким образом строятся линия жидкости и линия пара для данных P и T . Составы равновесных жидкости и пара соединены прямыми, так называемыми коннодами.

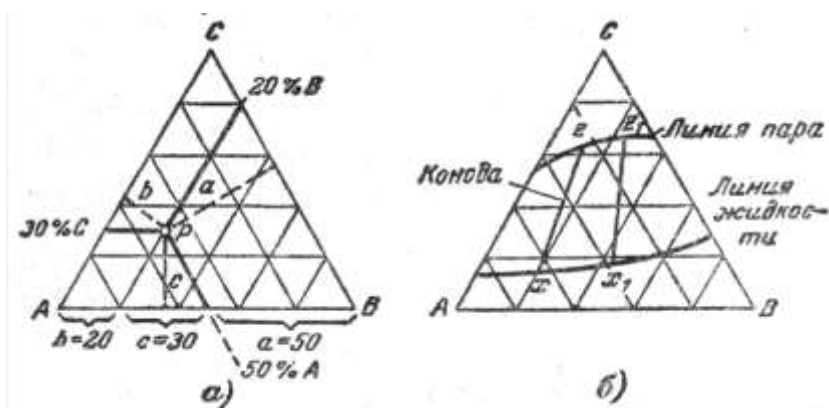


Рисунок 1 – Номограмма равновесного соотношения для тройной смеси

Отсчет концентраций ведется в соответствии с рисунком 1 - а). Равновесные составы жидкости и пара соединяются «дистилляционными линиями» (вспомогательные). Например, жидкости состава точки *A*, при температуре 22,8° К равновесен пар, состав которого выражается точкой *B*, лежащей на той же дистилляционной линии и на изотерме 22,8° К для пара.

Данные фазовые равновесия необходимы для улучшения межмолекулярного взаимодействия с целью достичь, наилучшего эффекта в критической точке, при котором возможно лучшее тепловыделение в процессе реакции окислителя и газа. В трудах [4, 5] представлены несколько равновесных систем смесей газов на основе метана, такие как:

- Система водород – азот – окись углерода (H_2-N_2-CO);
- Система водород – азот – метан ($H_2-N_2-CH_4$);
- Система водород – метан – этилен ($H_2-CH_4-C_2H_4$), на рисунке 2 приведена диаграмма равновесия;
- Система метан – этилен – бутан ($CH_4-C_2H_4-C_4H_{10}$)
- Система метан – бутан – декан ($CH_4-C_4H_{10}-C_{10}H_{22}$)
- Система этилен – этан – ацетилен ($C_2H_4-C_2H_6-C_2H_2$)
- Системы $H_2-C_2H_4-C_2H_6$ и $H_2-C_2H_4-C_3H_6$
- Система метан – этилен – этан ($CH_4-C_2H_4-C_2H_6$)
- Система водород–метан – этан ($H_2-CH_4-C_2H_6$)

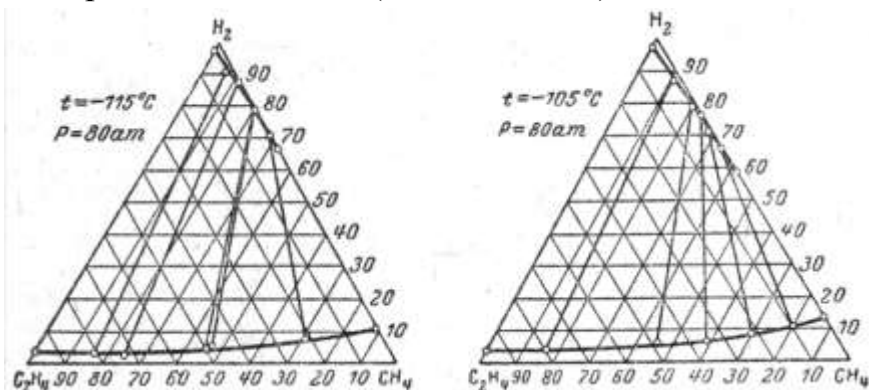


Рисунок 2 – Номограмма равновесия системы водород-метан-этилен при температуре $t = -105...-115$

Равновесное состояние необходимо в первую очередь для того, что бы понимать сколько времени уйдет на естественное выдерживание системы смесей газов при постоянном давлении и температуры, во вторых, зная условия равновесия соответствующих газовых смесей, решить – стоит ли разрабатывать технологии для его перемешивания, чтобы достичь полного насыщения, в третьих, учитывать возможность отсутствия равновесного состояния газовых смесей в системе (в данном случае законы управляющие равновесием установят на систему определенные ограничения). В четвертых, если фазы соответствующих газов находятся в равновесии в системе, то это означает, что фазы находятся в полном взаимном насыщении. Изучение фазовых систем равновесия дает общее понимание в подборе двойных или тройных диаграмм, необходимых для подбора газовых смесей с целью определения метанового числа. Анализ исследований по определению метанового числа природного газа или газовых смесей показал, что в этой области мало представлено работ отечественными учеными, это вызвано тем, что в СССР использование природного газа в качестве моторного считалось всегда альтернативной. В России темп использования газомоторного топлива растет с каждым годом, это подтверждается выпуском серийных газовых двигателей крупных автопроизводителей ПАО «КАМАЗ и «Группа ГАЗ». Использовать природный газ в том виде, в котором его добывают, нецелесообразно, необходимо работать над газовыми смесями, основой которых является метан. Ввод метанового числа позволит качественно подойти к составу природного газа и газификации на его основе смесей для создания топливного ряда отличающихся метановым числом. Большее значение метанового числа газа показывает его детонационную стойкость и эффективное горение в цилиндре газового двигателя. Более подробно о влиянии метанового числа на рабочий процесс двигателя описано в работе.

Вывод. Газовый двигатель в настоящее время является полноценной энергоустановкой, способный работать без конвертаций под другие виды топлив. Преимущества данного двигателя неоспоримы в сравнении со стандартными двигателями к которым относятся: низкие показатели токсичных выбросов ВВ, уровня шума, стоимость топлива, увеличенный моторесурс, высокое октановое (метановое) число. Имеет аналогично бензиновым и дизельным двигателям широкий диапазон основных показателей по мощностным и нагрузочным характеристикам.

Библиографический список

1. Гиршфельдер, Дж. Молекулярная теория газов и жидкостей / Дж. Гиршфельдер [и др.]. – М.: Иностранная литература, 1961. – 930 с.
2. Лебедев, О.Н. Исследование движения фаз и фазовых превращений в однородном нестационарном двухфазном потоке / О.Н. Лебедев // НИИВТ. Новосибирск. – 1973. – С. 3-17.
3. Гнедова, Л.А. Газомоторные топлива на основе метана. Анализ требований к качеству и исходному сырью / Л.А. Гнедова [и др.] // Вести газовой науки / Научно-технический сборник. – № 1. (21). – 2015. – С. 86-97
4. Дидманидзе, О.Н. Исследования показателей тепловыделения газовых двигателей / О.Н. Дидманидзе, А.С. Афанасьев, Р.Т. Хакимов // Записки горного института, т. 229. – 2018. – С. 50-55.
5. Didmanidze, O.N. The development of the automobile transport in agriculture / O.N. Didmanidze, G.E. Mityagin, A.M. Karev // TAE 2016 – Proceedings of 6th international conference on trends in agricultural engineering, 6. –2016. – С. 138-149.

УДК 621-038-629.113

ФИЛЬТР ГРУБОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Дидманидзе Отари Назирович, академик РАН, и.о. заведующий кафедрой тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Удлер Эдуард Исаакович, профессор, ФГБОУ ВО Томский государственный архитектурно-строительный университет

Зыков Сергей Анатольевич, к. доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Парлюк Екатерина Петровна, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Предложен фильтр-нагреватель устанавливаемый в штатный фильтр-отстойник с целью повышения эффективности очистки дизельного топлива от загрязнений.

Ключевые слова: дизельное топливо, эффективность очистки, фильтрация, подогрев.

Многолетний опыт эксплуатации сельскохозяйственных машин всех типов, имеющих в качестве силового модуля – двигатель внутреннего сгорания (ДВС) указывает на прямую зависимость его долговечности от надежной работы системы подачи топлива. Работоспособность самой системы на 80...90% обусловлена чистотой топлива, характеризуемой в основном количеством и

размерностью механических частиц в нем содержащихся. Процесс загрязнения топлива частицами органического и неорганического происхождения происходит на всех этапах от его производства до потребления. Особенно опасной является неорганическая часть, состоящая из окислов кремния, алюминия, железа и цинка и зависящая с одной стороны от запыленности воздуха, а с другой – от эффективности защиты топливных баков сельскохозяйственных машин от проникновения в них загрязнений [1, 2].

Характеристика чистоты дизельных топлив, поступающих к потребителю в некоторых районах Западной Сибири, представлена в табл. 1.

Анализ ее результатов показывает, что по количественному и по качественному составу загрязнений топлива различаются как территориально, так и по топливозаправочным системам.

Это свидетельствует о влиянии многих объективных и субъективных факторов, влияющих на частоту топлива, заправляемого в трактор. Следует вспомнить, что по ГОСТ 305-82 в дизельном топливе не должно быть воды и механических примесей совсем.

Однако ГОСТ 6270 допускает содержание загрязнений до 0,005% (по уровню чувствительности метода оценки), по ТУ 38.401-58-296-2001 (Е №590) допускаемое количество воды в топливе может быть не более 200 мл/кг, т.е. 0,02%. Фактически в реальных условиях эксплуатации сельскохозяйственных машин присутствие в топливе загрязнений наблюдается всегда. И, если механические частицы в топливном баке – результат его плохой защиты, то вода в топливе – результат конденсации ее паров из воздуха на внутренних стенках емкостей хранения, транспортирования и топливных баков при больших колебаниях температуры. При температуре ниже нуля растворенная и конденсированная вода превращается в кристаллы льда, находящиеся во взвешенном состоянии, и, являясь хорошим коагулятором, она собирает мелкодисперсную фазу загрязнений в топливе в крупные агломераты. А при длительных хранениях в топливе могут появляться вязкие образования – продукты взаимодействия микроорганизмов с водой.

В конечном итоге все эти загрязнения приводят к отказу топливных фильтров и интенсивному износу топливоподающей аппаратуры.

**Среднегодовая загрязненность топлива, заправляемого в баки сельскохозяйственных машин
в некоторых районах Западной Сибири**

Регион	Место отбора пробы	Концентрация загрязнений		Составляющая, %		Содержание воды, %
		Массовая С, % масс	Счетная n*, шт/мл	Неорганическая	Органическая	
г. Томск	АЗС	<u>0,0015...0,0040</u> 0,0028	<u>8970...21030</u> 15000	48	52	0,018
	ТЗ	<u>0,0011...0,0055</u> 0,0033	<u>6800...28150</u> 17475	53	47	0,014
Кожевниковский район Томской области	АЗС	<u>0,0015...0,0064</u> 0,0039	<u>8215...23200</u> 15707	69	31	0,020
	ТЗ	<u>0,0012...0,0060</u> 0,0036	<u>8500...31310</u> 19905	60	40	0,016
Тайгинский район Кемеровской области	АЗС	<u>0,0012...0,0037</u> 0,0025	<u>7715...20300</u> 14007	45	55	0,016
	ТЗ	<u>0,0014...0,0062</u> 0,0038	<u>9136...33800</u> 21468	65	35	0,012

*Просчитано с помощью анализатора механических примесей ФС – 112/3

Учитывая, что большинство сельскохозяйственных машин отечественного производства не имеют надежных средств защиты топливных баков от атмосферной пыли и работают они большую часть года при пониженных температурах окружающей среды, ожидать необходимой чистоты топлива для обеспечения безотказной работы элементов топливной системы и в целом дизельных двигателей не приходится.

Получен патент РФ (RU 2112582 C1) на фильтроэлемент, устанавливаемый в штатный фильтр-отстойник сельскохозяйственных машин с дизельным двигателем, который одновременно выполняет функции нагревателя топлива (рис. 1).

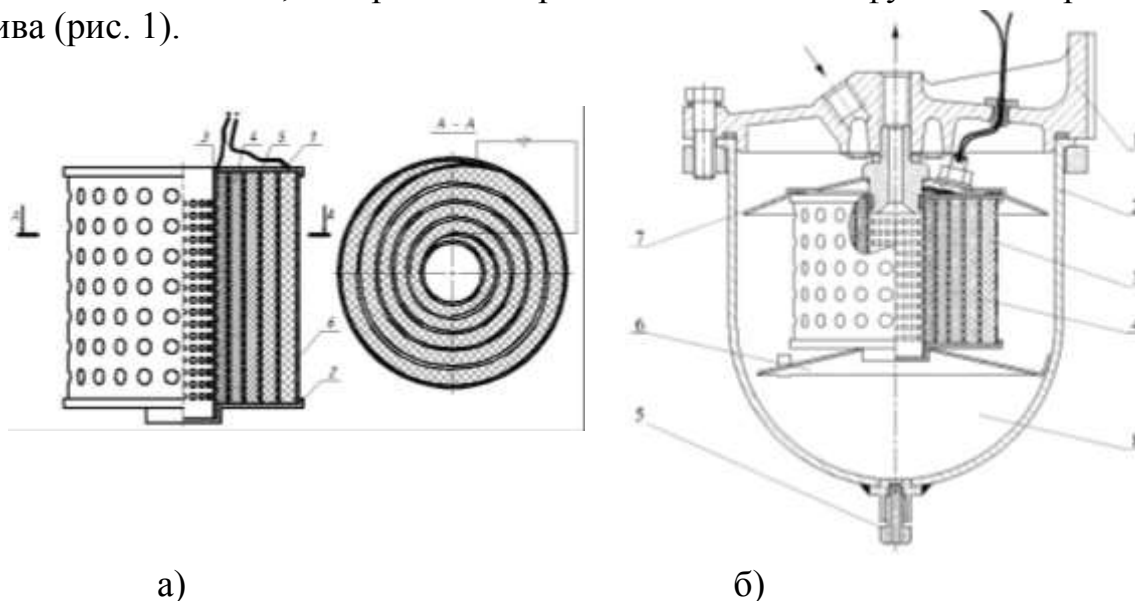


Рисунок 1 – Модернизированный фильтр грубой очистки топлива:

а) сборочный чертеж: 1) крышка корпуса фильтра; 2) корпус фильтра; 3) фильтроэлемент (патент RU 2112582 C1 B 01 D29/48); 4) нагревательный элемент; 5) сливная пробка; 6) успокоитель; 7) отражатель; 8) отстойная зона; б) фильтроэлемент с нагревателем: 1, 2 – крышки; 3 – внутренняя перфорированная трубка; 4 – фильтровальная лента из нетканого иглопробивного материала; 5 – перфорированная подложка из гибкого электропроводного несжимаемого материала; 6 – наружная перфорированная обечайка

В качестве фильтрующего материала использован синтетический пористый деформируемый нетканый материал по ТУ 8397-001-05204776-01, навиваемый вместе с электропроводной подложкой, выполняющей роль нагревателя, на перфорированную трубку.

Этот фильтроэлемент прост конструктивно и технологичен в изготовлении, даже в условиях автотранспортного предприятия.

Все основные параметры фильтроэлемента подбираются конструктивно.

Связь между пористостью фильтрующего материала в свободном состоянии Ψ_0 и обжатого в n раз до Ψ_{\min} определяется зависимостью

$$\Psi_{\min} = 1 - (1 - \Psi_0)^n,$$

где Ψ_{\min} – минимальная требуемая пористость фильтровального материала на трубке, обеспечивающая требуемое качество очистки фильтруемой жидкости.

Длина фильтровальной ленты L определяется по формуле, полученной в [3] исходя из способа намотки ленты по закону логарифмической спирали:

$$L = \frac{\pi(r_n - r_a)^2}{\delta} \left(\frac{2 - (\Psi_0 + \Psi_{\min})}{2(1 - \Psi_0)} \right),$$

где r_n , r_a – соответственно, наружный и внутренний радиусы фильтроэлемента, м; δ – толщина пластины фильтроматериала.

Длина ленты в соответствии с формулой позволяет при заданных условиях получить необходимое качество очистки, т.е. при малых габаритах и низкой материалоемкости обеспечить заданную тонкость фильтрации.

Одним из параметров, оценивающих эффективность фильтров, является тонкость фильтрации жидкости.

Исследования изменения тонкости фильтрации топлива от степени обжатия n , например, иглопробивного нетканого материала показали, что она удовлетворительно описывается эмпирической зависимостью вида [4]:

$$d_{0,95} = 5,134 \sqrt{\frac{K_0}{n[1 - (1 - \Psi_0)n]}},$$

где $d_{0,95}$ – размер частиц загрязнений, 95 % которых задерживается фильтрующим элементом; K_0 – коэффициент проницаемости исходного материала фильтра, $K_0 = 96,8 \cdot 10^{-12}$ (по ТУ); Ψ_0 – начальная пористость исходного материала.

Расчет мощности нагревателя N , устанавливаемого в модернизируемый фильтр грубой очистки можно определить исходя из следующей зависимости:

$$N = (T - T_0)(\alpha F + \alpha_1 F_1 + qic_T),$$

где α , α_1 – коэффициенты теплоотдачи корпуса ФГО и трубопровода; F , F_1 – площадь поверхности корпуса ФГО и трубопровода соответственно; T – температура топлива на выходе из ФГО; T_0 – температура окружающей среды.

Проведены соответствующие испытания сельскохозяйственных тракторов (рис. 2) с целью оценки эффективности модернизированного фильтра-отстойника по загрязненности и обводненности топлива в топливной системе.



а)



б)

Рисунок 2 – **Фильтр-нагреватель по патенту РФ (RU 2112582 CJ01Д29/48):**

а) общий вид фильтра-нагревателя; б) фильтр установлен на двигатель.

Из табл. 2 следует, что наибольшая концентрация частиц загрязнения содержится в топливном баке независимо от сезона эксплуатации и конструктивных особенностей фильтра-отстойника. В тоже время зимой «плавающих» частиц загрязнения, попадающих в топливную магистраль в 1,4-1,5 раза меньше, чем летом. Особенно заметно (в 3-4 раза) снижается зимой концентрация частиц высокодисперсной фазы.

Это объясняется тем, что нижние, донные и пристенные слои топлива, имея повышенную вязкость, удерживают частицы, тормозя их всплытие. Установка модернизированного фильтра-отстойника вместо штатного повышает чистоту топлива, снижая концентрацию загрязнений в 1,25-1,42 раза на входе в топливоподкачивающий насос.

Обращает на себя внимание содержание воды в топливе. В зимнее время в топливе растворенной и конденсированной воды на 20-30% больше чем в летнее. Оценка агрегатного состава воды в топливе зависит от места проведения анализа. На открытом воздухе при отрицательной температуре вода проявляется в виде мельчайших кристалликов льда, а в лабораторных условиях – в виде капелек, что хорошо просматривается в темном поле микроскопа. Подогреватель, вмонтированный в фильтроэлемент предлагаемого фильтра-отстойника, препятствует образованию льдинок в топливе на входе в топливоподкачивающий насос, и повышает эксплуатационный ресурс фильтра тонкой очистки. Это подтверждается значением коэффициента фильтруемости K .

Таблица 2

**Характер загрязнения дизельного топлива в зависимости от сезона эксплуатации и модернизации
фильтра-отстойника (рабочий режим)**

№ п/п	Показатели	Летний сезон эксплуатации				Зимний сезон эксплуатации			
		Загрязненность топлива в баке		Загрязненность топлива на входе в топливоподкачивающий насос (ТПН)		Загрязненность топлива в баке		Загрязненность топлива на входе в топливоподкачивающий насос (ТПН)	
		ШФО*	МФО*	ШФО	МФО	ШФО	МФО	ШФО	МФО
1	Массовая концентрация C , % масс	0,0061	0,0059	0,0059	0,0038	0,0048	0,0046	0,0044	0,0032
2	Размерная группа d , мкм	Счетная концентрация частиц в группе n , шт/мл							
2.1	1 - 10	18317	16890	18962	19933	14757	15839	14550	14562
2.2	11 - 20	14537	16365	11227	7521	8817	7857	7945	3020
2.3	21 - 30	4128	4123	4922	1278	2037	1411	1498	305
2.4	31 - 40	682	736	594	149	498	238	215	102
2.5	41 - 50	93	126	71	22	18	16	10	-
2.6	свыше 50	18	7	20	-	-	-	-	-
3	Всего	37775	38247	35800	28903	26127	25361	24218	17989
4	Содержание воды, %	0,0285	0,0217	0,0218	0,0155	0,0297	0,0315	0,0290	0,0212
5	Коэффициент фильтруемости, K	9,8	10,6	7,3	3,6	10,0	9,0	6,1	2,6

*МФО, ШФО – модернизированный и штатный, соответственно, фильтр отстойник

Математическая обработка статистического материала, накопленного в течение года эксплуатации мобильных машин показывает, что вариабельность частиц по размерам в топливе АЗС достигает 90%, что свидетельствует о наличии в нем как мелкодисперсной фазы, так и агломератов при математическом ожидании 58 мкм. При дозаправке в бак сельскохозяйственных машины поступают частицы размером до 22 мкм и более.

Обращают на себя внимание предельные значения размера частиц в топливе на выходе из фильтров-очистителей. Видно, что ШФО практически не выполняет заданных функций по задержке достаточно крупных частиц (58 мкм против 62 мкм). МФО справляется с этой задачей в два раза лучше (33 мкм против 62 мкм).

В целом результат эксплуатационных испытаний свидетельствует о целесообразности и эффективности применения модернизированного фильтра-очистителя по указанному патенту на отечественных сельскохозяйственных машинах вместо штатного. Однако для окончательного заключения следует провести ресурсные эксплуатационные испытания фильтров тонкой очистки топлива и топливоподающей аппаратуры в целом.

Библиографический список

1. Григорьев, М.А. Очистка топлива в двигателях внутреннего сгорания / М.А. Григорьев, Г.В. Борисова. – М.: Машиностроение, 1991. – 230 с.
2. Рыбаков, К.В. Топливо в баках должно быть чистым / К.В. Рыбаков, Э.И. Удлер, В.П. Шевченко. – М.: Автомобильный транспорт, 1984. – №10. – с. 24-26.
3. Фильтроэлемент: пат 2186608 Рос. Федерация № 2001100255; заявл. 04.01.01; опубл. 10.08.02, Бюл. № 31. – 3 с.
4. Удлер, Э.И. Фильтрация нефтепродуктов / Э.И. Удлер. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. – 216 с.

УДК 62-503.54

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВС

Девянин Сергей Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Новиков Виктор Александрович, ассистент департамента машиностроения и приборостроения инженерной академии, ФГАОУ ВО РUDН

Аннотация: *Определены наиболее значимые конструктивные и режимные параметры, влияющие на неравномерность крутящего момента. По результатам расчетных исследований подтверждена возможность определения отклонения параметров от нормы с возможностью локализации неисправного цилиндра.*

Ключевые слова: диагностирование, двигатель, нестабильность параметра, диагностический показатель, локализация неисправности.

Современные транспортные средства снабжаются электронными системами управления двигателями, позволяющими не только управлять работой двигателя, но и производить диагностирование отдельных систем и их элементов, установленных на двигателях. При этом, как правило, такие системы управления производят сравнение данных, полученных с датчиков, с эталонными значениями, записанными в электронном блоке управления (ЭБУ) [1]. ЭБУ представляют собой миникомпьютеры, позволяющие задавать новые алгоритмы обработки данных для определения неисправностей. Локализация неисправности или предсказание возможного выхода из строя двигателя внутреннего сгорания (ДВС) вследствие ухудшения каких-либо параметров позволяет своевременно запланировать и произвести ремонт неисправного узла, что уменьшает время простоя техники. Для этого целесообразно найти методику диагностирования, которая может анализировать техническое состояние ДВС в процессе эксплуатации и не требует демонтажа двигателя или отдельных его узлов. При этом, использование неравномерности крутящего момента двигателя с целью определения технического состояния ДВС видится как наиболее информативное.

Теоретически определена взаимосвязь крутящего момента (удельной тангенциальной силы) с конструктивными и режимными параметрами по формуле 1

$$T(\varphi) = \frac{((p_r - p_0)\pi D_{ц}^2/4 + (-m_{пр}R\omega^2(\cos\varphi + \frac{R}{L}\cos(2\varphi))))}{\cos\beta} \cdot \sin(\varphi + \beta) \quad (1),$$

где T – тангенциальная сила, p_r – давление газов в цилиндре, действующее на поршень; p_0 – давление, действующее на поршень со стороны картера; $D_{ц}$ – диаметр цилиндра; $m_{пр}$ – приведенная масса деталей к поршню; R – радиуса кривошипа; L – длина шатуна; φ – угол поворота кривошипа; ω – угловая скорость коленчатого вала; β – угол отклонения шатуна относительно оси цилиндра. Таким образом, с целью проведения исследований влияния отклонений конструктивных и режимных параметров была создана программа в среде MS Excel, позволяющая проводить исследования отклонения неравномерности крутящего момента (удельной тангенциальной силы) в зависимости от изменения величины влияющего параметра для различных типов двигателей с различным количеством цилиндров на различных режимах работы двигателей с различными частотами вращения.

Исследования проводились для 4-х, 6-ти и 12-ти цилиндровых ДВС с равномерным чередованием вспышек на режимах холостого хода при 500 об/мин и на номинальном при 3000 об/мин, а исходя из зависимости (1) в качестве наиболее значимых выбраны:

- изменение давления в цилиндре двигателя (от 5% до 40%);
- неравномерность массы поршневой группы (от 1% до 10%);

- отклонение длины шатуна от нормы в интервале (от 1% до 5%);
- отклонение угла кривошипа от нормы (на $0,5^0-4^0$ ПКВ).

Дальнейшая оценка влияния отклонения приведенных параметров проводится по среднеквадратическому отклонению (формула 2), представляющему собой корень квадратный суммы квадратов разностей суммарной тангенциальной силы при наличии неисправности и суммарной тангенциальной силы исправного двигателя

$$D_{\Sigma \Delta t} = \sqrt{\Sigma (T_{\text{откл}}(\varphi) - T_{\text{без откл}}(\varphi))^2} \quad (2),$$

где $D_{\Sigma \Delta t}$ – среднеквадратическое отклонение, $T_{\text{откл}}(\varphi)$ – суммарная удельная тангенциальная сила с отклонением, $T_{\text{без откл}}(\varphi)$ – суммарная удельная тангенциальная сила без отклонения («нормальное» значение).

Результаты расчетных исследований влияния параметров на отклонения удельной тангенциальной силы от нормального значения показали:

- изменение давления в первом цилиндре двигателя от 5% до 40% приводит к увеличению $D_{\Sigma \Delta t}$ от 0,16 до 10,13 МПа для 4-х, 6-ти и 12-ти цилиндровых ДВС на всех исследованных частотах вращения;

- отклонение длины шатуна от нормы для 1-го цилиндра двигателя от 1% до 5% приводит к увеличению $D_{\Sigma \Delta t}$ от 0,0004 до 0,0116 МПа при 500 об/мин холостого хода и к увеличению $D_{\Sigma \Delta t}$ от 0,0004 до 0,011 на номинальном режиме при 3000 об/мин для 4-х, 6-ти и 12-ти цилиндровых ДВС;

- неравномерность массы поршневой группы, заключающейся в отклонении массы первого цилиндра, приводит к росту $D_{\Sigma \Delta t}$ в пределах от $1,42 \cdot 10^{-6}$ до $3,56 \cdot 10^{-5}$ МПа для 4-х, 6-ти и 12-ти цилиндровых ДВС на 500 об/мин, при этом при равной частоте вращения для исследуемых двигателей не зависит от количества цилиндров в ДВС, а изменяется лишь с увеличением частоты вращения и при частоте вращения 3000 об/мин $D_{\Sigma \Delta t}$ растет в пределах от 0,0018 до 0,18 МПа;

- отклонение угла кривошипа от нормы 1-го цилиндра приводит к увеличению $D_{\Sigma \Delta t}$ от 0,015 до 1,054 МПа при 500 об/мин и от 0,012 до 0,87 МПа при 3000 об/мин для 4-х, 6-ти и 12-ти цилиндровых ДВС.

Приведенные расчетные анализы влияния параметров на отклонения удельной тангенциальной силы проводились исходя из условия известности для исследователя «нормальной» удельной тангенциальной силы для каждого из исследуемых двигателей. Однако на практике получение информации об этих силах без отклонений представляется затруднительным, так как для каждой модели двигателя необходимо получать информацию о силах без отклонений для проведения дальнейшего сравнительного анализа. При проведении исследований с целью определения той или иной неисправности двигателя с возможностью локализации проявившейся неисправности предлагается обрабатывать значения суммарной тангенциальной силы по участкам, соответствующим такту рабочего хода каждого цилиндра, а именно с разделением цикла 720^0 на число цилиндров исследуемого двигателя (формула

3), а за уровень сравнения брать среднее арифметическое значение по различным участкам и определять отклонения от него по каждому участку. Дальнейший расчет среднеквадратического отклонения удельной тангенциальной силы будет проводиться аналогично указанной выше методике (формула 2), при которой значение $T_{\text{без откл}}(\varphi)$ заменяют на $T_{\text{ср}}(\varphi)$

$$T_{\text{ср}}(\varphi) = \sum_{x=1}^i \frac{T_{\text{откл}} \left(\varphi + \frac{720}{i} \cdot (x - 1) \right)}{i} \quad (3)$$

Были получены значения суммарных среднеквадратических отклонений по участкам, соответствующим рабочим ходам цилиндров двигателей, то есть для 4-х цилиндрового двигателя: 1 участок, составляющий от 0 до 180° ПКВ соответствует рабочему ходу в 4 цилиндре, 2 участок (180-360° ПКВ) – рабочему ходу во 2 цилиндре, 3 участок (360-540° ПКВ) – в 1 цилиндре, 4 участок (540-720° ПКВ) в 3 цилиндре; для 6-ти цилиндрового двигателя 1 участок (0-120° ПКВ) – рабочий ход в 6 цилиндре, 2 участок (120-240° ПКВ) – рабочий ход во 2-м цилиндре, 3 участок (240-360° ПКВ) – рабочий ход в 4- цилиндре, 4 участок (360-480° ПКВ) – рабочий ход в 1-м цилиндре, 5 участок (480-600° ПКВ) – рабочий ход в 5 цилиндре, 6 участок (600-720° ПКВ) – рабочий ход в 3 цилиндре, а для 12-ти цилиндрового двигателя 1 участок (0-60° ПКВ) – р.х. в 6-м цилиндре, 2 участок (60-120° ПКВ) – р.х. в 12 цилиндре, 3 участок (120-180° ПКВ) – р.х. во 2-м цилиндре, 4 участок (180-240° ПКВ) – р.х. в 8 цилиндре, 5 участок (240-300° ПКВ) – р.х. в 4-м цилиндре, 6 участок (300-360° ПКВ) – р.х. в 10 цилиндре, 7 участок (360-420° ПКВ) – р.х. в 1-м цилиндре, 8 участок (420-480° ПКВ) – р.х. в 7-м цилиндре, 9 участок (480-540° ПКВ) - р.х. в 5-м цилиндре, 10 участок (540-600° ПКВ) – р.х. в 11 цилиндре, 11 участок (600-660° ПКВ) – р.х. в 3 цилиндре и 12 участок (660-720° ПКВ) – р.х. в 9 цилиндре.

Результаты расчетных исследований влияния параметров на отклонения удельной тангенциальной силы от среднего значения показали:

- изменение давления в первом цилиндре от 5% до 40% для 4-х, 6-ти и 12-ти цилиндровых ДВС показало, что наибольшее значение $D_{\Sigma \Delta t}$ относится к участкам 3, 4 и 7 соответственно на всех исследованных частотах вращения, что соответствует такту рабочего хода в первом цилиндре этих ДВС;

- отклонение длины шатуна от нормы для 1-го цилиндра двигателя от 1% до 5% при 500 об/мин и при 3000 об/мин приводит к незначительным колебаниям $D_{\Sigma \Delta t}$ у 4-х цилиндрового ДВС по участкам, что не позволяет локализовать неисправный цилиндр, у 6-ти цилиндрового ДВС наибольшее значение $D_{\Sigma \Delta t}$ относится участку 4, соответствующему рабочему ходу в 1-м цилиндре, у 12-ти цилиндрового ДВС- на 8 участок, то есть на следующий по порядку работы после 1-го цилиндра, а именно на участок рабочего хода в 7-м цилиндре;

- неравномерность массы поршневой группы, заключающейся в отклонении массы первого цилиндра, при 500 об/мин и при 3000 об/мин

приводит к незначительным колебаниям $D_{\Sigma \Delta t}$ для 4-х, 6-ти и 12-ти цилиндровых ДВС по участкам, что не позволяет локализовать неисправный цилиндр;

- отклонение угла кривошипа от нормы 1-го для 4-х, 6-ти и 12-ти цилиндровых ДВС показало, что наибольшее значение $D_{\Sigma \Delta t}$ относится к участкам 3, 4 и 7 соответственно на всех исследованных частотах вращения, что соответствует такту рабочего хода в первом цилиндре этих ДВС.

Зависимость отклонений исследуемых параметров от различных условий приведена в Таблице.

Таблица

Влияние исследуемых параметров от различных условий

Исследуемый фактор	Изменение частоты вращения	Число цилиндров	Нагрузка	Величина отклонения
Снижение давления в цилиндре	-	-	-	от 5% до 40%
Неравномерность массы поршневой группы	+	-	-	От 1% до 5%
Отклонение длины шатуна	+	+	+	от 1% до 5%
Угол отклонения кривошипа от нормы	+	-	+	От 0,5 до 4 градусов

Таким образом, по результатам расчетных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В качестве косвенного показателя технического состояния двигателей внутреннего сгорания может быть использована неравномерность крутящего момента двигателя.

2. Расчетный анализ показал, что в качестве критерия наличия неисправности, а также для поиска неисправного цилиндра может быть использовано среднеквадратическое отклонение удельной тангенциальной силы от нормы или от среднего значения удельной тангенциальной силы по участкам.

3. Влияние снижения давления в 1-м цилиндре многоцилиндрового ДВС на среднеквадратическое отклонение суммарной тангенциальной силы не зависит ни от изменения частоты вращения коленчатого вала, ни от числа цилиндров в ДВС, ни от нагрузки. Влияние неравномерности массы поршневой группы на среднеквадратическое отклонение суммарной тангенциальной силы зависит только от изменения частоты вращения коленчатого вала. Влияние отклонения длины шатуна от нормы на среднеквадратическое отклонение зависит как от частоты вращения и нагрузки, так и от числа цилиндров в ДВС. А также влияние отклонения угла кривошипа от нормы на среднеквадратическое отклонение зависит от частоты вращения и нагрузки, и не зависит от числа цилиндров в двигателе.

Библиографический список

1. Кривцов, С.Н. Методологические основы диагностики автомобилей с дизельными двигателями, оснащёнными аккумуляторными топливоподающими системами: дис. ... докт. техн. наук. Иркутский НИТУ/ С.Н. Кривцов. - Иркутск, 2017. – 216 с – 441 с.

УДК 681.518.5

СОЗДАНИЕ ВЕБ-СЕРВИСА МОНИТОРИНГА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Щукина Варвара Николаевна, начальник отдела поддержки и развития молодежных объединений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Матвеев Андрис Илмарович, инженер кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Девянин Сергей Николаевич, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье приводится описание разработанного прототипа веб-сервиса мониторинга мобильной сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: мониторинг мобильной техники, техническая диагностика, диагностика в процессе эксплуатации.

В сельскохозяйственном производстве используются современные мобильные машины, которые оснащены системой электронного управления. Информация с ЭБУ может быть считана водителем или на станции технического обслуживания, при помощи подключаемого сканера, и проанализирована для принятия решения о необходимости ремонта или технического обслуживания. Доля подобных машин мала, но с каждым годом растёт.

Поэтому встает вопрос о цифровизации и автоматизации процесса сбора и анализа данных с мобильных машин. Для разработки новых методов диагностирования необходимо применять современные технологии, которые позволят удаленно контролировать состояние мобильной сельскохозяйственной техники в процессе ее эксплуатации. Благодаря уровню развития современных электронных систем, это возможно реализовать [1-4].

На рисунке 1 отображается логика и последовательность перехода от одного процесса к другому в формате «as is»(а) и «to be» (б) с использованием диаграммы деятельности UML. Рассмотрим данную схему подробнее.

В процессе работы без внедрения веб-сервиса мониторинга (модель «as is») между собой взаимодействуют 3 группы людей: водители, операторы (оператор) и механики. Оператор составляет расписание движения техники (сейчас в основном этот процесс происходит либо в тетради, либо в таблице

excel), механики в это время готовят технику к работе. Соответственно только после того как техника готова и составлено расписание, водители выезжают «в поля». Периодически проводится техническое обслуживание, но несмотря на это техника отказывает в самый неподходящий момент (например, во время посевной). Технику ремонтируют на месте или транспортируют до станции технического обслуживания, там в течение некоторого времени выясняют причину неисправности, после чего заказывают необходимые детали для ремонта, эти детали могут идти от одного дня до нескольких недель, и только после этого производится ремонт. В это время, если возможно, другая машина выезжает на замену, если нет свободных машин, то это грозит срывом агротехнических сроков и убытками владельцу предприятия.

Благодаря внедрению веб-сервиса мониторинга мобильной сельскохозяйственной техники возможна оптимизация различных процессов: контроль за техническим состоянием и местонахождением прямо в процессе работы [1, 3, 5], контроль и корректировка плана работы в режиме реального времени, информирование водителя, станции технического обслуживания или механизатора о текущей ситуации не останавливая работу.

Принципиально схема работы отличается тем, что в процессе работы мобильной техники, благодаря веб-сервису, будет проводиться контроль параметров, которые можно получить с установленной на технике системе электронного управления. Анализ полученных данных позволит своевременно реагировать на неисправность, не допускать поломок в процессе работы, в режиме реального времени корректировать расписание движения техники.

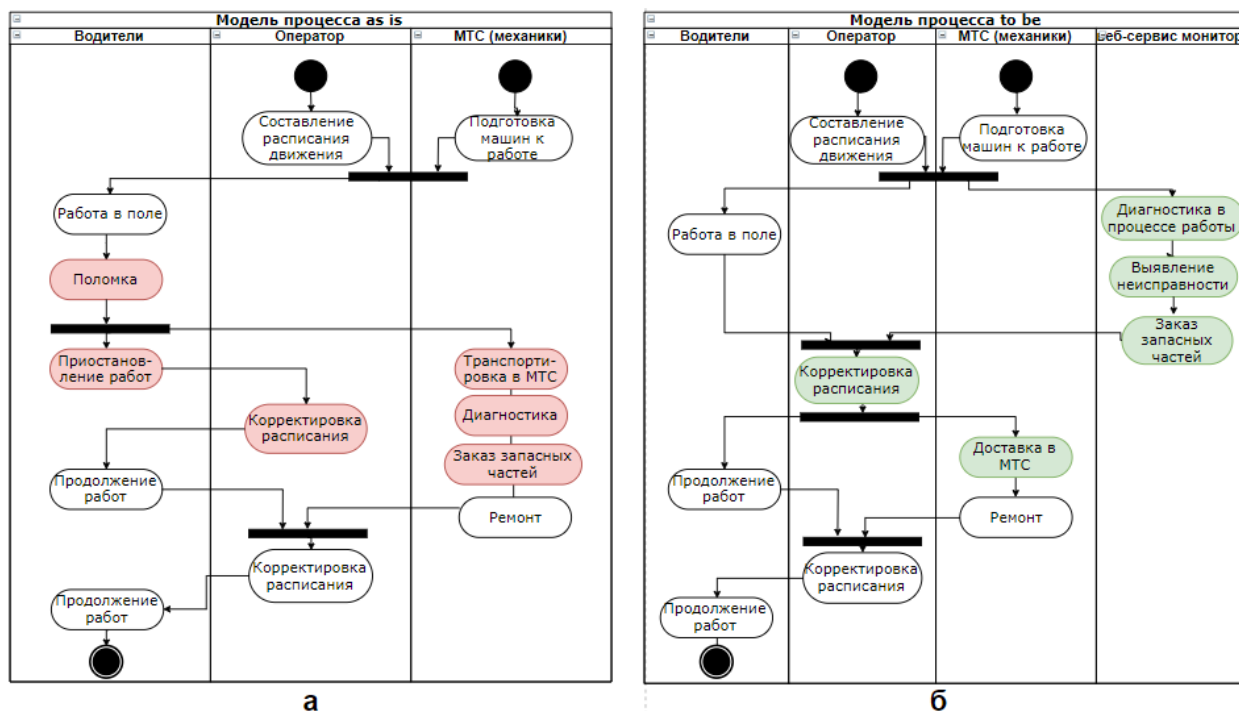


Рисунок 1 – Схема процесса диагностики, модель «as is» (а) и «to be» (б)

Если на предприятии будет функционировать система упреждающей диагностики, то время на диагностику и заказ расходных материалов будет

сэкономлено, это будет период эксплуатации техники, и она не будет простаивать, агротехнические сроки не будут сорваны.

Оповещение о необходимости ремонта будет происходить по следующей схеме: от машины информация передается к субъекту управления, сохраняется и обрабатывается и при необходимости ремонта субъект управления (например, оператор) принимает решение о необходимости ремонта и информирует сервисную службу о прибытии техники на ремонт. При росте технологий, субъект управления может стать автономной интеллектуальной системой, которая без участия человека будет принимать решение.

Успешно реализованы следующие блоки:

1. Загрузка файла на сервер и выгрузка данных в базу данных;
2. Отображение на карте трека движения мобильной техники с помощью карт OpenStreetMap;
3. Отправка смс-сообщений с веб-сервиса в чат-бот.

На рисунке 2 представлен интерфейс, который видит пользователь. Экран разделен на 4 части. Пользователь может загрузить файлы, построить график по требуемым данным, отобразить трек движения и местоположение техники на карте, и послать смс сообщение в чат бот.

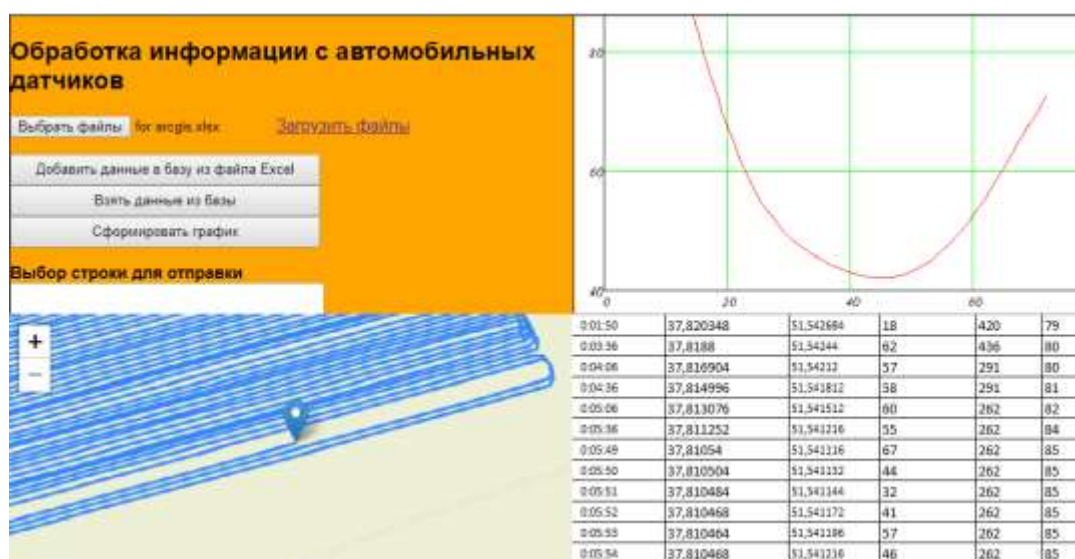


Рисунок 2– Реализованный интерфейс

На сервер запросы передаются преобразованными в JSON-формат с помощью веб-HTTP-сервера Apache, инструментом коммуникации между сервером и клиентом. На сервере работает реляционная система управления базами данных MySQL. Для того чтобы все технологии работали вместе был выбран кроссплатформенный локальный сервер XAMPP. Для написания страниц, которые видит пользователь, был выбран язык разметки веб-страниц HTML и CSS.

При внедрении сервиса мониторинга мобильной техники, будет возможно в режиме реального времени следить за показателями с датчиков и своевременно предсказывать необходимость ремонта, координировать работу различных служб в режиме онлайн, следить за местоположением того или

иного агрегата. Так же, при внедрении диагностики по косвенным признакам, можно расширить количество диагностируемых элементов, в том числе возможно будет узнать состояние механических компонентов машины (например, в двигателе – состояние ЦПГ, КШМ, ГРМ и других).

Правомерность такого подхода показана в работах [5], где доказана возможность диагностики технического состояния механических компонентов двигателя, используя информацию с датчиков, которые уже установлены на двигателе.

Проведенный экономический расчет показал эффективность внедрения системы удаленной диагностики в процессе эксплуатации на предприятии (без учета потерь продукции при простое), за счет снижения затрат на топливо, приведенных затрат и других на 8-12% (для парка в 200 машин около 10 млн. рублей в год).

Потенциальными потребителями предложенного сервиса являются владельцы предприятий, в которых есть парк машин с электронным управлением. Они получают следующие существенные преимущества в конкурентной борьбе:

1. Оптимизация (минимизация) затрат сырья и расходных материалов (топлива, запасных частей). За счет своевременного выявления неисправностей и ремонтных воздействий, можно снизить затраты на топливо и уменьшить будущий износ техники, что позволит снизить затраты на ремонт.

2. Снижение риска срыва агротехнических сроков (для сельского хозяйства). Благодаря заблаговременному предсказанию появления неисправности, можно предотвращать поломки «в поле».

3. Корректировка расписания в режиме онлайн. Благодаря упреждающей диагностике, можно предсказывать выход из строя того или иного транспортного средства и в режиме реального времени корректировать расписание движения.

4. Своевременное устранение неисправностей. Данное мероприятие позволит снизить последующие затраты на топливо и ремонт, за счет поддержания исправного технического состояния.

5. Снижение негативного влияния на окружающую среду. Благодаря своевременному устранению неисправностей, можно уменьшить расход топлива и продлить срок службы транспортного средства, что поможет снизить выбросы в окружающую атмосферу.

Заключение. Для реализации концепции удаленного диагностирования мобильной сельскохозяйственной техники разработан прототип веб-сервиса мониторинга техники. На программном уровне реализованы блоки: отправка смс сообщений с веб-сервиса в чат-бот, построения трека движения мобильной техники с помощью карт OpenStreetMap.

Потенциальные потребители получают существенные преимущества в конкурентной борьбе повысив эффективность производства продукции за счет уменьшения эксплуатационных затрат, снижения простоев техники и срока ее службы.

Библиографический список

1. Щукина В.Н. Телематика и диагностика транспортных средств / В.Н. Щукина, С.Н. Девянин, А.М. Зейлигер/ Экология. Экономика. Информатика. Серия: геоинформационные технологии и космический мониторинг. Выпуск 3. – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2018. –166 с.
2. Девянин, С.Н. Системы управления двигателем / С.Н. Девянин, В.Н. Щукина / Международный технико-экономический журнал, № 6. – 2015. – С. 11-14.
3. Шульга, Е.Ф. Мониторинг качества движения и технического состояния транспортных средств / Е.Ф. Шульга, В.Н. Щукина / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина» – №4(80). 2017. – С. 18 – 22.
4. Шульга, Е.Ф. Надежность предупреждения потерь с использованием мониторинга транспортных средств / Е.Ф. Шульга, В.Н. Щукина, С.Н. Девянин/ Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина» – №5(81). – 2017. – С. 16 – 20.
5. Патент РФ №2662017, 23.07.2018, Способ диагностики технического состояния двигателя // Патент России № 2662017, 2017 / Девянин С.Н., Щукина В.Н., Андреев С.А.

УДК 629

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ВЕКТОР СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Коротких Юлия Сергеевна, старший преподаватель кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье автор рассматривает вопросы применения цифровых технологий в сельском хозяйстве. Приведен сравнительный анализ применения таких технологий в индустриально развитых странах и России, а также выявлены причины низкой цифровизации в сельском хозяйстве в нашей стране и даны, по мнению автора, перспективные направления использования цифровых технологий в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: сельское хозяйство, машинно-тракторный парк, цифровые технологии, квалификация персонала.

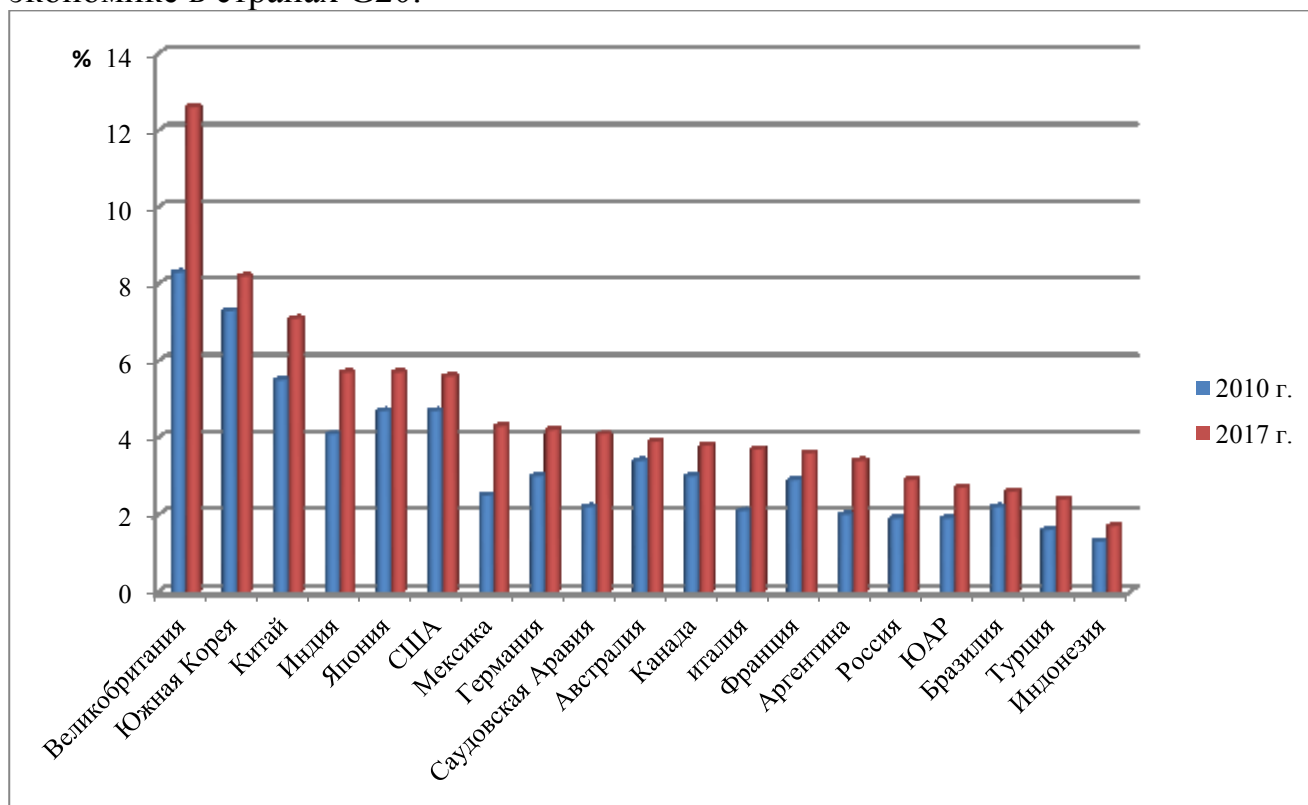
В настоящее время цифровые технологии в сельском хозяйстве становятся все более актуальными среди сельскохозяйственных товаропроизводителей. В зарубежных индустриально развитых странах

использование цифровых технологий успешно реализуется уже четверть века, что позволило полностью этим странам полностью выйти на новый уровень сельскохозяйственного производства. По данным Аналитического центра Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, в нашей стране с применением цифровых технологий обрабатывается не более 10 % земельных угодий [1].

Согласно указа Президента Российской Федерации «О стратегии научно-технологического развития РФ» от 01 декабря 2016 г. № 642 в ближайшие 15 лет передовые цифровые технологии и роботизированные системы будут являться одним из приоритетных направлений развития в нашей стране.

Цифровое сельское хозяйство позволит решить ряд глобальных проблем продовольственной и биологической безопасности человечества, которое позволяет обеспечить эффективную борьбу с вредителями, сохранять и восстанавливать полезные свойства почв.

На рис. 1 представлена динамика использования цифровых технологий в экономике в странах G20.



Источник: составлено автором на основе данных Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

Рисунок 1 – Динамика использования цифровых технологий в экономике в странах G20

Данные, представленные на рисунке 1, свидетельствуют, что в России применение цифровых технологий на 70% ниже, чем в Великобритании, одной из самых развитых стран по использованию цифровизации [2].

В первую очередь такое отставание вызвано высокой стоимостью оборудования, несовершенной системой Internet покрытия, а также немаловажной особенностью является отсутствие высококвалифицированных кадров, способных работать и обслуживать цифровые технологии.

Тем не менее, преодолевая возможные трудности и ограничения при работе с системой «интеллектуального» сельского хозяйства в 2017 году наблюдались значительные изменения при внедрении цифровых технологий, в частности в сельском хозяйстве. К 2017 году количество приобретаемых такого рода технологий в России увеличилось в 3 раза.

По данным Аналитического центра Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, внедрение цифровых технологий в сельскохозяйственное производство позволяет снижать затраты не менее чем на 23% при условии комплексного внедрения. Так, затраты на оплату труда снижаются на 5,4%, на удобрения – 4,2%, посадочные материалы – 4,8%, нефтепродукты – 5,4%, основные средства – 2,6%. Нерациональное использование мощностей машинно-тракторного парка, трудового потенциала, семенного материала, а также средств защиты растений приводит к потере урожая в среднем до 40% [2].

По данным Федеральной службы государственной статистики и Аналитического центра Министерства сельского хозяйства Российской Федерации за счет внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство прирост продукции в 2017 году составил 194 млрд руб.

К основным цифровым технологиям, применяемым на территории Российской Федерации в сельском хозяйстве относятся система параллельного вождения, картирование полей, мониторинг урожайности, а также дифференциация внесения удобрений.

Система параллельного вождения позволяет повысить общую производительность машинно-тракторного парка. С помощью данной системы имеется возможность сократить затраты на топливо, посадочный материал, удобрения и средства защиты растений, кроме этого, система позволяет обеспечить эффективную работу техники в ночное время суток, что существенно снижает негативное воздействие на механизаторов [3].

На рисунке 2 представлен анализ результатов применения цифровых технологий в 40 регионах нашей страны. Анализ представлен на основе данных 1590 хозяйствующих субъектов.

Данные, представленные на рисунке 2 свидетельствуют, что основной технологией цифровизации, применяемой в сельскохозяйственных предприятиях на территории Российской Федерации является определение границ с использованием спутниковой системы навигации – 40% от общего числа анализируемых хозяйств.



Источник: составлено автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики и Аналитического центра Министерства сельского хозяйства Российской Федерации

Рисунок 2 – Применение цифровых технологий на территории Российской Федерации

Несмотря на то, что в структуре затрат наибольшую долю составляют удобрения и средства защиты растений, около 22% и 16% соответственно, использование элементов точного земледелия в области дифференцированного внесения удобрений и опрыскивания в хозяйствах развито слабо – 5,3% и 3,6% соответственно от общего числа анализируемых хозяйств [2].

Одним из перспективных направлений комплексного использования цифровых технологий в сельском хозяйстве, мы считаем, являются машинно-технологические станции. В связи с тем, что сбор и внедрение информационной базы данных по большому количеству сельхозугодий не предоставляется возможным в отдельно взятое хозяйство, из-за высокой стоимости оборудования, отсутствия в каждом хозяйстве профильных специалистов, машинно-технологические станции могут послужить основным центром сбора по оценке и анализу цифровой информации сельхозугодий. Кроме того, такого рода мероприятия целесообразнее проводить комплексно по всем технологическим операциям и региону в целом [3-5].

Библиографический список

1. Железова С. Новая Эра / С. Железова // Новое сельское хозяйство. - № 2. – 2018. – С. 38-43.
2. Труфляк, Е.В. Точное земледелие: состояние и перспективы / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А. С. Креймер. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 27 с.
3. Журилин, А.Н, Инновационные технологии на транспорте / А.Н. Журилин, Ю.С. Коротких. М.: : Учебно-методический центр "Триада", 2017. – 200 с.
4. Коротких, Ю.С. Современное функционирование деятельности машинно-технологических станций / Ю.С. Коротких // М.: Учебно-методический центр "Триада", 2017. – 147 с.
5. Коротких, Ю.С. К вопросу о развитии машинно-технологических станций / Ю.С. Коротких // 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. 72-78.

УДК 631.372

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОТОРНОГО МАСЛА ПРИ РАБОТЕ ГАЗОДИЗЕЛЯ

Чумаков Валерий Леонидович, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Бижаяев Антон Владиславович, ассистент тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Представлены результаты моторных испытаний дизеля и газодизельной модификации двигателя, указывающие на лучшее сохранение физико-химических показателей моторного масла, и позволяющие прогнозировать больший ресурс работы газодизеля.

Ключевые слова: газодизель, моторное масло, кинематическая вязкость, содержание механических примесей, щелочное число, температура вспышки масла.

Различные виды газового топлива уже нашли себе широкое применение на транспорте, и рассматриваются как перспективные в энергетических установках для сельского хозяйства.

Представленные ниже экспериментальные материалы дают дополнительную информацию о изменении физико-химических свойств

моторного масла, используемого в двигателях, работающих по газодизельному циклу, то есть сочетающими подачу ограниченной порции дизельного топлива в качестве запального и подачу газа в качестве основного энергоносителя. Вопросы применения газа и регулирования газовых модификаций двигателей представляет специальную область исследований, результаты которых изложены в литературе в ряде публикаций [1-3].

Объектом исследования являлся 2-х цилиндровый дизель воздушного охлаждения Д-120, работавший на дизельном топливе и на смеси дизельного топлива и газа. Испытания проводились на номинальной частоте вращения, и 60% номинальной нагрузки. Выбор нагрузки был определен допустимым уровнем температуры стенки камеры сгорания на глубине 2 мм от поверхности камеры сгорания в зоне межклапанной перемычки – 210...220°C.

Продолжительность испытаний дизеля составила 100, а газодизеля 200 моточасов. Отбор проб моторного масла типа SAE 10W40 проводился каждые 50 часов в количестве 200мл. Оценка физико-химических свойств масла дизеля и газодизеля проводилась по следующим параметрам: кинематическая вязкость при 100°C, содержание механических примесей, щелочное число, и температура вспышки. Пробы масел были исследованы на изменение основных физико-химических показателей в соответствии с ГОСТ 33-82 для определения кинематической вязкости, ГОСТ 6370-83 для определения содержания механических примесей, ГОСТ 4333-87 для определения температуры вспышки, ГОСТ 11362-96 для определения щелочного числа. Результаты исследований представлены в таблице и на Рис. 1, 2.

Изменение физико-химических показателей моторного масла
(ГОСТ 8581-78)

Двигатель	Время испытаний, м-час	Вязкость кинематическая при 100 °С	Механические примеси, %	Температура вспышки, °С	Щелочное число, мг КНО/г
Дизель	0	10,52	0,012	223	5,94
	50	9,95	0,16	216	5,26
	100	10,91	0,38	215	4,69
Газо-дизель	100	9,98	0,12	220	5,28
	200	8,25	0,302	219	4,98

Кинематическая вязкость является одним из важнейших показателей масла. Вязкость масла в значительной степени определяет потери на трение, температурный режим, износ и надежность работы трущихся деталей, удаление продуктов износа, расход масла на угар и расход топлива.

Как показано в таблице, вязкость масла в дизельном двигателе за период испытаний в целом изменилась незначительно. В первые 50 часов работы вязкость упала на 5...6%, но к 100 часам работы возросла на 3,8% , практически достигнув исходного уровня. Наличие топлива в масле обнаружено не было. По-видимому, падение вязкости масла происходило за счет того, что часть асфальто-смолистых соединений, являющихся основными носителями вязкости и образующихся в результате окисления его была задержана фильтрами очистки масла. Видимо, эффективность очистки в этот период была довольно высокой и преобладала над скоростью процесса окисления. Дальнейший рост вязкости масла может быть связан с испарением легких фракций масла, накоплением продуктов неполного сгорания топлива (сажи) и окислением углеводородов масла. В газодизельном двигателе отмечалась значительное снижение вязкости масла. Уже через 100 часов работы вязкость снизилась на 5 %, и еще на 20% в последующие 100 часов испытаний. Возможной причиной являлось наблюдаемое поступление топлива в масло и образование органических кислот и отложений. Данное явление требует проверки в последующих испытаниях. Накопление механических примесей свидетельствует об интенсивности старения моторных масел. (Рис.1). Масло загрязняется органическими и неорганическими примесями, которые образуются при работе двигателя и попадают извне. При окислении углеводородов в масле образуются продукты глубокого окисления и термического распада, находящиеся во взвешенном состоянии. Кроме углеродистых продуктов, в масле накапливаются металлы, снимаемые с поверхностей трения, пыль из воздуха и т.д. Примеси повышают температурный режим цилиндропоршневой группы, вызывают повышенный износ деталей двигателя, ускоряют окисляемость масла, увеличивают расход масла и топлива.

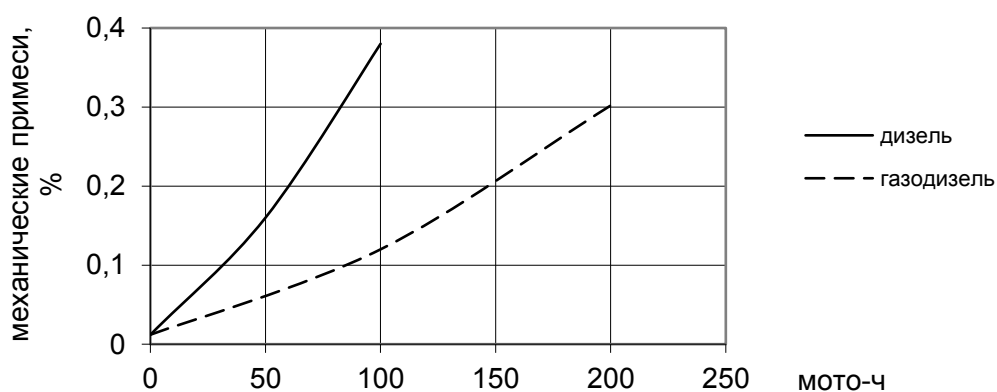


Рисунок 1 – Интенсивность накопления механических примесей в масле

Накопление механических примесей в масле газодизеля примерно в три раза менее интенсивно, чем в дизельном двигателе. Это является прямым позитивным фактором, указывающим на меньшие износы, потенциально

больший межсервисный срок смены моторного масла, а также ожидаемый большой ресурс двигателя.

В процессе работы происходит окисление масла, образуются лаковые и сажевые отложения, органические кислоты и другие продукты. Все это ухудшает качество масла, а также нарушает нормальную работу двигателя.

Для нейтрализации кислот, образующихся во время работы при сгорании дизельного топлива и окисления углеводородных молекул масла, в моторные и трансмиссионные масла добавляют щелочные присадки. Чем больше щелочность масла, тем больше его рабочий ресурс. Для моторных масел в качестве эксплуатационного показателя указывается общее щелочное число в мг гидроксида калия в 1 г масла. В процессе старения масла наблюдается изменение концентрации, строения и эффективности масла в результате разложения, взаимодействия с продуктами сгорания топлива и окисления масла, фильтрующими элементами и деталями двигателя. В условиях эксплуатации уменьшение щелочного числа сопровождается накоплением в масле кислых продуктов, что может вызвать коррозионный износ двигателя. Основной функцией щелочных присадок масла является нейтрализация кислот и защита против коррозии.

Изменение щелочного числа в дизеле и газодизеле в процессе исследований представлено на рисунке 2. Из рисунка видно, что щелочное число в процессе работы дизельного двигателя уменьшилось на 21%, а газодизельного – на 11%.

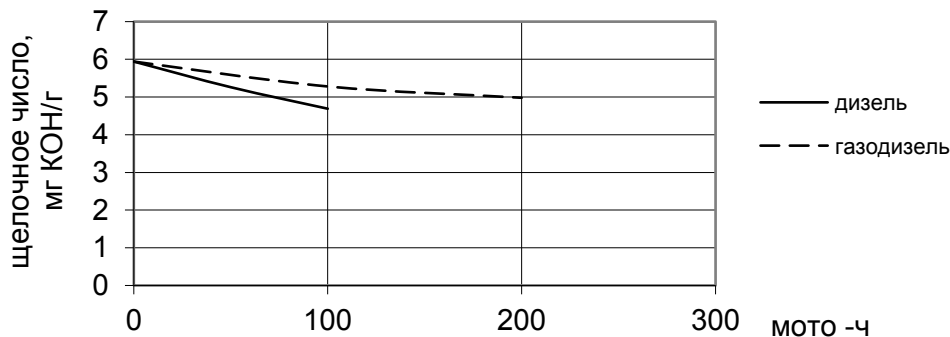


Рисунок 2 – Изменение щелочного числа

Уменьшение щелочного числа масел свидетельствует об уменьшении концентрации моюще-диспергирующих присадок в масле в процессе эксплуатации. Щелочное число в газодизеле снижается в 3 раза менее интенсивно, чем в дизеле. Соответственно, скорость уменьшения концентрации присадок в случае применения в качестве топлива пропан-бутановой смеси существенно ниже, чем для дизельного топлива, а ожидаемый срок смены масла и ресурс двигателя – выше.

Температура вспышки масла связана с фракционным составом масла, структурой молекул базовых компонентов и определяется содержанием легкокипящих или легкоиспаряющихся частей масла. Пригодность масла для

работы в соприкосновении с сильно нагретыми поверхностями определяется температурой вспышки. При прочих равных условиях высокая температура вспышки предпочтительна. Как видно из представленной выше таблицы, масло, используемое в газодизеле имеет значительно более высокую стабильность по мере наработки моточасов по сравнению с маслом дизеля.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что переход с дизельного топлива на пропан-бутановую смесь положительно влияет на изменение основных физико-химических показателей моторного масла в процессе эксплуатации в двигателе. Это указывает на потенциальное увеличение срока службы моторного масла и увеличение ресурса газодизельной модификации двигателя Д-120.

Библиографический список

1. Ежевский, А.А. Современное состояние и тенденции развития сельскохозяйственной техники / А.А. Ежевский, В.И. Черноиванов // Федоренко В.Ф., Кузьмина Т.Н. и др. Научно-аналитический обзор / Москва, 2005. – 143 с.
2. Чумаков, В.Л. Влияние расслоения топлива и рециркулируемых газов на образование окиси азота в двигателе с искровым зажиганием / В.Л. Чумаков – в кн.: Защита окружающей среды в связи с развитием автомобилизации. М., ВЗМИ, 1979. – С. 89-93.
3. Коваленко, В.П. Перспективы эксплуатации сельскохозяйственной техники на сжатом природном газе / В.П. Коваленко, С.Н. Девянин, Е.А. Улюкина, А.В. Тодорив //АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. – Т. 16 –. № 7. – 2017. – С. 313-315.

УДК 621.431

РАСЧЁТНАЯ МОДЕЛЬ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ТОПЛИВ

Бижаяев Антон Владиславович, ассистент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Чумаков Валерий Леонидович, профессор кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Путан Алексей Александрович, учебный мастер кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Разработана математическая модель основных процессов в цилиндре дизельного двигателя, которая способна учитывать влияние различных факторов, таких как основные геометрические параметры двигателя, термодинамические параметры заряда, динамику выгорания топлива с учётом добавки различных присадок.

Ключевые слова: топливоподача, ДВС, альтернативное топливо, смесеобразование, процессы в двигателе.

Современные перспективы развития двигателестроения включают в себя прежде всего соответствие двигателей экологическим стандартам, регулируемым на законодательном уровне. Поэтому в качестве одного из способов снижения токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей служит использование альтернативных видов топлива. При проектировании исследовательских систем с добавками различных типов топлив часто возникает задача расчётного анализа основных процессов дизелей, так как они являются основными объектами для использования данных систем [1]. Для решения этой задачи была разработана расчётная модель, позволяющая дать численную оценку процессам, происходящим в цилиндре.

В основе работы математической модели определения параметров основных процессов в дизеле заложен алгоритм на базе физических законов термодинамики и механики работы двигателя. Модель основана на ранее известных методиках тепловых расчётов двигателей, с учётом прежде не рассматриваемых факторов [2, 3]. Расчётная модель позволяет оперировать большим количеством параметров, при которых возможно оценить влияние различных типов топлив (табл. 1), в том числе и добавок различных присадок, в том числе и воды.

Таблица 1

Основные оперируемые параметры в расчётной модели

Задаваемые параметры	Расчётные параметры
Геометрические параметры КШМ и ЦПГ	Термодинамические параметры рабочих тел в цилиндре
Термодинамические параметры рабочих тел в цилиндре	Основные параметры режима работы двигателя
Параметры режима работы двигателя	Параметры оценки работы двигателя при различных типах топлива
Основные физические величины для рассматриваемого топлива	

Разработанная модель позволяет прежде всего рассчитать давление рабочего тела в цилиндре дизельного двигателя. За базу для расчёта взят закон сохранения энергии (первый закон термодинамики), поэтому он был взят за основу исчисления давления рабочего тела в цилиндре с учётом доли выгорания топлива и отобранной или добавленной энергии от других источников. Расчёт параметров рабочего цикла выполняется пошагово при изменении положения поршня с изменением давления от P_{n-1} до P_n :

$$P_n = \frac{2(\Delta Q_{ст} - q_B) + P_{n-1} \left(\frac{k+1}{k-1} V_{n-1} - V_n \right)}{\frac{k+1}{k-1} V_n - V_{n-1}},$$

где: $\Delta Q_{ст}$ – энергия, выделившаяся с доли выгорания топлива, q_v – энергия, переданная между рабочим телом и внешними носителями, k – показатель адиабаты сжатия, V – текущий объём в цилиндре.

Следовательно, уменьшение шага по изменению объёма в цилиндре приводит к большей точности результата. Температура рабочего тела в цилиндре определялась по закону Менделеева-Клапейрона, с учётом массы и молярной массы рабочего тела. При добавке топлива или присадки в камеру сгорания температура рабочего тела снижается при теплообмене с подаваемой массой, передавая ему энергию. Энергия, переданная от рабочего тела, вычислялась с учётом нагрева и испарения:

$$Q_T = q_T + r_T = C_p(T_K - T_{нт})m_T + r_T,$$

где: Q_T – энергия, переданная поданному телу в камеру сгорания, q_T – энергия нагрева тела, r_T – энергия испарения поданного тела, C_p – теплоёмкость тела изобарная, T_K – конечная температура теплообмена, $T_{нт}$ – начальная температура тела, m_T – масса тела.

Зная, что такая же энергия была передана от рабочего тела на нагрев и испарение поданного тела и параметры этих тел, можно вычислить эту энергию и конечную температуру при теплообмене без учёта временного фактора.

За базу законов топливоподачи, подачи дополнительных присадок, открытия и закрытия клапанов была выбрана зависимость на основе экспоненты:

$$\chi = 1 - e^{-6,908\left(\frac{\varphi}{\Delta\varphi}\right)^{m+1}},$$

где: φ – угол поворота коленчатого вала при начале события, $\Delta\varphi$ – угол, соответствующий периоду события, m – коэффициент форма изменения тенденции.

В модели также учитывается теплопередача между стенками цилиндра и рабочим телом, на базе физического закона с учётом коэффициента теплопередачи, площади и разницы температур.

Полученные значения параметров позволяют оценить индикаторный КПД двигателя и оценить показатель политропы процессов, так как в данном случае осуществляется теплообмен между телами. Такая система позволяет оценить весь процесс за рабочий цикл в целом. При этом расчёт производится таким образом, что на любом этапе вычисления параметров можно учесть энергию при добавлении дополнительного топлива или в общем случае тела.

Для наглядности работы математической модели были построены характеристики процессов на базе дизельного двигателя Д-120 при работе на обычном дизельном топливе и с добавками воды в камеру сгорания. В данном случае такой вариант может использоваться для улучшения экологических показателей ОГ двигателя и снижения его теплонапряжённости (рис. 1).

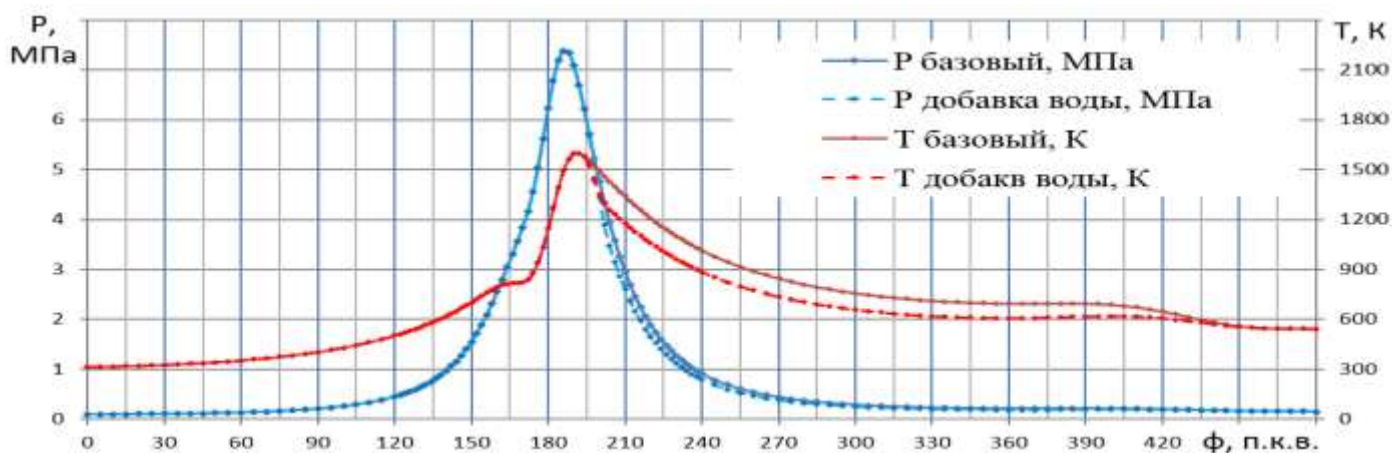


Рисунок 1 – Индикаторная диаграмма рабочего цикла дизеля Д-120 при стандартном режиме работы (номинальном) и с добавками 50% воды от массы топлива через 10° после ВМТ

При анализе диаграммы видно, что добавка воды в камеру сгорания дизеля при 190° поворота коленчатого вала существенно снижает температуру рабочего тела на расширении, на 15-20%, что в реальных условиях привело бы к снижению теплонапряжённости двигателя, следовательно, и к снижению концентрации оксидов азота [4]. На диаграмме также отслеживается снижение динамики роста температуры в районе поворота коленчатого вала на угол 175°, что связано с теплопередачей между воздухом и топливной струёй в цилиндре.

Таким образом, разработанная математическая модель позволяет произвести комплексную оценку параметров рабочего цикла с учётом подачи нескольких типов топлив или прочих присадок с различными свойствами, при том что они могут подаваться в любой момент времени и обладать различными энергетическими параметрами.

Библиографический список

1. Марков, В.А. Использование водотопливных эмульсий в качестве топлива для дизелей / В.А. Марков, С.А. Тарантин, С.Н. Девянин // "Грузовик: транспортный комплекс, спецтехника". – М.: Изд-во "Иновационное машиностроение", – № 9. 2012. – С. 33-42.
2. Шароглазов, Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов: Учебник по курсу «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания» / Б.А. Шароглазов, М.Ф. Фарафонов, В.В. Клементьев, – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
3. Мелисаров, В.М. Тепловой расчёт и тепловой баланс карбюраторного двигателя и двигателя с впрыском топлива : учебное пособие / В.М. Мелисаров, П.П. Беспалько, М.А. Каменская. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 128 с.
4. Бирюков, А.Л. Улучшение эксплуатационных и экологических показателей бензиновых двигателей путём применения топливо-водных смесей: Дисс. ... канд. тех. наук / Бирюков А.Л. С.-Петерб. гос. аграр. ун-т, СПб. – 2011. – 177 с.

ТРАНСПОРТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

*Андреев Олег Петрович, доцент кафедры тракторов и автомобилей,
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Перспективные технологии уборки зерновых культур. Обобщенная технологическая схема многофазной уборки. Способы транспортировки скошенной массы. Использование стационарного обмолота. Решение всех взаимосвязанных задач осуществляется с позиций ресурсосбережения и повышения производительности агрегатов. Используются критерии оптимальности.*

***Ключевые слова:** технологическая схема, транспортное средство, уборочный агрегат, уменьшение простоев, системный подход.*

Важный резерв увеличения производства зерна – сокращение потерь при уборке. Нарушение технологии уборки приводит обычно к потерям 10-20%, а в неблагоприятных условиях 30-50%. Потери при уборке нередко превышают прибавки от внедрения новых сортов, внесения удобрений, освоение интенсивных технологий.

Основными способами уборки зерновых культур являются комбайновая (однофазная) и раздельная (двухфазная) уборка. Получает распространение и новая технология, предусматривающая вывоз с поля на стационарный пункт всего биологического урожая. Эта технология названа индустриально-поточной, или стационарной безотходной.

Однако все уборочные работы при прямом комбайнировании начинаются при полном созревании хлебов (влажность 18-14%), и даже небольшая задержка в этом случае приводит к переставиванию хлебов и осыпанию зерна. Это серьезный недостаток прямого комбайнирования, так как здесь способ уборки вступает в противоречие с биологией растений.

Индустриальная технология предусматривает выполнение следующих операций: скашивание, измельчение и погрузку всего биологического урожая в транспортное средство; транспортировку массы на стационар и разгрузку ее на площадке – накопителе, находящейся под навесом; подачу массы в дозатор и конвейерную сушилку-сепаратор; подсушку массы; домолот, и отделение зерна от незерновой части урожая; транспортировку всех компонентов урожая к местам складирования и дальнейшей переработки.

Для решения задачи уборки зерновых культур необходимо, прежде всего, выбрать обобщенную технологическую схему уборки, на базе которой могли бы быть получены все возможные в условиях Российской Федерации технологии многофазной уборки.

Для снижения потерь, из всех существующих технологий уборки зерновых культур перспективными для условий Российской Федерации являются те, которые предусматривают доставку скошенной массы в том или ином виде на стационарный пункт сепарации или обмолота.

Все имеющиеся технологии с позиций научного анализа практически состоят из однотипных технологических процессов и различаются только вариантами их выполнения.

Исходя из этого, все многофазные технологии уборки зерновых культур могут быть охвачены обобщенной технологической схемой, представленной на рисунке 1.

Предполагаем, что сменяемый прицеп присоединяется к уборочному агрегату, который, осуществляет скашивание или подбор хлебной массы. Обычно это тракторный прицеп большой вместимости, который после заполнения при остановленном агрегате отсоединяется и на его место присоединяется порожний прицеп.

Возможен при этом и такой вариант работы, когда уборочный агрегат сам подъезжает к месту смены прицепа.

В качестве рядом идущего транспортного средства возможно использование, как тракторно-транспортных агрегатов, так и грузовых автомобилей с наращенными бортами.

Длительность хранения скошенной массы на стационарном пункте зависит от конкретных природно-производственных условий и соответствующего состояния скошенной массы.

Обработка зерновой массы в различных сочетаниях в зависимости от состояния массы и хозяйственных потребностей в общем случае складывается из операций: предварительной сушки и сепарации; одноступенчатого или многоступенчатого домолота; очистки зерна и подачи ее в стационарный бункер; закладки на хранение стеблей и половы с предварительной обработкой или без обработки на силос.

Примем, что все указанные процессы обработки зерновой массы на стационарном пункте после дозирующего устройства рассматриваются как единый поточный процесс без детализации.

Не рассматриваем также процессы, связанные с перевозкой зерна и стеблей со стационарного пункта к местам потребления, поскольку они могут выполняться с большим разрывом и слабо влияют на предшествующие процессы.

Основные принципы предлагаемого многоуровневого системного подхода к решению задач ресурсосбережения при многофазных технологиях. Задача в целом заключается в том, чтобы все взаимосвязанные технологические процессы, показанные на рисунке 1 выполнялись с наименьшим расходом соответствующих ресурсов.

Из этой обобщенной технологической схемы следует, что решение указанной проблемы ресурсосбережения складывается из нескольких взаимосвязанных задач, которые не могут быть описаны одной математической

моделью на базе какого-то единого критерия оптимальности. Объясняется это существенными различиями, как самих технологических процессов, так и используемых агрегатов [2].



Рисунок 1 – Обобщенная технологическая схема многофазной уборки зерновых культур

Наиболее эффективным научным методом решения подобных многоплановых задач является многоуровневый системный подход. Особенности применения такого подхода к сельскохозяйственным механизированным процессам изложены в [1, 3, 5].

На базе общих принципов разработана соответствующая структурная схема иерархии решения взаимосвязанных задач ресурсосбережения при стационарном обмолоте зерновых, которая представлена на рисунке 2.

Комплексное решение задач осуществляется на семи взаимосвязанных уровнях.

На первом уровне по минимуму приведенных затрат $C_m \rightarrow \min$ с учетом внешних факторов Φ_e определяются оптимальная пропускная способность уборочного агрегата $\Pi_{\text{инспорт}}$ и соответствующая потребная мощность двигателя $N_{\text{инспорт}}$.

На втором уровне определяются соответствующие значения ширины захвата жатки B_k и рабочей скорости V таким образом, чтобы максимально использовать пропускную способность $\Pi_{\text{исорт}}$ и мощность $N_{\text{исорт}}$. Это примерно соответствует максимуму производительности агрегата при рабочем ходе $\Pi_{\text{исорт}} \rightarrow \max$.

Третий уровень оптимизации предусматривает определение необходимого количества уборочных агрегатов n_k при стационарном обмолоте.

Решение осуществляется таким образом, чтобы обеспечить минимальную потребность в агрегатах $n_k \rightarrow \min$.

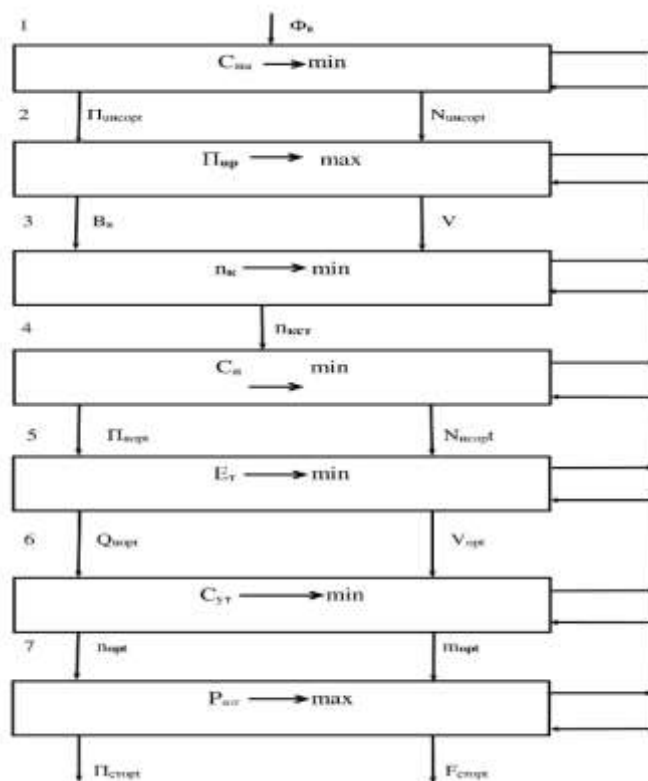


Рисунок 2 – Структурная схема иерархии решения взаимосвязанных задач при многофазных технологиях уборки зерновых культур

Четвертый уровень ресурсосбережения предусматривает обоснование оптимального обобщенного параметра транспортного агрегата $\Pi_{\text{изорт}} = Q_n V$, как произведение грузоподъемности Q_n на рабочую скорость V , а также соответствующей мощности $N_{\text{исорт}}$.

Критерий оптимальности соответствует минимуму приведенных затрат на единицу транспортной работы $C_{\text{из}} \rightarrow \min$.

На пятом уровне определяются оптимальная грузоподъемность прицепа $Q_{\text{изорт}}$ и рабочая скорость транспортного агрегата $V_{\text{изорт}}$ по минимуму удельных энергозатрат $E_t \rightarrow \min$ при рабочем ходе.

Шестой уровень ресурсосбережения предусматривает обоснование оптимального состава уборочно-транспортных звеньев по числу комбайнов $\Pi_{\text{изорт}}$ и транспортных средств $m_{\text{изорт}}$. Критерий оптимальности обеспечивает минимум

суммы потерь от взаимного ожидания комбайнов и транспортных средств $C_{\text{вт}} \rightarrow \min$.

Седьмой уровень ресурсосбережения предусматривает оптимизацию параметров и режимов работы пункта для стационарного обмолота.

В качестве основных параметров определяются оптимальные значения пропускной способности $\Pi_{\text{стопт}}$ и потребной для размещения хлебной массы площади $F_{\text{стопт}}$ стационарного пункта [5].

Поскольку одним из важнейших требований к стационарному пункту является безостановочная работа, то в качестве основного критерия целесообразно выбрать максимум вероятности безотказной работы пункта $P_{\text{бот}} \rightarrow \max$. Поскольку любая остановка стационарного пункта и последующий его вывод на нормальный режим работы связаны с большими затратами ресурсов, то критерий $P_{\text{бот}} \rightarrow \max$ будет одновременно соответствовать режиму максимального ресурсосбережения.

Стрелки между уровнями показывают направление передачи информации при взаимосвязанных оптимальных решениях. При этом происходит сложение всех эффектов ресурсосбережения.

Боковые стрелки справа в направлении сверху вниз соответствуют решению частных задач на отдельных уровнях в обход других.

Боковые стрелки справа снизу-вверх соответствуют схеме передачи информации при корректировке результатов оптимизации предшествующих уровней на последующих.

Таким образом, предлагаемый системный подход обеспечивает комплексное решение всех взаимосвязанных задач ресурсосбережения при многофазном способе уборки зерновых.

Библиографический список

1. Андреев, О.П. Эффективное использование техники - основа индустриально-поточной технологии / О.П. Андреев // – М: ООО «УМЦ «Триада», 2016. – 124 с.
2. Андреев, О.П. Снижение простоев подвижного состава автомобильного транспорта с использованием систем глобального позиционирования / О.П. Андреев, М.А. Тамбовцев // Международный научный журнал, №3. – 2015. – С. 74-76.
3. Андреев, О.П. Транспортное обеспечение уборки зернобобовых культур / О.П. Андреев // В сборнике: Доклады ТСХА 2019. – С. 19-23.
4. Андреев, О.П. Научные основы моделирования производственных процессов в АПК. Монография / О.П. Андреев, Д.Г.оглы Асадов, О.Н. Дидманидзе, М.: ООО УМЦ «Триада», 2017. – 180 с.
5. Андреев, О.П. Транспортное обеспечение технологических процессов уборки зерновых культур О.П. Андреев, О.Н. Слепцов // В сборнике: Чтения академика В.Н. Болтинского (115 лет со дня рождения) Сборник статей семинара. Под редакцией М.Н. Ерохина. 2019. – С. 147-152.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Лахно Александр Викторович, доцент кафедры эксплуатации
автомобильного транспорта ФГБОУ ВО ПГУАС*

*Новиков Евгений Валерьевич, доцент кафедры тракторов и
автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Показаны результаты исследований химической стойкости модифицированных полиуретановых композиций в агрессивных средах. Сочетание с эпоксидными смолами и придает полиуретановым материалам высокую химическую стойкость в различных средах.*

***Ключевые слова:** полимерные композиции, защитное покрытие, химическая стойкость, полиуретан, степень массопоглощения.*

Технический прогресс вызывает необходимость создания высокоэффективных полимерных композиционных материалов с заданными физико-механическими свойствами, используемых в машиностроении и автомобилестроении [1-3].

Полимерные композиционные материалы широко используются для изготовления конструкционных изделий и защитных материалов, обладающих высокими физико-химическими и эксплуатационными свойствами.

Защитное полимерное покрытие - это комбинация химических веществ, которые могут наноситься в соответствии с определенной технологией самостоятельно или на уже имеющуюся лакокрасочную поверхность автомобиля (конструкции) и, после отверждения, создают прозрачный пленкообразующий слой, защищающий поверхность от внешних воздействий.

При принятии решения о том, какое из покрытий лучше использовать для конкретного случая, необходимо учитывать ряд факторов: механическую прочность (износостойкость) покрытия; химическую стойкость, т.е. устойчивость к агрессивным воздействиям; внешнюю привлекательность (блеск, зеркальность, глубина слоя и т.д.). Чем выше механическая и химическая прочности, тем дольше срок службы покрытия при одинаковых условиях эксплуатации. Поэтому в настоящее время в различных сферах находят широкое применение различные защитные полимерные композиции на основе эпоксидных, полиуретановых, кремнийорганических соединений.

Эпоксидные смолы (олигомеры) являются низкомолекулярными линейными полимерами. Большинство из них, после нанесения на поверхность

образуют покрытия с низкими физико-механическими показателями и слабыми защитными свойствами. Для придания эпоксидным олигомерам ценных технических свойств в них создают пространственно-сшитую структуру путем отверждения по реакционно-способным группам олигомера - эпоксидным и гидроксильным [1-5].

Полиуретаны – высокомолекулярные соединения, содержащие значительное количество уретановых групп. Обычно эти полимеры получают при взаимодействии полиизоцианатов с веществами, имеющими несколько гидроксильных групп, например с полиэфирами, многоатомными спиртами, гликолями. Полиуретаны одни из немногих полимеров, у которых возможно регулировать число поперечных связей, гибкость полимерных молекул, характер межмолекулярных взаимодействий. Подбором соответствующих исходных компонентов можно в широких пределах менять структуру и свойства полиуретанов. Это позволяет получать из полиуретанов всевозможные материалы: клеи, покрытия, синтетические волокна, жесткие и эластичные пеноматериалы, твердые и мягкие эластомеры, и т. д. [1-5].

Перспективным направлением является модификация полиуретанов эпоксидными соединениями. В этом случае реализуется возможность целенаправленного улучшения свойств как полиэпоксидов, так и полиуретанов. Сочетание с эпоксидами придает полиуретановым материалам улучшенную адгезию, большую химическую стойкость и повышенную теплостойкость. Введение уретановых групп способствует улучшению упруго-деформационных характеристик эпоксидных полимеров, увеличению их стойкости к химическим реагентам и атмосферным воздействиям [1, 3].

Введение эпоксидных смол в полиуретановые системы полиэфирного типа повышает химическую стойкость композитов за счет снижения концентрации эфирных связей. При этом строение эпоксидного модификатора влияет на скорость разложения полиуретанового полимера в кислой, щелочной и водной средах.

Широкое применение получили кремнийорганические соединения [5], в которых, в отличие от органических соединений, углеродный каркас заменен зигзагообразной цепью или сеткой, состоящей из нескольких сот чередующихся атомов кислорода и кремния, которые связаны с органическими группами. Органические группы у атомов кремния сообщают покрытиям водоотталкивающие свойства эластичность и способность хорошо растворяться в органических растворителях. Такой характер молекулярного строения кремнийорганических полимеров придает этим материалам универсальные свойства, делает их чрезвычайно перспективными для защитных покрытий металлических конструкций и арматуры. Эти покрытия отличаются хорошей адгезией, повышенной твердостью, эластичностью и высокой химической стойкостью [2].

Важным фактором для оценки эксплуатационных свойств полимерных защитных покрытий является их коррозионная стойкость в агрессивных средах.

Области применения лаковых и клеевых материалов, и технологий с использованием эпоксиуретановых композитов предполагают контакт с агрессивными средами (вода, щелочи, кислоты и т.п.).

Агрессивность среды во многом определяется способностью ее диффузионного проникания в свободное межмолекулярное пространство полимерной матрицы. В результате диффузии происходит набухание матрицы, количественно оцениваемое по степени массопоглощения. Основным показателем стойкости материала в агрессивных средах является коэффициент массопоглощения m_t . Результаты испытаний на массопоглощение показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Исследование изменения степени массопоглощения в агрессивных средах на 60-е сутки

Одной из наиболее агрессивных жидкостей является вода, самая полярная из всех традиционных сред и имеющая ряд особенностей, которые обусловлены малым размер молекул. Это определяет возможность проникания ее в большое количество дефектов структуры и способность к образованию водородных связей с гидроксильными группами отвержденных эпоксиуретановых полимеров.

Определение степени массопоглощения после воздействия химических реагентов производилось по методике ISO - Международной организации стандартизации пластических материалов и по ГОСТ 12020-72. Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред. Образцы в виде кубиков размером 1×1×1 см выдерживались в течение одних суток в нормальных условиях. После этого все образцы взвешивались с точностью до 0,001 гр. и полностью погружались в рабочую среду (вода, масло-бензин в соотношении 1:1, 10%, 20%, 30% раствор NaOH в воде и 10%, 20%, 30%, 40%,

60% раствор H_2SO_4 в воде). Согласно методу испытание длилось не менее 7 суток. Измерения производились через 1 сутки с момента погружения, затем через 3 суток, 7 суток, 14 суток, 21 сутки, 28 суток, 40 суток, 2 месяца, 3 месяца. Перед проведением контрольного взвешивания образцы извлекались, протирались досуха, взвешивались с точностью до 0,001 г и вновь помещались в агрессивную среду до следующего контрольного взвешивания.

Изменение веса в результате воздействия агрессивной среды вычислялось по формуле:

$$K = \frac{M_t - M_0}{M_0} \cdot 100\%,$$

где M_0 - начальный вес образца, г;

M_t - масса образца после экспозиции в агрессивной среде в течение времени t .

За окончательный результат принималась средняя величина степени массопоглощения из 5-ти значений, полученных при измерениях.

На рисунке показаны кинетические зависимости эпоксиуретановых композитов в агрессивных средах. Самая большая степень массопоглощения наблюдалась в воде, вследствие ее полярности и малых размеров молекул: в первые 15 суток произошло резкое набухание (до $K=0,6$), которое в дальнейшем сменилось равномерным массопоглощением. Это объясняется тем, что молекулы воды начинают диффузионно проникать в поры и дефекты верхнего слоя образца пока не произойдет полного их заполнения. Далее следует некоторое разупрочнение структуры образца и разрушение верхнего слоя композита, за счет расклинивающего воздействия молекул воды. Произошло небольшое растворение (от $K=0,6$ до $K=0,53$), которое вновь сменилось плавным набором массы, с постоянной скоростью (0,06 % за 7 суток).

Похоже себя повел эпоксиуретановый образец в 10 % водном растворе NaOH, только после первоначального набухания (до $K=0,48$) произошло резкое растворение (до $K=-0,01$), то есть разрушение верхнего слоя композита. Потом массопоглощение снова возрастает, что обусловлено проникновением агрессивной среды в более глубокие слои эпоксиуретанового образца.

В 20% и 30% водных растворах NaOH степень массопоглощения приблизительно одинакова: в обоих случаях образцы набухают с постоянной скоростью. Следует отметить, что с увеличением концентрации раствора электролита стойкость эпоксиуретановых композитов повышается (массопоглощение в 20%, 30% растворах NaOH меньше чем в 10 % растворах).

Аналогичная ситуация наблюдалась в водных растворах серной кислоты, то есть массопоглощение в 10% растворе H_2SO_4 оказалось выше, чем в 20%, 30%, 40% растворах H_2SO_4 . Это обусловлено тем, что с уменьшением количества растворителя в растворе уменьшается степень диссоциации электролита, а следовательно снижается скорость проникновения молекул воды и ионов кислоты в структуру композита.

В среде масло-бензин прослеживается первоначально набухание, сменяющееся резким растворением (до $K=0,58$), затем растворение приобретает размеренный характер с постоянной скоростью (0,05% за 7 суток). Поскольку

эпоксиретан является сшитым полимером, т. е. имеет ряд цепей, связанных между собой первичными химическими связями, которые позволяют сопротивляться воздействию любых неактивных растворителей. Следовательно, среда масло-бензин обладает свойствами активного растворителя. Растворитель проникает за первые сутки в межмолекулярное пространство эпоксиретанового образца и распределяется в нем. По мере набухания происходит ослабление молекулярных сил сцепления. И наступает момент, когда эти силы настолько ослаблены, что верхний слой эпоксиретана начинает растворяться. Длительный контакт с агрессивной средой вызывает распад химических связей матрицы, сопровождаемый разупрочнением композита.

В целом, защитные свойства модифицированных полимеров превосходят защитные характеристики немодифицированных полиуретановых систем и зависят от строения эпоксидного олигомера. Эпоксидная модификация полиуретанов повышает их стойкость в агрессивных средах, а кремнийорганический компонент позволяет получать эпоксиретановый композит с мелкопористой структурой и повышенными физико-химическими свойствами.

Таким образом, исследование химической стойкости в различных агрессивных средах (вода, щелочь, кислота, масло-бензин) показали, что эпоксиретановые композиты в качестве коррозионностойкого покрытия обладают высокими антикоррозионными свойствами. Поскольку коэффициент химической стойкости в самой агрессивной среде - воде оказался меньше $K < 1\%$ за 60 суток, что говорит о высокой степени сшивания полимера и прочности эпоксиполиэфирных связей.

Библиографический список

1. Шафигуллин Л.Н. Высокотехнологичные полимерные композиционные материалы для изделий машиностроения / Л.Н. Шафигуллин, А.В. Лахно, П.И. Аношкин, А.А. Бобрышев. Пенза, 2014. – 102 с.
2. Лахно А.В. Универсальный эпоксиполиуретановый композитный клей для ремонта элементов кузова автомобиля / А.В. Лахно, А.Н. Бобрышев. Пенза: ПГУАС, 2006. – 99 с.
3. Зубарев П.А. Защитные полиуретановые покрытия / П.А. Зубарев, А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, П.И. Эльперин // В сборнике: «Экология. Производство. Общество. Человек. Новые химические технологии, защитные и специальные покрытия: производство и применение». Сборник статей XXVII Международной научно-практической конференции. Под редакцией Л.М. Хурновой, Ю.П. Перельгина, Е.А. Чуфистова. 2015. – С. 53-59.
4. Лахно А.В. Восстановление деталей машин из полимерных материалов / А.В. Лахно // Главный механик. – № 9. – 2015. – С. 39-42.
5. Бобрышев А.Н. Перспективность модификации эпоксиполиуретанов кремнийорганическими соединениями / А.Н. Бобрышев, А.В. Лахно, П.А. Зубарев, П.И. Кувшинов, А.А. Бобрышев, Н.Н. Туманова // Вестник отделения строительных наук. – Выпуск № 15. – Москва-Орел-Курск. – 2011. – С. 180-186.

БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП АГРЕГАТИРОВАНИЯ МАШИН КАК ОДИН ИЗ УРОВНЕЙ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Пуляев Николай Николаевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: в статье рассмотрен блочно-модульный принцип построения машинно-тракторных агрегатов. Рассмотрены особенности определения оптимальной ширины захвата машинно-тракторных агрегатов. Уделено внимание определению оптимальных параметров для адаптируемых агрегатов (с изменяемой в процессе работы шириной захвата).

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат; блочно-модульные машины; оптимизация процессов; ширина захвата.

В настоящее время отчетливо проявляется тенденция применения модульного принципа создания машин и агрегатов [1, 2]. Особенностью блочно-модульных машин и агрегатов является наличие дополнительной связи по ширине захвата [3].

Наиболее перспективным с точки зрения оптимальной адаптации к условиям работы является создание блочно-модульных машин со сменяемыми рабочими органами на общей раме для выполнения различных операций при одной и той же ширине захвата. Задача при этом заключается в обосновании общей оптимальной ширины захвата и рабочих скоростей агрегатов, комплектуемых на базе соответствующей энергомашины [4].

Сначала в зависимости от условий эксплуатации необходимо выбрать соответствующий типоразмер мощности N_H блочно-модульной энергомашины с эксплуатационной массой M_T по критерию оптимальности:

$$E_{\Pi} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N}{B_v} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N}{v \cdot M_T \cdot H_v} = \frac{\mathcal{E}_T \cdot \varepsilon_N}{v \cdot H_v} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Критерий оптимальности соответствует минимуму суммы энергозатрат при рабочем ходе на всех выполняемых операциях:

$$E_{n\Sigma} = \sum_{i=1}^{n_p} \frac{N_H \cdot \varepsilon_N}{B_O \cdot v_i} \cdot F_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $E_{n\Sigma}$ – суммарные энергозатраты, Дж;

B_O – общая ширина захвата агрегата, м;

v_i – рабочие скорости соответствующих агрегатов, м/с;

F_i – объем работы, выполняемой агрегатом каждого типа, м².

Поделив $E_{n\Sigma}$ на общий объем работы всех агрегатов F_{Σ} , получим

критерий оптимальности в более удобной форме:

$$E_{\text{ПО}} = \frac{E_{\text{н}\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^{n_p} \frac{N_{\text{H}} \cdot \varepsilon_{\text{N}}}{B_{\text{O}} \cdot v_i} \cdot \varepsilon_{\text{Fi}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $E_{\text{ПО}}$ – сумма удельных общих энергозатрат, Дж/м²; ε_{Fi} – доля каждой работы в общем объеме работ.

Оптимальное решение осуществляется по следующей схеме. Сначала для каждого агрегата строят графики зависимостей ширины захвата B от скорости v , на всем возможном диапазоне их изменения. Затем определяют текущие взаимосвязанные значения общей ширины захвата B_i и соответствующих скоростей v_i каждого агрегата.

Подставляя указанные взаимосвязанные значения B_i и v_i в (3), находим соответствующие им значения суммы удельных энергозатрат. При наименьшем значении $E_{\text{ПОmin}}$ получаем общую оптимальную ширину захвата для всех агрегатов B^* и соответствующие ей оптимальные скорости $v_{1^*}, v_{2^*}, \dots, v_{n^*}$.

Аналогичным образом осуществляется оптимальная адаптация к условиям работы комплекса машин одной рядности для возделывания пропашных культур и агрегатов с постоянной технологической колесей на базе общей энергомашины. Аналогичное решение при необходимости возможно и на базе разных типоразмеров энергомашин с мощностями N_{Hi} и M_{Ti} .

Необходимость создания адаптируемых агрегатов (*с изменяемой в процессе работы шириной захвата*) возникает в том случае, если в пределах одного рабочего хода имеет место существенное и достаточно длительное изменение внешних факторов, включая угол склона, физико-механические свойства почвы, урожайность сельскохозяйственных культур. При этом оперативно должны изменяться значения скорости и ширины захвата агрегата.

Изменение скорости агрегата в пределах допустимых границ не вызывает особых затруднений, особенно при наличии бесступенчатой трансмиссии. Более сложной задачей является оперативное изменение ширины захвата агрегата, как по конструктивным, так и по технологическим соображениям. При выполнении практически всех полевых работ ширину захвата агрегата можно изменять только перед началом рабочего хода путем включения или выключения части рабочих органов или путем изменения геометрических форм рамы машины и рабочих органов в допустимых пределах.

Решение рассматриваемой задачи особенно характерно для работы агрегатов в условиях неровного рельефа.

Минимум удельных энергозатрат в соответствии с (1) должен обеспечиваться как при прямом ходе агрегата с шириной захвата B и скоростями v_i на каждом участке, так и при обратном ходе с другими значениями B и скоростей v_i .

Соответствующие критерии оптимальности примут вид:

$$E_{\text{П}} = \frac{N_{\text{H}} \cdot \varepsilon_{\text{N}} \cdot T_{\text{L}}}{BL} = \frac{N_{\text{H}} \cdot \varepsilon_{\text{N}}}{BL} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{v_i} \rightarrow \min; \quad (4)$$

$$E'_{\Pi} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N \cdot T'_L}{B'L} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N}{B'L} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{v'_i} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где T_L, T'_L – продолжительность рабочего хода агрегата в прямом и обратном направлениях, с; B, B' – соответствующие значения ширины захвата, м; L – рабочая длина гона, м; v_1, v_2 – скорости движения агрегата на каждом участке в прямом и обратном направлениях, м/с; l_i – длина пути на каждом участке с соответствующим углом склона.

Для общности исследования критерий оптимальности целесообразно представить так:

$$E_{\Pi} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N}{B} \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_{li}}{v_i} \rightarrow \min; \quad (6)$$

$$E'_{\Pi} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N}{B'} \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_{li}}{v'_i} \rightarrow \min. \quad (7)$$

где $\varepsilon_{li} = l_i/L$ – доля длины каждого участка в общей длине гона.

Сначала строим графики зависимостей B_i и скоростей v_i для каждого участка с углом склона a_i . Затем проводим горизонтали с текущими постоянными значениями ширины захвата B_i и определяем соответствующие скорости v_i .

Последовательно подставляя текущие взаимосвязанные значения B_i и v_i в (4), определяем соответствующие энергозатраты $E_{\Pi i}$, при минимальном значении которых ($E_{\Pi i} = E_{\Pi \min}$) находим оптимальную ширину захвата B^* для движения агрегата в прямом направлении. Проведя соответствующую горизонталь при $B = B^*$, определим оптимальные скорости движения агрегата v_i^* в прямом направлении.

Аналогичное решение выполняется для движения агрегата в обратном направлении с определением B'^* и v'^* .

Подобное решение возможно также и при изменяющихся в пределах длины гона значениях других факторов, включая удельное тяговое сопротивление.

Библиографический список

1. Митягин, Г.Е. Оптимизация числа мобильных агрегатов технического обслуживания в уборочно-транспортных звеньях / Г.Е. Митягин, Н.Н. Пуляев, В.Б. Лукьянов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, – № 1. – 2009. – С. 65-66.
2. Коротких, Ю.С. Современное состояние машинно-тракторного парка в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития Ю.С. Коротких, Ю.В. Чутчева // Международный технико-экономический журнал. – № 6. – 2016. – С. 25-29.
3. Коротких, Ю.С. К вопросу о развитии машинно-технологических станций / Ю.С. Коротких // 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. 72-78.

4. Дидманидзе, О.Н. Научные основы моделирования производственных процессов в АПК О.Н. Дидманидзе, Д.Г. Асадов, О.П. Андреев. – М. : УМЦ «ТРИАДА», 2017. 87 с.

УДК 681.5

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Пухов Евгений Васильевич, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

Загоруйко Кирилл Викторович, аспирант кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

Щеголев Иван Вячеславович, аспирант кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

Аннотация: В статье представлена схема построения интеллектуальной автоматизированной системы управления технологическим процессом восстановления деталей машин на примере газотермического плакирования.

Ключевые слова: Восстановление деталей, сельскохозяйственная техника, автоматизированное управление, газотермическое плакирование

В концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года, утвержденной Министерством сельского хозяйства РФ, отмечено, что создание высокоэффективных автоматизированных технологий восстановления деталей машин является одной из перспективных задач страны [1].

Мировой опыт показывает, что транснациональные компании (производители автомобилей и сельскохозяйственной техники) имеют отделы в сферу деятельности которых входит развитие технологий восстановления и упрочнения деталей машин. В их составе имеется высокотехнологичное и компьютеризированное оборудование. Организации подобного рода осуществляют обучение и подготовку высококвалифицированного персонала [2].

При разработке и внедрении автоматизированных комплексов к числу основных задач можно отнести необходимость создания систем контроля и управления технологическими процессами, в том числе при восстановлении и упрочнении деталей машин. В настоящее время активно ведутся работы по формированию искусственного интеллекта, способного контролировать, анализировать и управлять сложными процессами. В начальной стадии

разработки интеллектуальных систем управления необходимо создать порядок (алгоритм) их работы для конкретного процесса. В качестве примера рассмотрим один из перспективных способов восстановления и упрочнения деталей машин газотермическим плакированием [3]. Газотермическое плакирование в последнее время ввиду появления большого числа металлических порошков, получает дальнейшее развитие и обладает рядом преимуществ. К ним относятся: не высокая стоимость оборудования, доступные расходные материалы, высокие адгезионные свойства получаемого плакируемого слоя [4]. Указанные преимущества особенно актуальны для сельскохозяйственных предприятий страны.

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма интеллектуального управления процессом восстановления деталей (на примере газотермического плакирования).

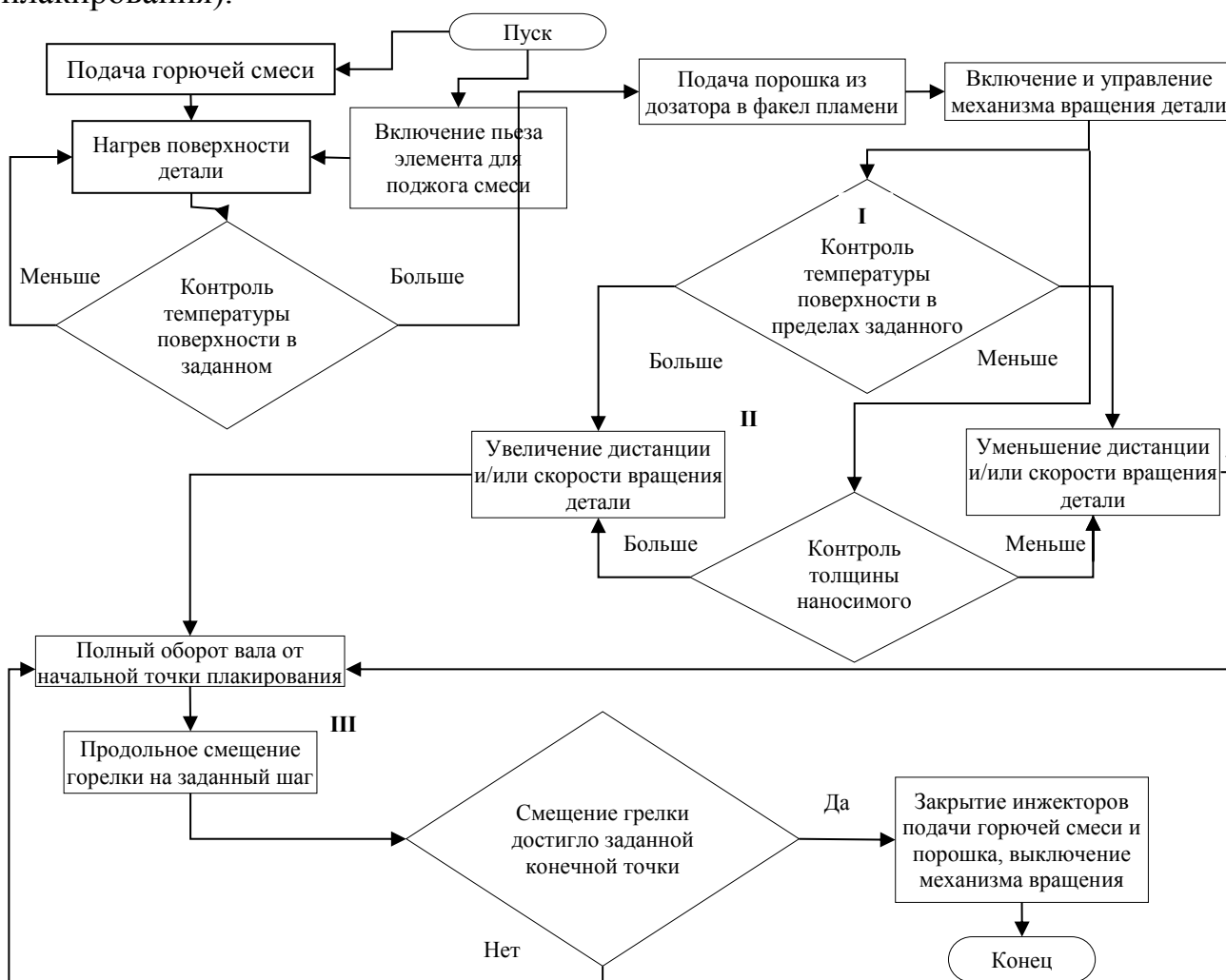


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма интеллектуального управления процессом восстановления деталей (на примере газотермического плакирования)

Согласно представленной схеме основными факторами, влияющими на формирование слоя, получаемого при плакировании, являются:

- I – контроль температуры поверхности восстанавливаемой детали;
- II – соблюдение дистанции (расстояния между горелкой и деталью);
- III – соблюдение продольного смещения горелки относительно детали.

Соблюдение параметров указанных факторов в заданном диапазоне значений является сложной задачей. Её решение возможно на основе контроля значений. Для этого можно использовать различные технические средства: шаговые электромоторы, пирометры, измерители расстояния и другие устройства [5].

Обработка указанных значений должна осуществляться специальными программными средствами в основе которых могут быть заложены интеллектуальные алгоритмы принятия решений. Дальнейшая разработка и использование технических, технологических и программных средств позволит достигнуть высокого качества получаемых покрытий и решать другие задачи. Указанный подход может быть использован и для аналогичных технологических процессов, что будет способствовать построению интеллектуальных автоматических систем управления и в других сферах деятельности.

Библиографический список

1. О Концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года: [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902099525> (дата обращения: 25.11.2019). – Текст: электронный.
2. Индустрия восстановительного производства в мире: [сайт]. – URL: <http://www.reikanen.ru/blog/133/> (дата обращения: 25.11.2019). – Текст: электронный.
3. Пухов, Е.В. Контроль качества восстановленных деталей в условиях сельского хозяйства / Е.В. Пухов, К.В. Загоруйко, И.В. Щеголев // Автотранспортная техника XXI века: сборник статей III Международной научно-практической конференции. – Москва, 2018. – С. 111-117.
4. Дашков, В.Н. Порошковый материал для упрочнения и восстановления деталей, работающих в условиях интенсивного износа / В.Н. Дашков, Ю.Т. Антонишин, В.А. Соколов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. – Минск, 2012. – С. 236-239.
5. Орешкин, С.А. Синтез интеллектуальных автоматизированных систем управления сложным ТП / С.А. Орешкин, А.В. Спесивцев, И.Н. Дайманд [и др.] // Автоматизация в промышленности. № 7. – 2013. – С. 03–09.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

Пухов Евгений Васильевич, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

Следченко Виталий Анатольевич, доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

Мешикова Светлана Сергеевна, аспирант кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ

***Аннотация:** В статье приведены способы снижения потерь рабочего времени сельскохозяйственной техники при проведении сельскохозяйственных работ на примере уборки зерновых, указаны их достоинства и недостатки.*

***Ключевые слова:** уборка сельскохозяйственных культур, потери рабочего времени, производительность, точное земледелие, транспортный процесс.*

Уборка урожая сельскохозяйственных культур является одним из наиболее энергоемких процессов и связана с большими потерями, как в виде недополученной продукции, так и за счет нерационального использования ресурсов и техники. На данный момент ведется активное техническое переоснащение сельскохозяйственных предприятий, которое направлено на уменьшение затрат времени при проведении сельскохозяйственных работ. Использование современной высокопроизводительной уборочной техники требует нового подхода направленного на информатизацию сельскохозяйственных работ [1].

Существует несколько способов снижения потерь рабочего времени сельскохозяйственной техники. Рассмотрим их более подробно на примере возделывания зерновых культур.

1) Планирование эффективной последовательности уборки – данный способ заключается в планировании поэтапного созревания культур и формируется он еще при возделывании полей. В него входит: выбор сорта культуры (ранние или поздние сорта); выбор площади под посев (на сухих участках одновременно не сеять поздние сорта, а на влажных – ранние); выбор сроков посева в зависимости от культур (если погода позволяет посев можно произвести осенью); выбор и регулировки процесса созревания (применение фунгицидов); оценка риска потерь урожая. Описанный способ требует агрономического навыка, и напрямую зависит от погодных условий.

2) Более высокий срез стебля при уборке зерновых культур – данный способ нацелен на уменьшение времени обмолота. Чем меньше соломы пройдет через машину, тем выше будет производительность обмолота. Влажное основание стебля остается в поле, а это значит, что уборочные работы

можно начать раньше. При этом расход топлива на тонну произведенной продукции уменьшается, и не тратится время на досушивание. Срез нужно производить на высоте 20-30 сантиметров. В этом диапазоне жатка всё еще копирует рельеф поля и затруднений при уборке не возникает. При этом способе скорость комбайна при уборке увеличивается и достигает 10 км/ч. Таким образом, производительность комбайна увеличивается от 20 до 50 %. Данный способ имеет свои недостатки, оставшиеся на поле стебли следует запахать дисковой бороной, но так как более толстые стебли не до конца перегнивают, следует выбрать большую глубину обработки почвы. При безотвальной обработке почвы длинные стебли можно измельчить в результате отдельной рабочей операции, что требует затраты времени.

3) Использование широкозахватных жаток – при этом способе возможна полная загрузка рабочих органов комбайна при движении на меньшей скорости. Это окупает себя, поскольку у многих комбайнеров и, прежде всего клиентов машинно-тракторных станций, существует «психологический» барьер в отношении скорости движения: нельзя ехать быстрее 5 км/ч, даже если комбайн способен на большее. Широкая зерновая жатка позволяет лучше загрузить машину, не увеличивая количество гонов по полю. Большая ширина захвата сглаживает перепады в урожайности, молотильный аппарат заполняется более равномерно, зерноуборочные комбайны могут работать с максимальной производительностью. Однако, при укладке соломы в валок в жатке концентрируются потери в системах сепарации и очистки. Так же, при работе с широкозахватными жатками существуют ограничения, зависящие от местных условий: узкие дороги, небольшие заезды на поля, маленькие площади.

4) Использование автоматизированного процесса управления сельскохозяйственной техникой – облегчает работу комбайнера, снижает его концентрацию на рулевом управлении. По некоторым оценкам это ведет к увеличению производительности до 10% [2].

5) Использование технологии точного земледелия – современный и перспективный способ, однако, даже при оптимальной настройке зерноуборочного комбайна, при готовности комбайнера к работе, при увеличенной производительности обмолота, уборочный процесс не будет достаточно эффективен, если не будет слаженности работы в транспортной цепочке. Нерациональная организация транспортных средств работающих на перевозке зерновых культур приводит к тому, что не рационально тратится время, отведенное на уборочный процесс [1].

Работы по разработки системы управления сельскохозяйственным производством в том числе с использованием технологии точного земледелия ведутся в, ВИМ, Тимирязевка, Кубанский ГАУ, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ и других организациях [1-4].

Использование технологии точного земледелия позволяет скоординировать уборочный и транспортный процесс, с помощью использования GPS и ГЛОНАСС технологий обеспечить подачу транспорта в

нужное время и место (рис. 1). Данные системы учитывают взаимное расположение комбайна и транспортных средств на местности и позволяют сократить простои техники и повысить их производительность. Однако, при использовании указанных систем необходимо обеспечить не только передачу в центр приема данных о месте положения машин, но и о степени наполненности кузова. Далее необходимо выполнить расчет точек загрузки машин сельскохозяйственной продукции на поле. Реализация предложенной схемы информационных потоков по контролю и управлению уборочно-транспортным процессом позволит сократить потери времени на ожидание загрузки транспортными средствами и разгрузки комбайна, а также позволит систематизировать информацию о потерях времени на каждой технологической операции [3].



Рисунок 1 – Пример применения технологии точного земледелия при уборке зерновых культур.

Сельское хозяйство – отрасль, которая производит самую необходимую для человека продукцию, и от её развития зависит жизненный уровень населения. Снижение потерь рабочего времени сельскохозяйственной техники при проведении сельскохозяйственных работ позволяет увеличить урожайность культур, снизить затраты труда и увеличить производительность работ. Поэтому использование высокотехнологичных решений на основе интеллектуальных систем управления на сегодняшний день является одним из важнейших резервов по повышению эффективности уборочных работ.

Библиографический список

1. Дьячков, А.П. Показатели эффективности работы современных машинно-тракторных агрегатов / А.П. Дьячков, А.Д. Бровченко, С.В. Семьин, Е.Е. Шередкина // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 9. – 2015. – С. 13-14.
2. Труфляк, Е.В. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А.С. Креймер, Л.А. Дайбова, Е.М. Белая // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г.– С. 335-336.
3. Пухов, Е.В. Моделирование процессов функционирования транспортных и технологических машин на примере уборки зерновых культур / Е.В. Пухов, В.К. Астанин, В.А. Следченко, С.С. Мешкова, В.С. Волков // Вестник ВГАУ.– № 3.–2019. – С. 19-25.
4. Федоренко, В.Ф. Тенденции цифровизации и интеллектуализации сельского хозяйства / В.Ф. Федоренко // Инновации в сельском хозяйстве. №1 (30).–2019. – С. 231-241.
5. Дорохов, А.С. Компьютерное зрение как инструмент системы управления технологическими процессами / А.С. Дорохов // Материалы Международной научно - технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения В.П. Горячкина. – 2013. – С. 355-357.

УДК 631.3.071.16

ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТРАКТОРА ПРИ РАБОТЕ С ВОМ НА ЧАСТИЧНЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМАХ ДВИГАТЕЛЯ.

Симоненко Анатолий Николаевич, старший преподаватель кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. При работе тягово-приводного агрегата на малоэнергоемких операциях для лучшей топливной экономичности увеличивают загрузку двигателя, путем перехода на повышенные передачи в ходовой части и ВОМ, снижая скоростной режим двигателя.

Ключевые слова: трактор, двигатель, скоростной режим.

Новая редакция ГОСТ 3480-76 (действующая с 1993 г. по настоящее время с изменениями), также как и прежняя регламентирует стандартную частоту вращения хвостовика вала отбора мощности (ВОМ) трактора 540 или 1000 мин⁻¹ (при двухскоростном приводе) при частоте вращения двигателя, составляющей 90...100% от номинальной [1]. Также и по стандарту ИСО 500-79 – указанные частоты вращения ВОМ должны быть при 80...90% от

номинальной. Это значит, что на номинальном режиме работы двигателя частота вращения ВОМ может быть в пределах 540-600, или 1000-1100 мин⁻¹. Большинство отечественных тракторов имеют указанную частоту вращения ВОМ при номинальной частоте вращения двигателя.

Работа трактора с ВОМ (тягово-приводной агрегат), как правило, предполагает номинальную частоту вращения двигателя. При работе двигателя с недогрузкой на регуляторной ветви указанная частота вращения ВОМ может быть больше стандартной до 17% (с учетом наклона регуляторной ветви и допуска по ГОСТ).

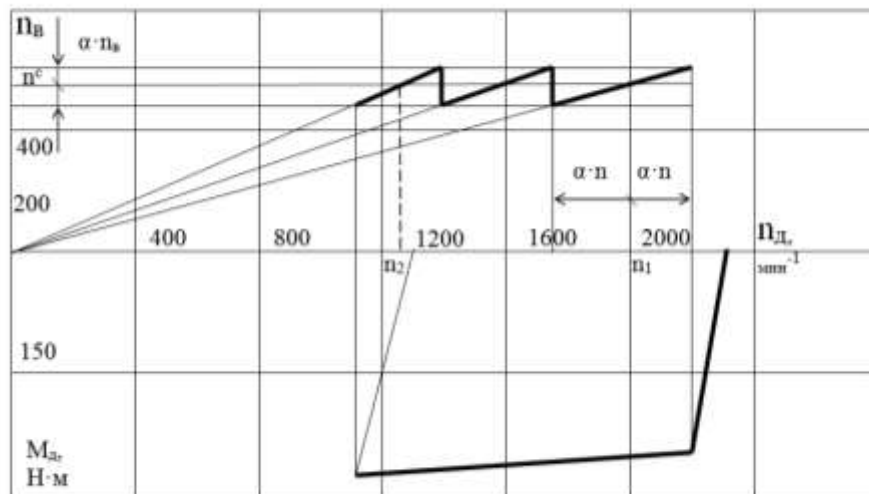
При невозможности полностью загрузить двигатель трактора на тяговых работах обычно используют его частичные скоростные режимы, которые позволяют повысить топливную экономичность (переходя на более высокие передачи коробки передач и снижая скоростной режим двигателя). Однако на тягово-приводных работах с существующими требованиями к приводам ВОМ это невозможно, так как не выполняется стандартная частота вращения ВОМ. Оптимальные значения поступательной скорости активных рабочих органов с.-х. машины и частоты вращения ВОМ очень разнообразны и зависят от внешних условий, а также от конструктивных и эксплуатационных факторов. Наибольшая поступательная скорость агрегата, как правило, ограничивается пропускной способностью активных рабочих органов. У некоторой части активных рабочих органов с.-х. машины для качественного выполнения технологического процесса должно быть еще соответствие (синхронизация) между поступательной скоростью и их частотой вращения.

Наилучшим конструктивным решением получения оптимальных значений скоростных режимов активных рабочих органов являются бесступенчатые передачи трансмиссии ходовой части и в приводе ВОМ, что позволит обеспечить наилучшие топливо – экономичные частичные режимы работы двигателя на малоэнергоёмких операциях.

Так, при коэффициенте загрузки дизеля Д-240 (трактор МТЗ-80) по моменту $K = 0.4$ удельный расход топлива увеличивается на 25%, при $K = 0,3$ - на 40% по сравнению с номинальным режимом [2]. При ступенчатой коробке передач ходовой части и неизменной частоте вращения двигателя скорости трактора по передачам отличаются на величину показателя геометрической прогрессии $q_k = i_j / i_{j+1}$, где i_j, i_{j+1} – передаточные числа трансмиссии. При переходе передачи с i_j на i_{j+1} , теоретическая поступательная скорость движения увеличивается q_k раз, соответственно на такую же величину повышается коэффициент загрузки двигателя.

При частоте вращения ВОМ, отличной от стандартной на величину $a = \Delta W / W^c$, может быть определен показатель геометрической прогрессии q_b передаточных чисел и число передач n привода ВОМ. При снижении скоростного режима двигателя от номинального W_n до частоты вращения W_m при максимальном крутящем моменте ($W_m = (0,5 \dots 0,6)W_n$) – диапазон устойчивой работы двигателя, в котором должны укладываться зоны допустимых отклонений стандартных частот ВОМ. Этот показатель должен

обеспечить сохранение частоты вращения хвостовика ВОМ в заданном диапазоне $\Delta W_c = a * W_c$, откуда $a = \Delta W_c / W_c$, что иллюстрируется на рисунке. Смотри рис., на котором в 2-х квадрантах приведена скоростная характеристика двигателя (нижний) и геометрическая прогрессия разделения передач в приводе ВОМ, с учетом допуска (а) на отклонение от стандартной частоты вращения (верхний).



В этом случае знаменатель геометрической прогрессии передаточных чисел привода ВОМ:

$$q_B = i_B / i_{B+1} = W_H / (W_H - 2a * W_M) = 1 / (1 - 2a) \quad (1)$$

При определении числа передач привода ВОМ следует учесть, что передача, обеспечивающая частоту вращения ВОМ 1000 мин^{-1} при номинальном режиме двигателя, обеспечивает частоту вращения ВОМ 540 мин^{-1} при частоте вращения двигателя $0,54W_H$, т.е. диапазон изменения частоты вращения двигателя, который необходимо охватить передачами, составляет:

$$W_1 = W_H(1 - a) \text{ и } W_2 = 0,54W_H(1 + a).$$

Число передач в приводе ВОМ:

$$n - 1 = 1 \frac{\ln(W_1 / W_2) W_1 /}{\ln W_2} \quad (2)$$

Таким образом, чтобы повысить нагрузку двигателя, но сохранить поступательную скорость движений агрегата, необходимо перейти на повышенную передачу в трансмиссии трактора и снизить скоростной режим двигателя. При этом скоростной режим ВОМ также снизится.

Если он не выйдет из диапазона $W_c \pm a * W_c$, то возможна работа без переключения передач в приводе ВОМ. Загрузка двигателя при этом составит:

$$K_{j+1} = K_j * K_B + (1 - K_B) * K_B * q_K \quad (3)$$

где $K_B = M_B/M_H$ – коэффициент отбора крутящего момента через ВОМ (M_B – крутящий момент на ВОМ, приведенный к двигателю). В случае, если скоростной режим ВОМ выйдет из допустимого диапазона, следует включить более высокую передачу в приводе ВОМ. Тогда загрузка двигателя:

$$K'_{j+1} = K_j * K_B * q_B + (1 - K_B) * K_j * q_K \quad (4)$$

Для дальнейшего повышения загрузки двигателя можно перейти на следующую передачу коробки передач и снизить скоростной режим двигателя. В этом случае коэффициент загрузки двигателя:

$$K_{j+2} = K_j * K_B * q_B + (1 - K_B)K_j * q_K^2 \quad (5)$$

В качестве примера рассмотрим параметры многоступенчатого привода ВОМ малоэнегоемких с. -х. машин при работе с трактором МТЗ-80. Знаменатель геометрической прогрессии ходовой части на рабочих передачах (с учетом редуктора) составляет $q = 1,07$. Принимая допустимое отклонение скоростного режима ВОМ $\pm 10\%$ ($a=0,1$), получим знаменатель геометрической прогрессии для привода ВОМ $q_B = 1/(1 - 2a) = 1,25$. Количество передач для этого случая в приводе ВОМ составит:

$$n - 1 = \frac{\ln(2200(1 - 0,1)/2200 * 0,54(1 + 0,1))}{\ln 1,25} = 1,86$$

Округляя до целого числа передач, из приведенного следует, что три передачи в приводе ВОМ полностью обеспечивают весь скоростной диапазон регулирования двигателя. Передаточные числа при 2-х приводе ВОМ составляют для: 1-ой передачи 4,07; для 2-ой передачи 2,2. Для 3-х скоростного привода: первая и последняя такие же, как у 2-х скоростного и добавляется промежуточная передача с передаточным числом 2,99 соответственно. Знаменатель геометрической прогрессии привода ВОМ, с учетом корректировки до целого числа передач, составляет $q_B = 1,36$. При этом на номинальном скоростном режиме двигателя частота вращения ВОМ равна 540 мин^{-1} , 736 мин^{-1} и 1000 мин^{-1} . Переход на одну ступень в приводе ВОМ требует перехода на 2-3 ступени в трансмиссии ходовой части, чтобы выдержать заданную скорость движения агрегата.

Таким образом, при работе тягово-приводного агрегата на малоэнергоёмких операциях для лучшей топливной экономичности увеличивают загрузку двигателя, путем перехода на повышенные передачи в ходовой части и ВОМ, снижая скоростной режим двигателя.

Библиографический список

1. ГОСТ 3480-76 Вал отбора и вал приёма мощности сельскохозяйственных машин. Типы и основные размеры.
2. Зангиев, А.А. Эксплуатация машино-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Г. Левшин. – М.: КолосС, 2003- 320с.:ил.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ТИПОВ И СХЕМ ПРИВОДОВ

Перевозчикова Наталия Васильевна, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Шутенко Владимир Витальевич, аспирант кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Использование индивидуального привода, с микропроцессорной системой управления, ведущих колес транспортно-технологического модуля для повышения тягового усилия и улучшения топливной экономичности трактора*

Ключевые слова: *балластирование, индивидуальный привод, транспортно-технологический модуль, активный привод, тягово-сцепные свойства, давление движителей на почву.*

Традиционные технологии возделывания сельскохозяйственных культур сопровождаются многократными проходами техники по полю. В результате почва уплотняется, что приводит к ухудшению основных физических и физико-механических свойств пахотного и подпахотного слоев, снижению урожайности культур и увеличению затрат энергии на выполнение работ. Это проблема становится все острее с массовым применением тяжелых колесных тракторов. После прохода тракторов по полю в почве образуются уплотненные зоны, концентрирующиеся вокруг следов трактора. Они оказывают влияние на водный, воздушный и питательный режим в почве так, как уплотненная почва сильнее испаряет влагу и является концентратором, к которому идет естественный приток влаги, что способствует иссушению почвы.

Основной причиной применения тракторов с большим весом является высокая энергонасыщенность современной сельскохозяйственной техники. Для того, чтобы реализовать полностью мощность двигателя трактора требуются высокие тяговые показатели [1], для достижения которых зачастую трактор нагружают балластными грузами, их вес может составлять до 50% от веса трактора [2].

В 80-х годах XX-го века коллективом специалистов НАТИ, МГАУ, ХТЗ, ЮФ, ИМЭСХ, ХГПУ был предложен способ повышения тягового усилия. В основу данного способа было положено увеличение количества ведущих мостов у трактора, что позволило увеличивать тяговое усилие так же эффективно, как и при балластировании. Эта разработка получила название транспортно-технологический модуль (ТТМ) МЭС-300 [3].

Исследования эффективности применения трактора агрегатированного ТТМ

Путем математического моделирования было сделано сравнение эффективности работы трактора Terrip 3180 забалластированного до максимального веса и агрегатированного МЭС-300. Результаты исследования следующие: при достижении максимального тягового усилия при использовании балластных грузов давление движителей на почву на 38% больше, чем при использовании МЭС-300. Однако, при использовании ТТМ расход топлива увеличивается в среднем на 3%, в связи с механическими потерями в приводе ведущих колёс. Поэтому был проведен анализ конструкции МЭС-300 и принято решение о модернизации привода ведущих колёс для увеличения КПД трансмиссии и снижения расхода топлива.

Сравнение различных схем привода

Дифференциальная схема привода имеет множество преимуществ. Она позволяет колёсам вращаться с разными угловыми скоростями, что снижает буксование и проскальзывание колёс, однако, количество момента передаваемое такой схемой привода равно количеству момента, которое может передать колесо с наилучшим сцеплением с поверхностью.

Для проведения исследований мы взяли условие, что трактор агрегатированный ТТМ (масса ТТМ 3900 кг), движется по полю, при этом правые колёса трактора движутся по стерне с коэффициентом сцепления 0,7 и буксованием 16%, а левые колёса по пахоте с коэффициентом сцепления 0,6 и буксованием 25%.

Проведя математическое моделирование движения, в таких условиях, мы получили, ТТМ может создать дополнительное тяговое усилие 17,79 кН.

Применение схемы жесткого (блокированного) привода ведущих колёс ТТМ, позволяет при тех же условиях увеличить тяговое усилие, создаваемое ТТМ до 19,5 кН. Это происходит благодаря жесткой связи между правым и левым колесом ТТМ и возможностью правого колеса, имеющего большее сцепление с поверхностью создавать большее тяговое усилие. Однако, из-за того, что угловые скорости вращения колёс равны, происходит протаскивание левого колеса, имеющего меньший коэффициент сцепления с дорогой, в приводе начинает возникать кинематическое несоответствие и циркуляция мощности, которая имеет такое негативное воздействие, как повышенный расход топлива и износ шин, а также ухудшение манёвренности и нестабильность при прямолинейном движении.

Таблица 1

Сравнительные характеристики различных схем привода ТТМ

	Дифференциальный привод	Жесткий привод	Индивидуальный привод
$P_{кр}$ кН	17,79	19,5	19,5
N кВт	45,96	56,88	59,23
G_T кг/ч	10,1	12,5	13,0
ω_n об/с	3,007	3,007	3,007
ω_d об/с	3,241	3,007	3,241

Индивидуальный привод колёс позволяет совместить положительные эффекты дифференциального и жесткого привода. Тяговое усилие при таком типе привода составит 19,5 кН. Поскольку правое и левое колесо не имеют жесткой связи, это позволяет им вращаться с разными угловыми скоростями (табл. 1) [4, 5].

Отрицательной стороной применения индивидуального привода, является то, что для управления им, требуется сложная микропроцессорная система управления, которая сможет регулировать распределение мощности и угловых скоростей вращения колёс в соответствии с буксованием и сцеплением колёс с поверхностью. А также, будет обеспечивать согласование и стабилизацию движения, для избежания набегания колёс ТТМ на трактор и корректировать траекторию движения, для обеспечения максимально ровного движения орудия.

Из таблицы 1 можно сделать вывод, что применение индивидуального привода, по сравнению с жестким, даёт незначительное повышение расхода топлива (около 4%), это происходит из-за затрат топлива на увеличение скорости вращения левого колеса, которое движется с большим буксованием.

На основе этих исследований был сделан вывод, что для реализации индивидуального привода необходимо создать алгоритм работы микропроцессорной системы управления приводом.

Микропроцессорная система управления индивидуальным приводом

Микропроцессорная система управления индивидуальным приводом должна выполнять две задачи. Первая задача заключается в распределение потока мощности между ведущими колёсами ТТМ в соответствии с буксованием и коэффициентом сцепления с дорогой. Для выполнения этой задачи микропроцессорная система должна произвести сравнение действительной скорости движения и скорости вращения колёс и после этого произвести вычисление коэффициента буксования каждого колёса. Произвести сравнение вычисленного коэффициента с заложенными в неё допустимыми значениями и принять решение, о том какое количество мощности надо передавать на каждое колесо. Однако в случае движения по дуге или выполнения поворота, когда скорость вращения колёс, движущихся по меньшему радиусу будет значительно меньше скорости вращения колёс, движущихся по большему радиусу, система может допустить ошибку и создать вращающий момент, который будет противодействовать повороту машинотракторного агрегата (МТА). Поэтому второй задачей системы управления будет корректировка траектории движения ТТМ, стабилизация движения при прямолинейном движении и максимальная оптимизация движения МТА по кривой.

Для выполнения этой задачи можно использовать датчики – акселерометры, один из которых будет определять направление движения трактора, а второй – будет определять направление движения ТТМ. Для этого нами проведено графически – аналитическое исследование направления векторов ускорения трактора и ТТМ при движении МТА с различным углом

поворота передних управляющих колёс трактора. И на основе этого исследования получили кривые зависимости направления векторов от угла поворота колёс (соответственно от радиусов кривизны по которым движется МТА) (рис. 1)

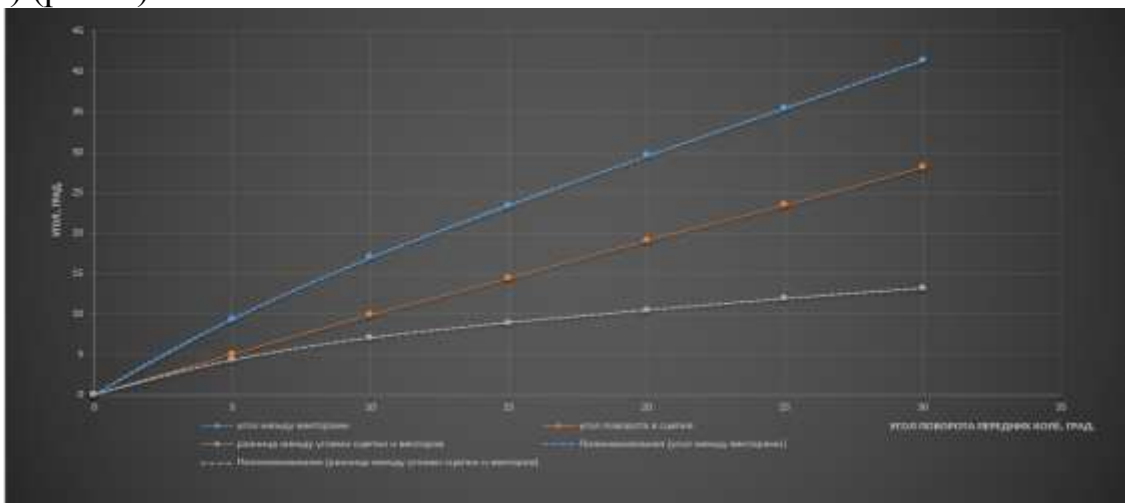


Рисунок 1 – Зависимости углов поворота различных элементов МТА от угла поворота передних колёс

На основе этого графика микропроцессорная система управления сможет определить насколько направления движения ТТМ соответствует направлению движения трактора и принять необходимые меры, для корректировки направления движения ТТМ, путём увеличения скорости вращения одного из колёс.

Выводы

Модернизация МЭС-300 путем применения трансмиссии с индивидуальным приводом на каждое колесо и микропроцессорной системой управления имеет много положительных результатов, таких как, возможность изменения количества мощности и момента, подаваемого на каждое колесо, снижение кинематического несоответствия, снижения циркуляции мощности. Это будет положительно сказываться на тяговом усилии во время движения по поверхностям с быстро меняющимися коэффициентами сцепления. По сравнению с механическим приводом и балластированием, имеется возможность управлять количеством мощности, подаваемой на колёса ТТМ, что позволяет дозировать количество мощности, отбираемое от двигателя на привод ТТМ, а, следовательно, позволяет повысить топливную экономичность. Микропроцессорная система оптимизирует количество мощности, затрачиваемое на создание необходимого тягового усилия ТТМ, что позволит повысить топливную экономичность, и стабилизировать движение орудий и МТА.

Ещё одним положительным эффектом модернизации системы привода будет отсутствие вращающихся валов для передачи потока мощности от двигателя трактора к колёсам ТТМ, что в свою очередь позволяет упростить конструкцию. Из конструкции привода колёс исключается обгонная муфта для снижения кинематического несоответствия колёс при движении, исключение

из конструкции ТТМ моста от трактора Т-150К и карданных валов, позволит значительно снизить массу ТТМ, что снижает давление на почву колёс ТТМ.

Библиографический список

1. Грибов, И.В. «Мощность – основной показатель для трактора тягово-энергетической концепции» / И.В. Грибов, Н.В. Перевозчикова // Техника и технологии АПК вестник, № 5. – 2017. – С. 18-21.
2. Кутьков Г.М., Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. Балластирование Тракторов // Тракторы и сельхозмашины № 9. – 2017. – С. 52-60.
3. Кутьков, Г.М. Технический уровень и технологические свойства трактора / Г.М. Кутьков // В сборнике: Чтения академика В.Н. Болтинского (115 лет со дня рождения) Сборник статей семинара. Под редакцией М.Н. Ерохина. 2019. – С. 38-48.
4. Котиев Г.О., Горелов В.А., Мирошниченко А.В. «Разработка закона управления индивидуальным приводом движителей многоосной колесной машины» / Г.О. Котиев, В.А. Горелов, А.В. // Машиностроение, № 1. – 2012. – С. 49-59.
5. Кутьков, Г.М. Тяговый расчет трактора: методические указания / Г.М. Кутьков, А.В. Богатырев; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Факультет «Процессы и машины в агробизнесе», Кафедра «Тракторы и автомобили». — Электрон. текстовые дан. – Москва: Росинформагротех, 2017 – 80 с.: табл., рис. – Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. – Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/umo87.pdf>.

УДК 656.1

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ

Пильщиков Владимир Львович, доцент кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Рассмотрены вопросы перевозок скоропортящихся сельскохозяйственных грузов. Особенности использования автомобильного транспорта в различные периоды работ. Перечислены правила перевозок растительной и животной продукции. Преимущества использования услуг специализированных транспортных фирм.

Ключевые слова: условия перевозки, скоропортящиеся грузы, особенности транспортировки сельскохозяйственных грузов, транспортные компании.

В общем комплексе сельскохозяйственных работ транспортные и погрузочно-разгрузочные работы составляют 30-35% от общих затрат труда на возделывание сельскохозяйственных культур и около 17% в животноводстве.

Перевозка сельскохозяйственных грузов автотранспортом связана с сезонностью возделывания. Для сельскохозяйственной продукции характерны свойства: склонность к замерзанию, биологическому изменению свойств и характеристик под воздействием климата, повреждаемость при погрузо-разгрузочных работах и пр. Фермерские и сельскохозяйственные предприятия не располагают собственным транспортом, а сотрудничают с компаниями, которые предоставляют свои услуги по грузоперевозкам. Выполняется подбор транспорта в зависимости от груза и его особенностей, проводятся погрузо-разгрузочные мероприятия и в нужный срок доставка товара конечному получателю [1].

Классификация сельскохозяйственных грузов по виду получения: зерновые культуры; овощи; фрукты; хлопок; продукты животноводства; продукция растениеводства; посадочно-посевные материалы; удобрения и пр.

Классификация сельскохозяйственных грузов по физико-механическим свойствам: Грузы делят на наливные (жидкие) и твёрдые. Учитываются углы естественного откоса, коэффициент трения, боковое давление и пр. Свойства и характеристики, которые способны влиять на конструкцию кузова машины и крепление к раме. Примерно 70% всех грузов сельскохозяйственной группы относятся к насыпным и навалочным [2].

Срочность и периодичность. Ряд грузов требуют доставки в кратчайшие сроки, для других установлены агротехнические лимиты, то есть это скоропортящаяся продукция.

Условия перевозки. Грузы разделяют на несколько категорий. В первую включены сельскохозяйственные грузы, для которых не требуются специальные условия для транспортировки на автомобиле. Вторая категория объединяет скоропортящиеся товары, для которых необходимо соблюдать определённые температурные и санитарные условия. Третьей категорией считаются грузы, имеющие неприятный резкий запах, для перевозки используют специально оборудованные и оснащённые автомобили. В четвёртую включены антисанитарные грузы. К пятой категории относится живность разного вида.

Учитывая категорию грузов, используют необходимый специализированный подвижной состав [2].

Особенности грузоперевозок. Транспортные перевозки сельскохозяйственных грузов это один из элементов технологического цикла заготовки продуктовых ресурсов и кормов.

Объём транспортных работ зависит от сезона и меняется по месяцам. Возникает разный запрос на грузовой транспорт.

Расположение сельскохозяйственных предприятий и баз складирования. Различные дорожные условия, расстояния влияют на выбор тактики доставки грузов.

Период уборки урожая. Повышается загруженность автотранспорта. Грузоперевозки осуществляются в срочном режиме, а часто и в круглосуточном.

Погрузку продукции в автотранспорт выполняют на удаленных полях и с больших площадей.

Заправка, техническое обслуживание автомобилей, питание и отдых водителей в период уборки урожая организуется недалеко от пунктов сбора продукции, это экономит время и повышает эффективность всего процесса перевозки [1].

Диспетчерская связь обеспечивает взаимодействие между всеми пунктами, где происходит погрузка, транспортировка и выгрузка.

Сельскохозяйственное производство тесно связано с автомобильными перевозками. Средним, малым и фермерским хозяйствам экономически не выгодно содержать собственный автопарк для обеспечения транспортной потребности в период сбора урожая. Автомобили используются малый период в течение года, перевозка сельскохозяйственной продукции становится более выгодной при сотрудничестве с транспортной компанией. Аренда или найм транспортных единиц в компании позволяет получить следующие преимущества:

Финансовая выгода. Фермерским хозяйствам и агрофирмам не следует покупать машины, создавать собственный автомобильный парк, тратить ресурсы на содержание и эксплуатацию. Можно закупить всего несколько основных машин, которые пригодятся в течение всего года.

Гарантии. Взаимодействие с транспортными компаниями по договору гарантирует соблюдение сроков, наличие исправных грузовых автомобилей, полного комплекта водителей и отработанной логистики. Для сельскохозяйственных товаров важно рассчитать оптимальный маршрут, что сделать без грамотного специалиста в этой сфере довольно сложно. Транспортная компания оперативно заменит авто или пришлёт другого водителя без нарушения сроков поставок.

Автопарк компаний для транспортировки сельскохозяйственной продукции располагают всеми необходимыми видами транспорта. Учитывая особенности сельскохозяйственного производства, они обеспечат требующийся специализированный подвижной состав. Груз будет доставлен в необходимом температурном режиме и при соблюдении иных условий. Крупные аграрные предприятия могут эффективно и с выгодой использовать собственный автопарк. Большинство сельскохозяйственных продуктов перевозятся специальными транспортными компаниями.

Транспортные компании чаще всего осуществляют перевозку продукции: фруктов; овощей; зерновых культур; молока и молочной продукции; живности. Каждая категория продукции имеет свои особенности, которые важно учитывать при организации транспортных мероприятий от точки загрузки к конечному получателю партии товара. Мясо перевозится в охлаждённом или замороженном виде в специальных изотермических или рефрижераторных фургонах. Повторная разморозка и обратная заморозка негативно влияют на качество. Больше сложностей вызывает перевозка живого скота, птицы и иной живности. Транспортировка провоцирует изменения в привычном режиме

содержания из-за новых условий размещения, тряски, погрузо-разгрузочных мероприятий. Всё это может спровоцировать буйное поведение, отказ от приёма пищи, изменение массы животного. Важно обеспечить быструю и эффективную доставку с соблюдением основных требований, направленных на минимизацию отрицательных воздействий. Использовать в таких случаях автотранспорт целесообразно, если дальность перевозки составляет не более 500 километров. Создание оптимальных условий для перевозимой живности, что позволит минимизировать потери в весе и защитить животных от возможных повреждений. Обеспечение удобного погрузо-разгрузочного цикла продукции с минимальным простоем животных. Возможность использования автотранспорта для других грузоперевозок. Чаще всего для таких целей используют автомобильные тягачи с фургонами-полуприцепами. Кузов фургона должен иметь форму прямоугольника с длиной от 8,5 метров и системой естественной или принудительной вентиляции. Внутри также используется специальное оснащение в виде: перегородок; съёмных колец для привязки; освещения; ёмкостей для кормления; систем жижекборников и пр. Если для доставки животных используются бортовые машины, высоту их борта следует увеличить до 1,5-2 метров и дополнительно разделить платформу на несколько секций специальными разделительными конструкциями. Крупный рогатый скот обязательно привязывается. Причём привязывать следует головой вперёд по направлению движения автомобильного транспорта. При транспортировке птицы используют специальные передвижные составы. Для взрослой птицы предусмотрены многоярусные контейнеры, размещённые на платформе. Молодую птицу перевозят в ящиках, размещённых внутри изотермического кузова. Это создает оптимальные микроклиматические условия, что минимизирует вероятность гибели птицы. Автомобильным транспортом перевозят однодневных цыплят, а также яиц инкубационного типа на внушительные расстояния. Используют специальные контейнеры, внутри которых размещаются ящики с яйцами или цыплятами. При перевозке живности следует обязательно иметь свидетельство, которое выдаётся ветеринарными службами. Без него транспортировка будет считаться незаконной и грозит внушительными штрафами. Санитарное свидетельство составляется отдельно на каждую из партий перевозимого груза. Перед транспортировкой крупный рогатый скот, а также лошади, биркуются. Для свиней используют бирки или специальные татуировки. Овец помечают. После этого вся живность взвешивается и формируется партиями для последующей отправки. Осуществляя автомобильные перевозки скота, требуется соблюдать все правила и требования. Но даже при таких условиях будет происходить постепенное снижение их массы в зависимости от дальности перевозки. Чем дольше выполняется доставка, тем больше потери. Если требуется перевозить животных на дальние расстояния, помимо водителя, груз должен сопровождать экспедитор. В некоторых случаях обязанности экспедитора возлагаются на водителя.

Молоко. Основным продуктом фермерских хозяйств является молоко, которое доставляют потребителям уже с дальнейшей целью переработки и превращения в различные молочные продукты. В сельскохозяйственной сфере молоко перевозится в охлаждённом и неохлаждённом виде. Важно понимать, что свежесвыдоенное молоко является идеальной средой для размножения опасных микроорганизмов, которые провоцирует процесс скисания, а также могут нанести вред человеку. Потому со всех пунктов, где фермеры не могут обеспечить немедленное охлаждение, вывоз следует осуществлять после каждой дойки скота. Но даже при условии наличия охладительного оборудования молоко не может находиться более 20 часов при температуре 10 градусов Цельсия. Молоко допускается перевозить внутри специальных цистерн, либо на бортовых машинах при использовании металлических канистр различной вместимости. Все ёмкости обязательно проходят процедуру обязательной стерилизации перед заливкой каждой новой партии молока. После заливки крышки пломбируются. Для изоляции от окружающей среды крышки должны оснащаться специальными резиновыми уплотнителями.

Овощи. Для овощей используются обычные бортовые грузовые машины и специальные авто, которые могут обеспечить нужный температурный режим и поддерживать заданную влажность. Ко второму типу ТС относят рефрижераторные и изотермические фургоны. В случае с изотермическими фургонами речь идёт о герметичном кузове с утеплителем. А рефрижераторы, помимо изоляции и герметичности, характеризуются наличием холодильного оборудования. Порча овощей при перевозке обусловлена несоблюдением требующихся условий транспортировки, следуя которым нужно поддерживать заданную температуру, влажность, а также обеспечивать эффективную вентиляцию. Для большинства видов овощей оптимальной температурой считается 4-6 градусов Цельсия. При падении температуры ниже указанной отметки повышается вероятность переохлаждения и порчи. Чем выше температура будет внутри фургона, тем активнее начнёт протекать процесс обезвоживания плодов. Чтобы овощи не начали преждевременно портиться из-за дефицита влаги, требуется следить за её уровнем и поддерживать нужную температуру. Что касается вентиляции, то она во многом зависит от самого типа груза, а также герметичности фургона. Обычно на тонну товара требуется использовать 1-2 кубометра свежего воздуха за час. Перевозка овощей. За один рейс рекомендуется осуществлять транспортировку только одного типа овощей. В некоторых случаях с целью повышения рентабельности организуют смешанные грузоперевозки, опираясь при этом на особые правила совместимости. То есть перевозимые овощи должны предъявлять одинаковые требования по температуре, влажности и прочим условиям транспортировки. Есть овощи, чувствительные к этилену, в то время как другие плоды могут выделять это вещество. Поэтому их перевозить в одном кузове категорически нельзя. Перед загрузкой проверяется качество продукции, а иногда измеряется температура; Особое внимание уделяется используемому упаковочному материалу, который должен быть прочным и пропускать тепло

респирации; Укладка осуществляется так, чтобы создать возможность прохождению потоков воздуха, то есть обеспечить вентиляцию; Между последним рядом тары с овощами и бортом машины не должно оставаться зазоров; Все автомобили обязаны иметь санитарные паспорта, а кузов перед загрузкой очищается от всех загрязнений; Отправитель овощей обязан указать, какая максимальная продолжительность перевозки для его товара. Если значение в документах не указано, перевозчик может отказаться от приёма груза; Нельзя перевозить вместе овощи, которые предъявляют разные требования по уровню относительной влажности; Не рекомендуется совместно доставлять овощи, характеризующиеся свойством набирать посторонние запахи. Важно составить максимально подробный договор с указанием всех нюансов и требований по грузоперевозке овощей, что позволит минимизировать их потерю в результате порчи.

Для работы в аграрной сфере требуется наличие эффективной поддержки со стороны надёжного грузоперевозчика. Поэтому фермеры и аграрии стараются сотрудничать только с профессиональными транспортными компаниями, способными обеспечить бесперебойную доставку и перевозку выращиваемой продукции. Основная её масса относится к категории скоропортящихся товаров.

Библиографический список

1. Дидманидзе, О.Н. Автотранспортные и тракторные перевозки: учебник для студентов с.-х. высш. учеб. заведений / О.Н. Дидманидзе, К.В. Рыбаков, Г.Е. Митягин и др.; Под. ред. О.Н. Дидманидзе. – М.: УМЦ «ТРИАДА», 2005. – 551 с.: ил.

2. Дидманидзе, О.Н. Специализированный подвижной состав автомобилей агропромышленного комплекса. Учебник / О.Н. Дидманидзе, Ю.К. Есеновский-Лашков, В.Л. Пильщиков. – М.: УМЦ «ТРИАДА», 2005. – 230 с.

УДК 631.31.004

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ И РАЗМЕРНОСТЕЙ

Левшин Александр Григорьевич, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Ондар Айлана Мергеновна, преподаватель-исследователь кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Левшин Андрей Александрович, инженер, компания Джон-Дир

Аннотация: Разработана методика оценки радиальной жесткости автомобильных шин на основе зависимости радиальной деформации от нагрузки на колесо в безазмерной критериальной форме на основе методов теории подобия и размерностей. Методика проверена на основе справочных данных для типа большегрузных автомобилей, радиальных и диагональных шин для грузовиков и пневматиков.

Ключевые слова: шина, радиальная жесткость, теория подобия и размерностей, критерии подобия.

С момента изобретения в 1888 году ветеринарным врачом Джоном Данлопом (1840-1921) пневматической шины, продолжают исследования по ее модернизации и методам исследования. Большое разнообразие самоходных машин и условий их эксплуатации привели к огромному многообразию шин с уникальными свойствами. В различных отраслях проводятся исследование процесса активного и пассивного качения по твердому и деформируемому основанию, исследование деформативных характеристик шин и грунта (почвы), процессов колееобразования и уплотнения почвы в сельском и лесном хозяйстве, что способствует развитию теории и снижению негативных последствий от ходовых систем.

Создание шин с новыми функциональными характеристиками требует больших затрат и дорогостоящих испытаний. При создании новых образцов автомобильной и тракторной техники возникает необходимость в методах моделирования работы ходовых систем [1, 2].

В приведенном исследовании в качестве основного методологического принципа взят системный подход, обеспечивающий рассмотрение исследуемого процесса для всего многообразия действующих факторов и принципы физического моделирования, основанные на теории подобия и размерностей [3].

Для реологических моделей работы колеса необходимо однозначно идентифицировать деформативные характеристики почвы и шины. Исследования проведенные на кафедре под руководством Шарова Н.М. позволили обосновать методику оценки деформативных свойств почвы и создать научно-методическую основу для нормированной шкалы твердости почвы [4].

Для изучения деформативных свойств шины рассмотрим радиальную деформацию шины $\lambda_{ш}$. Она зависит от диаметра шины D , ширины профиля B , внутреннего диаметра d , числа слоев корда n , вертикальной нагрузки P_z , давления в шине $P_{ш}$ и почвенных условий (рис.1).

Задача исследования заключается в определении зависимости (1). При обобщении справочных данных задача упроститься, так как эти данные определялись в процессе испытаний колеса при взаимодействии с твердым основанием (справочник НИИАТ, 1984).

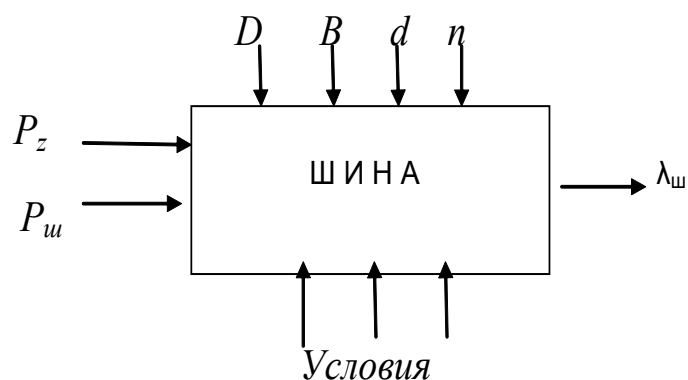


Рисунок 1 – Блок-схема работы шины

$$\lambda_{ш} = f(P_z, P_{ш}, D, B, d, n, g, \text{почвенные условия}) \quad (1)$$

Для описания зависимости рассмотрим ее в безразмерном критериальном виде [3]. Для этого проведем размерный анализ переменных исследуемой зависимости (табл. 1) и выберем базисные переменные. В качестве базисных переменных отбираем такие показатели, которые содержат в формуле размерности основные величины системы СИ: L – линейный размер (м), М – масса (кг) и – время (с).

Таблица 1

Размерный анализ переменных исследуемой зависимости

Переменная	Обозначение	Размерность	Формула размерностей
1. Вертикальная нагрузка	P_z	кН	MLT^{-2}
2. Давление в шине	$P_{ш}$	МПа	$M L^{-1} T^{-2}$
3. Диаметр наружный	D	м	L
4. Диаметр диска	d	м	L
5. Ширина профиля шины	B	м	L
6. Число слоев	n		
7. Ускорение свободного падения	g	$м/с^2$	LT^{-2}
8. Радиальная деформация шины	$\lambda_{ш}$	м	L

В качестве базисной величины, характеризующей линейные параметры L выберем наружный диаметр – D ; для массы М выбираем давление в шине $P_{ш}$ и для времени Т – ускорение свободного падения g .

В соответствии со второй теоремой подобия (π -теорема, теорема Букингема) всякое уравнение физического процесса, объединяющее между собой n величин, среди которых m величин обладают независимыми размерностями, можно преобразовать к критериальному уравнению, которое связывает $(n - m)$ критериями подобия [3].

По правилу Букингема критерии подобия получим по следующему алгоритму:

1. Запишем условие для получения безразмерного критерия подобия для вертикальной нагрузки на шину

$$\pi = [P_z]^1 \cdot [P_{ш}]^\alpha \cdot [D]^\beta \cdot [g]^\gamma \quad (2)$$

2. Вместо базисных переменных вставим их формулы размерности $\pi = [M \cdot L \cdot T^{-2}]^1 \cdot [M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}]^\alpha \cdot [L]^\beta \cdot [L \cdot T^{-2}]^\gamma$. (3)

3. Составим систему уравнений для соблюдения условия нулевой размерности для каждой независимой переменной

$$\left. \begin{array}{l} M: 1+\alpha=0 ; \\ L: 1-\alpha+\beta+\gamma=0 ; \\ T: -2-2\alpha-2\gamma=0 . \end{array} \right\} \quad (4)$$

4. Находим значения степеней базисных переменных: по условию для M $\alpha = -1$; для условия T $\gamma = 0$ и для L по второму уравнению $\beta = -2$.

По результатам расчетов для других переменных для твердой поверхности получим зависимость (1) в критериальном виде

$$\frac{\lambda_{ш}}{D} = \varphi \left(\frac{P_z}{P_{ш} \cdot D^2}; \frac{B}{D}; n \right) . \quad (5)$$

В соответствии с третьей теоремой подобия необходимым и достаточным условием подобия двух объектов является пропорциональность сходственных параметров, входящих в условия однозначности, и равенство определяющих критериев подобия. Из-за неравномерной физической природы изучаемых явлений построение модели проводят по основным критериям подобия, отражающим наиболее существенные явления исследуемого процесса. Такие критерии называются определяющими критериями подобия [3, 5]. В нашей задаче определяющим критерием подобия является вертикальная нагрузка.

Рассмотрим зависимость $y = \omega(x)$, где $Y = \frac{\lambda_{ш}}{D}$; $x = \frac{P_z}{P_{ш} \cdot D^2}$.

В качестве исходных данных рассмотрим усредненные характеристики шин для большегрузных автомобилей, диагональных и радиальных шин грузовых автомобилей, шин с регулируемым давлением и пневматики (табл. 2).

Для аппроксимации исследуемой зависимости будем использовать зависимость $y = a + b \cdot \ln x$. Эмпирические коэффициенты a и b находим по методу наименьших квадратов, при этом в качестве аргумента будем рассматривать натуральный логарифм значений безразмерного критерия для P_z . График зависимости приведен на рис. 2.

Таблица 2

Статистические данные по шинам (Справочник НИИАТ, 1984)

Тип шины	Кол-во моделей	Среднее x	Среднее y
1. Большегрузные автомобили	17	0.065	0.081
2. Диагональные	24	0.052	0.064
3. Радиальные	2	0.033	0.059
4. С регулированием давления	10	0.06	0.076
5. Пневматики:	8		
- максимум		0.184	0.155
- минимум		0.963	0.252

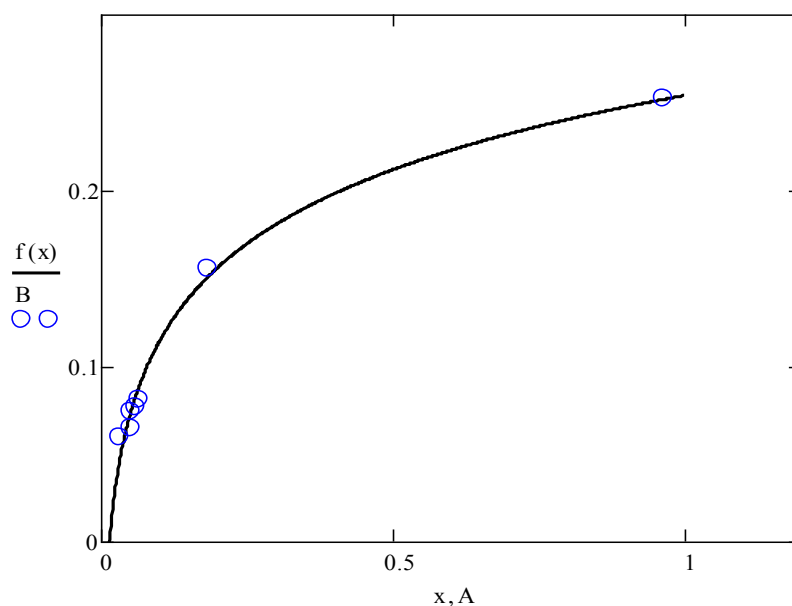


Рисунок 2 – Обобщенный график зависимости относительной радиальной деформации шин $Y = \frac{\lambda_{ш}}{D}$ от критерия подобия $\frac{P_z}{P_{ш} \cdot D^2}$ для жесткой поверхности

По результатам расчета получены значения коэффициентов: $a=0.254$; $b=0.061$ и дисперсия адекватности $S_{ад} = 9 \cdot 10^{-5}$.

Для подобной системы критерии подобия должны быть равными. Полученная зависимость позволяет расчетным путем определить значения радиальной деформации для подобных состояний.

Библиографический список

1. Котович, С.В. Двигатели специальных транспортных средств. Часть I: Учебное пособие / С.В. Котович. – М.: МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.
2. Дзоценидзе, Т.Д. Специализированный автомобильный транспорт сельскохозяйственного назначения: монография / Т.Д. Дзоценидзе, С.Н. Галкин, А.Г. Левшин, М.А. Козловская, В.Н. Сорокин, П.В. Серeda. - М.: ООО «НИИКА», ЗАО "Металлургиздат", 2013. – 368с.
3. Баловнев, В.И. Подобие и моделирование в системе проектирования дорожно-строительных машин: учеб. пособие / В.И. Баловнев. – М.: МАДИ, 2014. – 148 с.
4. Левшин, А.Г. Научно методические основы формирования нормированной шкалы твердости почвы / А.Г. Левшин, М.Н. Ерохин // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, № 6 (82). – 2017. – С. 28-34.
5. Дьячков, Ю.А. Моделирование систем автомобилестроения: учебное пособие / Ю.А. Дьячков, М.А. Черемшанов. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2009. – 240 с.

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОХОДИМОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

Ондар Айлана Мергеновна, преподаватель-исследователь кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Левшин Александр Григорьевич, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** обоснованы требования по параметрам геометрической проходимости автомобилей (углам переднего въезда и заднего съезда, дорожному просвету, радиусу продольной проходимости), обеспечивающих всеесезонную транспортную доступность и мобильность сельского населения в типовых районах республики Тува.*

***Ключевые слова:** автомобиль, геометрические параметры, проходимость, экология, сельское население.*

В Республике Тыва остается острой проблема оттока сельского населения. Для ее решения в труднодоступных отдаленных районах республики важно обеспечить эффективное функционирование транспортной сети, что обеспечит мобильность сельского населения и оказание услуг для социальной сферы сельских территорий. Основным видом транспорта в регионе – автомобильный.

Республика отличается особенностями природно–климатических и агроландшафтных условий: горный и предгорный рельеф, холодный резкоконтинентальный климат с заснеженными периодами и весенней распутицей. Более 80% территории занимают горы, а остальная часть - равнинные степные участки. Зима в Туве продолжительная и холодная, снег ложится с начала ноября и продолжается до апреля. Низкие температуры зимой достигают до -55°C -58°C , в горной части высокий снежный покров. Сложные климатические условия затрудняют постоянное транспортное сообщение в отдаленных районах республики [1].

Сеть автомобильных дорог республики слабо развита. Плотность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием составляет в республике 16,2 км на 1000 кв. км территории (средний показатель по Российской Федерации – 44 км) [2]. Развитие дорожной сети не соответствует по всем удельным показателям: более 50% протяженности не подходят современным нагрузкам по прочности и более 80% – по ровности покрытия.

В республике преобладают V, IV и III технические категории дорог, I техническая категория – отсутствует, доля дорог II технической категории не

превышает -1% . Не ведется учет муниципальных внутрихозяйственных автомобильных дорог по требованиям СНиП 2.05.11-83 [3].

Большинство автомобильных дорог грунтовые, что снижает проходимость автомобилей общего назначения и создаются предпосылки возникновения негативных экологических последствий. Сегодня и в ближайшее будущее обеспечить мобильную доступность для чабанских стоянок только за счет автомобилей повышенной проходимости.

При высокой интенсивности таяния снегов в весеннее время увеличивается повышенная активность эрозионных процессов в почве и потеря несущей способности грунта. Слабонесущая почва приводит к затруднению движения транспортных средств общего назначения. Для сохранения экологии агроландшафта и негативного влияния на грунт необходимо ограничивать максимальное удельное давление движителей автомобилей. Необходимые допустимые удельные давления в Монгун-Тайгинском районе $0,54\text{НВ}$, Тоджинском $0,59\text{НВ}$, Тере-Хольском $0,50\text{НВ}$ [4].

В настоящее время в республике всего 66% общеобразовательных учреждений имеют автотранспорт. Автобусы, приобретаемые для сельских школ (Газель – 32213, УАЗ – 2206, ПАЗ – 3205) должны соответствовать требованиям ГОСТ 33552-2015. Требования к машинам скорой помощи определены ГОСТ 33665-2015. В медицинских учреждениях республики зарегистрировано 158 транспортных средств (в основном Газель-3302 и УАЗ-2206), из них 35% находится в неисправном состоянии. Транспортные средства представляют устаревшие модели, не полностью удовлетворяющие требованиям по проходимости и экологии [5]. Следует отметить, что указанные ГОСТы формируют только функциональные требования и не отражают требования по геометрической проходимости автомобильного шасси.

Геометрическая проходимость в соответствии с ГОСТ 22653 оценивается: передним свесом a и углом въезда γ_1 , базой L , радиусом продольной проходимости R_1 , задним свесом b и углом заднего съезда γ_2 , шириной колеи B и радиусом поперечной проходимости R_2 (рис. 1).

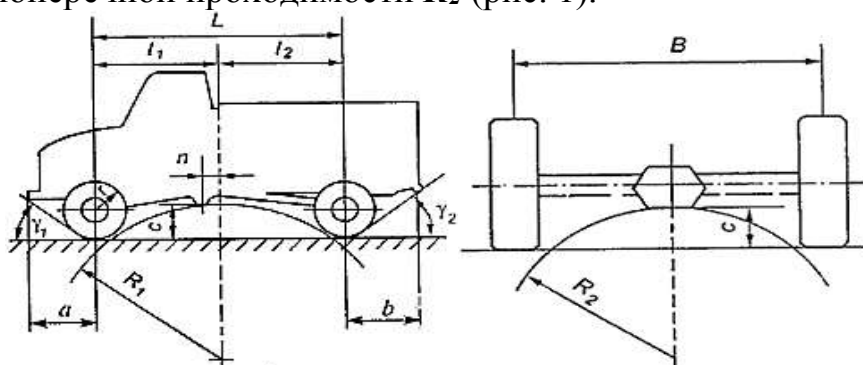


Рисунок 1 – Схема геометрических параметров автомобиля

В Монгун-Тайгинском, Тоджинском, Тере-Хольском районах, где дороги имеют много крутых поворотов, затяжных подъемов и спусков, для обеспечения движения автомобилей по труднодоступным участкам пути, выдвигают особые требования к геометрической проходимости.

Для их обоснования был проведен статистический анализ характеристик четырех групп автомобилей повышенной проходимости: военные, легковые, грузовые, вездеходы (мелкосерийные). Анализировались данные по углу переднего въезда, заднему углу съезда, радиусу продольной проходимости, дорожному просвету и базе автомобилей. Объем выборки составил 137 моделей, в том числе военных автомобилей 24 модели, легковых отечественных и зарубежных 46 моделей, грузовых 50 моделей и мелкосерийных вездеходов 17 моделей. Для сформированных выборок для каждой группы автомобилей была проведена проверка и исключены нехарактерные значения характеристик. По методу разностей выборки проверялся случайный характер выборки [6].

Достаточность выборки проверяли по условию

$$P(\bar{X} - I_{\text{дов}} \leq m_x \leq \bar{X} + I_{\text{дов}}) = \alpha, \quad (1)$$

где $I_{\text{дов}}$ – доверительный интервал для нахождения среднего значения \bar{X} ; m_x – математическое ожидание изучаемой величины; α – доверительная вероятность (в расчетах принимаем $\alpha=0,95$).

Для относительной погрешности $\Delta=10\%$ определяли минимально необходимый объем данных по формуле

$$n_p = \left(\frac{t_{\gamma;n} \cdot S_x}{\Delta \cdot \bar{X}} \right)^2. \quad (2)$$

Выборку принимали достаточной если выполнялось условие $n_p < n$.

Сформированные выборки удовлетворяли указанным требованиям, следовательно, они были репрезентативными и статистические характеристики: среднее значение \bar{X} , дисперсия S_x^2 и среднее квадратическое отклонение S_x – достоверные. Расчеты проводились в программе Excel.

Для выборок проверили справедливость гипотезы о подчиненности данных нормальному закону распределения. Проверку гипотезы осуществляли по критерию Пирсона (χ_p^2) Для вездеходов из-за малого объема дополнительно проверяли по критерию Колмогорова А.Н. (λ_p) [6].

Расчетное значение критерия Пирсона подсчитывали по формуле (3), а Колмогорова по формуле (4)

$$\chi_p^2 = \sum \frac{(p_i - f(x_i))^2}{f(x_i)} ; \quad (3)$$

$$\lambda_p = \max[F^*(x_i) - F(x_i)] \cdot \sqrt{m}, \quad (4)$$

где p_i – опытная вероятность; $f(x_i)$ – значение функции плотности для закона нормального распределения с опытными параметрами (\bar{X} и S_x) для значений случайной величины; $F^*(x_i)$ – опытные значения функции распределения для середины интервала; $F(x_i)$ – значения теоретической функции распределения закона нормального распределения; m – число интервалов.

Расчетные значения критериев Пирсона и Колмогорова являются мерой расхождения теоретической функции плотности распределения и опытных данных приведены в таблице 1. Критические значения критериев согласия находили для доверительной вероятности 0,95.

Если $\chi_p^2 \leq \chi_{кр}^2$, и $\lambda_p < \lambda_{кр}$, то принимаем гипотезу о том, что случайная величина подчинена нормальному закону распределения.

Зная закон распределения случайной величины, находим значение параметра X , удовлетворяющего условию:

$$F(X) = P(X \leq x) = \alpha = 0,95 \quad (5)$$

Таблица 1

Расчетные и критические значения критериев согласия

Группы автомобилей:	Расчетное значение критерия Пирсона χ_p^2	Критическое значение критерия Пирсона $\chi_{кр}^2$
Военные: угол въезда	0,29	0,71
угол съезда	0,13	0,71
Вездеходы: угол въезда	0,34	0,35
угол съезда*	$\lambda_p=0,33^*$	$\lambda_{кр}=0,52^*$
Грузовые: угол въезда	$y_1=0,38$	1,15
угол съезда	$y_2=0,31$	1,15
Легковые: угол въезда	$y_1=0,38$	1,15
угол съезда	$y_2=0,34$	1,15

* Критерий Колмогорова

Полученное значение принимаем как минимально необходимое значение углов въезда γ_1 и съезда γ_2 . Результаты расчетов допустимых углов переднего въезда, и заднего съезда приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов переднего и заднего угла

Группы автомобилей:	угол переднего въезда, γ_1 , град.	угол заднего съезда, γ_2 , град.
Военные	не менее 43	не менее 46
Вездеходы	не менее 84	не менее 76
Грузовые	не менее 44	не менее 45
Легковые	не менее 52	не менее 44

По результатам расчета допустимых углов по группам автомобилей близкими аналогами группы военных автомобилей – модели Рысь, УРАЛ-375, Тигр; для вездеходов – Шаман, Ямал Т-6S; грузовых автомобилей – ГАЗ-67, ГАЗ-2330, легковых – Land Rover Defender, Tatra 805, OVERROAD, УАЗ-31512.

Для обеспечения транспортной доступности сельского доктора к чабанским стоянкам, в отдаленную труднодоступную сельскую местность типовых районов рекомендуется использовать автомобили повышенной проходимости с передним углом въезда не менее 52° , задним углом съезда не менее 44° .

В Монгун-Тайгинском, Тоджинском, Тере-Хольском районах автомобили скорой медицинской помощи и для перевозки школьников по следующим геометрическим параметрам угол переднего въезда не менее $43...44^\circ$ и заднего съезда не менее $45^\circ...46^\circ$.

Библиографический список

1. Ондар, А.М. Особенности эксплуатации транспортных средств в условиях сельских территорий Республики Тыва / А.М. Ондар // Сборник статей Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава «Горячкинские чтения». – С 37-40.
2. Статистические данные годового отчета ГКУ «Тываавтодор», Кызыл, 2016.
3. Ондар, А.М. Анализ транспортной инфраструктуры для социального развития сельских территорий Республики Тыва / А.М. Ондар // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2017. – Вып. № 3. – С. 3-7.
4. Ондар, А.М. Особенности методики обоснования удельного давления ходовых систем на грунт в типовых районах Республики Тыва. // Сборник статей / А.М. Ондар // М. – Издательство РГАУ-МСХА, 2019. С 466-469
5. Ондар, А.М. Повышение эксплуатационной надежности транспортного обеспечения программы социального развития сельских территорий Республики Тыва / А.М. Ондар // Сборник материалов Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённая 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина. С. 30-33.
6. Левшин, А.Г. Планирование эксперимента: Учебное пособие / А.Г. Левшин // М.:Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 187 с.

УДК 631.33

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДОЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОРЦИОННОГО ВНЕСЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ГЛАУКОНИТА ПРИ ПОСАДКЕ КАРТОФЕЛЯ

Репей Олег Олегович, инженер кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Обзор свойств глауконита и конструкций дозаторов для порционной подачи порошкообразных препаратов (глауконита) при посадке клубней картофеля

Ключевые слова: агротехнические свойства, дозирование, глауконит, гидрослюд, производительность, минеральное удобрения.

Нами проведен детальный обзор порошкообразного материала (глауконита) и основное влияние (отрицательное и положительное) на почву, его воздействие на агротехнические свойства почвы, расчет дозы внесения нужного количества глауконита при посадке на один клубень картофеля.

Глауконит – минерал группы гидрослюдов подкласса слоистых силикатов; широко распространен в осадочных породах; представляет собой водный алюмосиликат калия, магния и железа [1].

Глаукониты отличаются широкой вариацией химического состава, поэтому при использовании их для удобрения картофеля и других культурных растений необходим контроль химического состава используемого сырья. Так, по данным Уральского института минералогии, глауконит Каринского месторождения Кунашакского района Челябинской области содержит в среднем SiO_2 52 – 52,89%, Al_2O_3 – 11,83%, Fe_2O_3 – 16,74% , MnO – 0,03%, MgO – 4,31%, CaO – 0,82%, K_2O – 8,57% и Na_2O – 0,14% [2].

Влияние глауконита на свойства почвы. Применение глауконитового песка оказывает положительное действие на физические свойства выщелоченного чернозема. В дозах 20-40 т/га глауконит обеспечивает достоверное снижение объемной массы почвы в пахотном слое (на 0,03-0,04 г/см³). Внесение глауконита улучшает агрохимические свойства почвы, в частности, при использовании максимальных доз отмечалось снижение почвенной кислотности на 0,1-0,3 ед. рН, содержание в почве доступного фосфора возрастало на 16-28 мг/кг и обменного калия – на 2– 2,25 мг/кг по отношению к соответствующему фону. Нельзя переоценивать экологическое значение глауконита. Известно, что этот минерал поглощает из почвы и переводит в недоступное для растений состояние соли тяжелых металлов [1].

У растений картофеля, выращенных на глауконите, содержание тяжелых металлов в клубнях снижается: железа – в 4,0 раза, меди – в 1,8 раза, кадмия – в 1,5 раза, хрома и никеля – в 1,3 раза, цинка – в 1,2 раза.

Кроме того применение глауконита снижает содержание нитратов на фоне внесения азотных удобрений.

Российская Федерация обладает значительными ресурсами глауконитосодержащих пород. В Кунашакском районе Челябинской области также имеется богатейшее месторождение глауконитовых песков, можно с успехом использовать как ценное промышленное сырье многоцелевого назначения.

Глауконитовые пески привлекают внимание, прежде всего, низкой стоимостью продукта, высоким содержанием калия (до 9%), способностью высвободить калий в виде легкоусвояемых соединений на протяжении длительного времени, способность сорбировать нуклиды, тяжелые металлы и токсиканты. Положительный эффект использования глауконитов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур отмечен в работах Д.Н. Прянишникова. Указывал на возможность использования глауконитов в качестве калийных удобрений и А.Н. Энгельгардт. В проведении научно-исследовательских работ и практических испытаний глауконита в различных областях его применения участвовали [3, 4]:

1. Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства.
2. Научно-исследовательский институт питания РАМН.
3. Научно-исследовательский институт минералогии УрО РАН.
4. Научно-исследовательский институт канцерогенеза.
5. Уральский государственный технический университет.

6. Всероссийский НИИ животноводства.
7. Центр военно-технических проблем биологической защиты НИИ микробиологии МО РФ.
8. Южно-Уральский НИИ плодоовощеводства и картофелеводства РАСХН.
9. Южно-Уральский НИИ земледелия РАСХ.
10. ФГУ Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Челябинский».
11. Южно-Уральский государственный университет.
12. Челябинский государственный университет.
13. Челябинский государственный агроинженерный университет.
14. Уральская государственная академия ветеринарной медицины.
15. Челябинская государственная медицинская академия.
16. Уральская государственная сельскохозяйственная академия.
17. Независимый институт экспертизы и сертификации (г. Москва).

Норма внесения глауконита при посадке картофеля не менее 2 т/га, для старта совместно с азотными удобрениями 30 кг/га, фосфорные удобрения 50 кг/га.

Для внесения глауконита можно применять несколько способов с помощью применения различных механизмов: шелерезами, РУМами, рассеивателями пылевидных удобрений, дисковыми разбрасывателями. После разбрасывания обработать почву дисковой бороной что бы глауконит перемешался с почвой.

При этом расход глауконита очень большой и при посадке картофеля многие клубни получают различные дозы глауконита. Для увеличения экономичности и эффективности использования глауконитовых песков нами предлагается разработать конструкцию дозатора и технологии порционной подачи глауконита при посадке клубней картофеля.

Рассмотрим основные конструкции дозаторов и возможные технологии порционной подачи глауконита.

Патент 2445583 [5]:

Дозатор порошковых материалов содержит корпус 1 (а) с полостью 2, внутри которой с возможностью вращения размещен дозирующий элемент 3.

В корпусе 1 выполнен канал 4 для подвода в полость корпуса сжатого воздуха. В полости корпуса имеется выступ 5, размещенный в полости дозирующего элемента. С полостью 2 корпуса 1 посредством канала 6 связан накопитель 7 порошка, установленный на корпусе. На выступе 5 с возможностью поворота размещено кольцо 8. Поворот кольца 8 осуществляется через ось 9, установленную в корпусе 1 в радиусном пазу (не показан).

В выступе 5 корпуса 1 выполнены каналы 10 (впускной) и 11 (выпускной) соответственно для подвода порошков из накопителя и вывода дозированной газопорошковой смеси.

Дозирующий элемент 3 выполнен в виде стакана, с дном которого скреплена ось, кинематически связанная с приводом вращения дозирующего

элемента, а на боковой поверхности по окружности выполнены зубья 12 и 13, причем каждый второй зуб (б) смещен в радиальном направлении к оси вращения дозатора на одинаковое расстояние.

Внутренняя и внешняя поверхности зубьев 12 и 13 дозирующего элемента 3 снабжены ребрами 14 (б), расположенными под углом 4-8° к плоскости дна дозирующего элемента 3, причем ребра на соседних равноудаленных от оси вращения зубьях направлены навстречу друг другу.

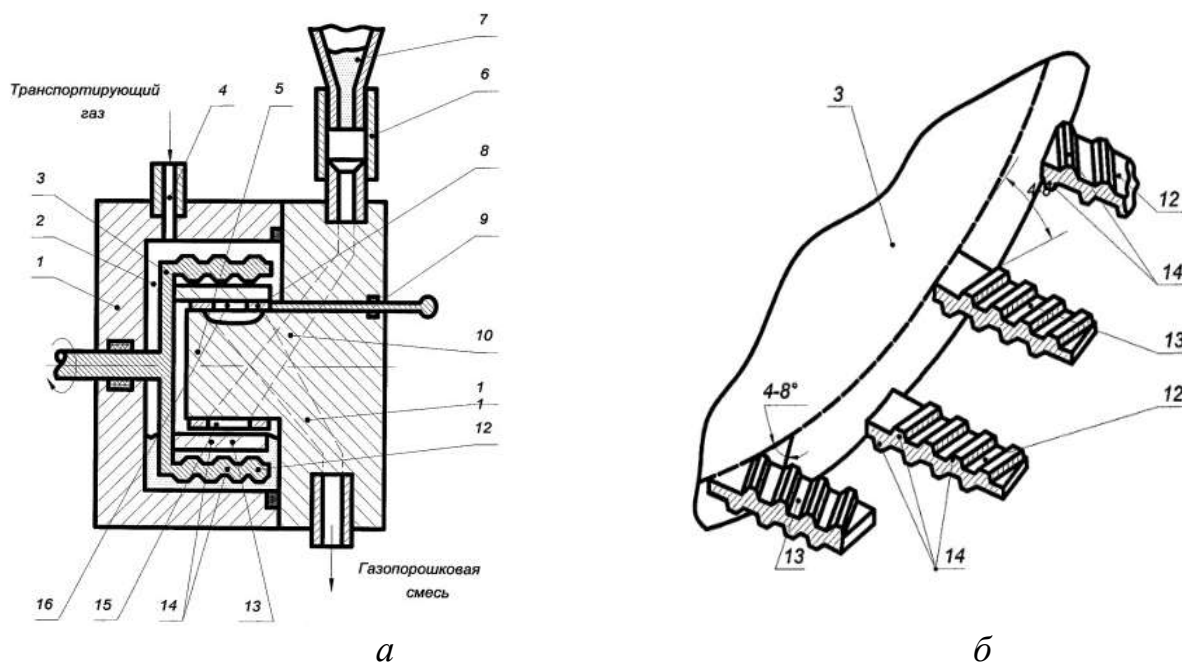


Рисунок 1 – Дозатор порошковых материалов и фрагмент боковой поверхности дозирующего элемента

1 – корпус; 2 – полость для вращения дозирующего элемента; 3 – дозирующий элемент; 4 – канал для подвода в полость корпуса сжатого газа; 5 – выступ в полости дозирующего элемента; 6 – канал; 7 – накопитель; 8 – кольцо; 9 – ось; 10 – впускной канал; 11 – выпускной канал; 12 и 13 – зубья дозирующего элемента; 14 – ребра расположенными под углом 4-8° к плоскости дна дозирующего элемента. 15 и 16 – отверстия

В боковой поверхности расположенного на выступе 5 кольца 8 напротив выходного отверстия впускного канала 10 выполнено отверстие 15, а напротив входного отверстия выпускного канала 11 - отверстие 16.

Дозатор порошковых материалов работает следующим образом.

Для обеспечения работы дозатора канал 4 подсоединяют к системе подачи сжатого газа. Дозирующий элемент 3 соединяют с приводом его вращения. Наиболее предпочтительно, чтобы данный привод был выполнен регулируемым по частоте вращения.

Поворотом за ось 9 устанавливают кольцо 8 на выступе 5 в положение, при котором обеспечивается заданное проходное сечение отверстий впускного 10 и выпускного 11 каналов.

Дозируемая порошковая смесь из накопителя 7 по каналу 10 через отверстие 15 кольца 8 сыпается в нижнюю часть полости 2 корпуса 1 и заполняет пространство между зубьями 12 и 13 дозирующего элемента 3. При вращении дозирующего элемента порошковый материал заполняет свободное пространство между зубьями, которые перемешают его наверх и сыпают через отверстие 16 кольца 8 в выпускной канал 11. Порошок подхватывается сжатым воздухом, поступающим в корпусе питателя через канал 4, и по трубопроводу порошковая смесь подается в распылитель.

Расход порошка регулируют изменением скорости вращения дозирующего элемента 3 и поворотом кольца 8 относительно выступа 5. При дозировании расслаивающихся механических смесей зубья дозирующего элемента 12 и 13, снабженные ребрами 14, не только перемещают смесь наверх и сыпают ее в выпускной канал 11, но и интенсивно перемешивают, восстанавливая ее до исходной однородности.

Нами планируется сконструировать дополнительное устройство для соединения дозатора с самыми распространенными видами картофелесажалок, с возможностью демонтажа и использовании нового оборудования на мотоблочных картофелесажалках.

Библиографический список

1. Левченко, Е.Н. Глауконит России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы / Е. Н. Левченко, Л. П. Тигунов. – М.: ВИМС, – 2017. – 62 с.
2. Сабиев, У.К. Повышение эффективности дозирования сыпучих кормов вибрационным дозатором / У.К. Сабиев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 10. – 2011. – С.25-26.
3. Федоренко, И.Я. Особенности проявления эффективного снижения трения в лотковых вибрационных дозаторах / И.Я. Федоренко, У.К. Сабиев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 6. – 2011. – С. 82-85.
4. Цыганкова Л.Е. Глауконит Бондарского месторождения Тамбовской области — перспективный полифункциональный сорбент / Л.Е. Цыганкова, А.С. Протасов, В.И. Вигдорович, А.И. Акулов // Вестник ТГУ. Серия: Естественные и технические науки. – Т. 17. – № 2. – 2012. – С. 735-741.
5. Патент 2445583 СССР. Дозатор порошковых материалов / Ю.П. Астахов Н.В., В.Г. Бещеков.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАДЗОРА ЗА ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ САМОХОДНЫХ МАШИН И ДРУГИХ ВИДОВ ТЕХНИКИ

Стадник Александр Владимирович, ассистент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Дрямов Сергей Юрьевич, начальник НИЦ «Гостехнадзор», ФГБНУ «Росинформагротех»

***Аннотация:** В данной статье проведен анализ эффективности государственного надзора за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники. Кроме того проведен сравнительный анализ нормативной базы, касательно допуска самоходной техники на рынок и в эксплуатацию.*

***Ключевые слова:** технический регламент, Гостехнадзор, самоходные машины, тракторы, надзор, безопасная эксплуатация, технический осмотр.*

27 декабря 2002 года принят Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании», который положил начало обязательному соответствию машины стандартам, сертификатам и другой нормативной документации [1].

В законе указано, что любая продукция, для допуска ее на рынок, должна пройти декларирование соответствия, т.е. подтвердить соответствие продукции требованиям технических регламентов Таможенного союза.

Технические регламенты Таможенного союза, действующие в настоящее время, приняты в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, а также предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

В настоящее время на территории Таможенного союза стран-участников Евразийского экономического союза, в который на данный момент входят Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика и Российская Федерация действует 43 технических регламента и 4 регламента находятся на стадии согласования.

Из этих 47 регламентов к транспортным средствам можно отнести 3 регламента:

- ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»;
- ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств»;
- ТР ТС 031/2012 «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним».

В Приложении 5 технического регламента Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и

прицепов к ним» (далее – ТР ТС 031/2012) приведены требования безопасности, предъявляемые к тракторам сельскохозяйственного и лесохозяйственного назначения и к прицепах к ним [2].

Весь этот перечень требований можно разделить на две группы: контролируемые параметры, неизменяющиеся в процессе эксплуатации трактора и параметры, изменяющиеся в процессе эксплуатации.

Таблица 1

Требования безопасности

Параметры, неизменяющиеся в процессе эксплуатации машины	Параметры, изменяющиеся в процессе эксплуатации машины
1. Технически допустимая масса	1. Защитные свойства кабины
2. Балластные грузы	2. Требования к выбросам вредных веществ
3. Топливные баки	
4. Скорость	
5. Грузовая платформа	
6. Зеркала заднего вида	
7. Буксирные устройства	
8. Размеры тракторов	
9. Расположение и крепление табличек изготовителя	
10. Тормозная система	
11. Место установки заднего государственного регистрационного знака	
12. Требования к конструкции тракторов	

Стоит отметить, что во всем перечне Требований нет упоминания о таких важных составляющих безопасности как вибрация и шум.

В ТР ТС 031/2012 в пункте 13.3 Приложения 5 указано, что гидроприводы тракторов и тракторных прицепов должны соответствовать требованиям ГОСТ 31177-2003.

В указанном ГОСТе (п. 5.2.1.) помимо всего прочего упомянуто, что во избежание опасных ситуаций при проектировании гидросистемы необходимо принимать во внимание такой фактор, как вибрация, которая в конечном итоге может отрицательно сказаться на всей самоходной машине в целом.

Следовательно, во всем техническом регламенте упоминание о вибрации в самоходной машине присутствует лишь при рассмотрении гидросистемы, а про шум и вовсе отсутствует.

А между тем, длительное воздействие вибрации или повышенного шума на организм человека приводит к серьезным последствиям. Это различного рода профессиональные патологии, которые возникают в результате длительного влияния на организм человека вибрации или шума, превышающие предельно допустимый уровень.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 13.12.1993 № 1291 «О государственном надзоре за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники в Российской Федерации» надзор за техническим состоянием тракторов, самоходных дорожно-строительных и иных машин и прицепов к ним в процессе использования по нормативам, обеспечивающим безопасность для жизни, здоровья людей и имущества, охрану окружающей среды, т.е. проверку соответствия требованиям технических регламентов осуществляют органы Ростехнадзора, проводя ежегодный (кроме самоходной техники, число посадочных мест которых больше 8) технический осмотр самоходной техники и прицепов к ней, а также в рамках профилактических операций («Трактор», «Комбайн», «Снегоход», «Прицеп» и т.д.) [3].

Государственный надзор за соответствием технического состояния тракторов, самоходных дорожно-строительных и иных машин и прицепов к ним осуществляется в рамках периодического технического осмотра в порядке, установленном Правительством Российской Федерации постановлением от 13.11.2013 № 1013 «О техническом осмотре самоходных машин и других видов техники, зарегистрированных органами, осуществляющими государственный надзор за их техническим состоянием» [4].

По результатам технического осмотра машины государственным инженером-инспектором Ростехнадзора оформляется один из следующих документов о прохождении технического осмотра:

- а) свидетельство о прохождении технического осмотра (в случае соответствия машины требованиям безопасности);
- б) акт технического осмотра (в случае выявления несоответствия машины какому-либо из требований безопасности).

Проведенный технический осмотр органами Ростехнадзора в 2018 году показал, что из представленных для проверки соответствия требованиям 1113,8 тыс. самоходных машин и 235,6 тыс. прицепов составлено актов технического осмотра на 93,8 тыс. самоходной техники и 24,1 тыс. прицепов. Это означает, что порядка 117 тыс. единиц самоходной техники и прицепов к ней, как минимум с первого раза не прошли технический осмотр[5].

Характер отказа в прохождении технического осмотра различен. Однако можно выделить несколько основных причин:

- внешний вид осматриваемой техники;
- несоответствие показателей нормативным значениям;
- подтекание технических жидкостей из различных систем представленной техники.

Количество самоходных машин, прошедших технический осмотр от количества представленных на техосмотр может служить параметром определяющим качество подготовки к проведению ТО и принципиальность проведения этой работы инспекторами Ростехнадзора, а отношение числа

машин прошедших технический осмотр к числу зарегистрированных машин характеризует показатель технической готовности предприятий.



Рисунок 1 – Доля самоходных машин прошедших технический осмотр к общему количеству представленных на технический осмотр

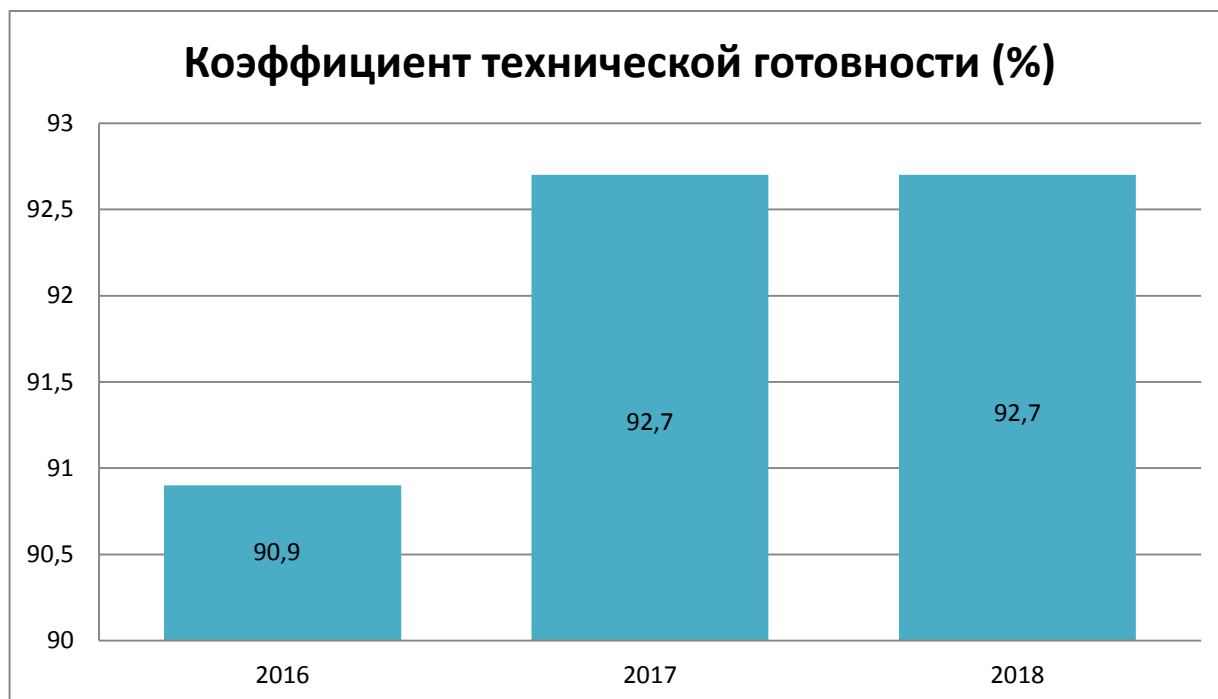


Рисунок 2 – Коэффициент технической готовности самоходной техники и прицепов к ней

Стоит отметить, что в Приложении к Правилам проведения технического осмотра самоходных машин и других видов техники, зарегистрированных органами, осуществляющими государственный надзор за их техническим состоянием, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 13.11.2013 № 1013 указаны требования (включая параметры), предъявляемые при проведении технического осмотра к машинам отдельных видов, в которых аналогично ТР ТС 031/2012 отсутствует перечень надзорных мероприятий в отношении вибрации и шума. Помимо этого также не контролируется уплотнение кабины самоходной машины, работающей с ядохимикатами.

Таким образом, проведенный анализ показал, что в настоящее время нормативными актами, позволяющими ставить самоходную технику на государственный учет и в дальнейшем допускать ее в эксплуатацию не контролируются такие важные аспекты безопасности как вибрация, уплотнение кабины, шум, которые могут привести к серьезным последствиям, причиняющим вред, как человеку, так и технике.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 04.12.2019).

2. ТР ТС 031/2012 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 04.12.2019).

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.12.1993 № 1291 «О государственном надзоре за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 04.12.2019).

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 13.11.2013 № 1013 «О техническом осмотре самоходных машин и других видов техники, зарегистрированных органами, осуществляющими государственный надзор за их техническим состоянием» (вместе с «Правилами проведения технического осмотра самоходных машин и других видов техники, зарегистрированных органами, осуществляющими государственный надзор за их техническим состоянием») [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 04.12.2019).

5. Научный доклад «Анализ деятельности инспекций гостехнадзора субъектов Российской Федерации за 2018 год» ФГБНУ Росинформротех, 2019. – 134 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК В ЗЕРНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ ПРИ УБОРКЕ

Дидманидзе Ремзи Назирович, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Гузалов Артембека Сергеевича, аспирант, ассистент-преподаватель кафедры тракторов и автомобилей, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** в данной статье затронута проблема текущего состояния машино-тракторного парка и направления развития сельхозмашинопроизводителей в России. Рассмотрены используемые зерноуборочные комбайны, находящиеся в серийном производстве, а также акцентируется внимание на модернизированный зерноуборочный комбайн, испытанный при технологическом процессе на уборке зерновых культур.*

***Ключевые слова:** уборочное средства, производственный процесс, качество продукции, транспортные средства, производительность уборочно-транспортного комплекса.*

Новая сельскохозяйственная техника стоит немалых денег. Многие хозяйства для производства сельхозкультур используют технику, которой 10 и более лет. Это требует вложение дополнительных средств для поддержания техники в работоспособном состоянии. Однако наука и заводы, выпускающие сельскохозяйственную технику прилагают максимум усилий, для выпуска не только инновационной техники, способной выполнять технологический процесс, но и прикладывают усилия, чтобы выпускаемая техника имела большой коэффициент надежности при правильной ее эксплуатации. Следует отметить, что непрерывное увеличение производительности комбайнов и автотранспортных средств требует развития инновационно-технической базы для выполнения технологических процессов. В настоящее время, на рынке с/х техники представлена большая линейка многообразной техники для возделывания и уборки различных культур, в том числе зерновых как отечественного, так и импортного производства [1].

При уборке зерновых культур необходимо определиться с правильным выбором зерноуборочного комбайна. От его бесперебойной работы зависит результат всех усилий сельхозпроизводителей. Производство зерна традиционно является основной и значимой отраслью сельского хозяйства. Важнейшим звеном в технологической цепочке производства зерна и наиболее напряженной операцией является уборка. От ее длительности напрямую зависит качество убираемого урожая.

Большое разнообразие зерновых культур, непредсказуемая погода, вносящая свои коррективы в сроки уборки, не оставляют производителю иного

пути, как разработка и создание высокопроизводительных и надежных зерноуборочных комбайнов. На территории РФ в большей степени используются зерноуборочные самоходные комбайны, находящихся в серийном производстве:

- "ACROS 580" и РСМ-152 "ACROS-590 Plus", производства ООО "Комбайновый завод "Ростсельмаш"; - W650, производства ООО "Джон Дир Русь"; - "DEUTZ FAHR 6095HTS", производства фирмы "DEUTZ FAHR", Хорватия; - "TUCANO 450", производства ООО "Клаас", г. Краснодар; - КЗС-812-19 и КЗС-10К-26, производства ЗАО СП "Брянксельмаш".

Однако отечественные производители продолжают разрабатывать, совершенствовать, проводить испытания доводить до логического конца, а именно до товаросельхозпроизводителя технику, которая отвечала бы требованиям цена-качество и решала проблемы повышения эффективности работы сельскохозяйственных предприятий [2].

Одной из таких разработок является зерноуборочный комбайн с электрической трансмиссией рабочих органов. Следует отметить, что из 16-ти используемых в конструкции комбайна электромоторов, 5-ть – регулируемые, которые позволяют изменять обороты рабочих органов с места оператора, подбирая оптимальные режимы работы.

Использование электропривода позволяет оперативно в течении 5 минут произвести перенастройку комбайна на другую культуру без замены комплектующих привода [3].

Комбайн зерноуборочный самоходный с электрической трансмиссией рабочих органов предназначен для одновременного среза, обмолота зерновых колосовых культур, очистки мелкосоломистого вороха и сбора зерна, а также обработки незерновой части урожая (рис. 1). При навешивании подборщика или платформы-подборщик производит подбор валков.



Рисунок 1 – Комбайн зерноуборочный самоходный с электрической трансмиссией рабочих органов

При изменении режимов работы молотильного устройства и регулировок ветрорешетной очистки комбайн может убирать зернобобовые, семенники трав

и масличные культуры, а с применением дополнительных приспособлений – подсолнечник и кукурузу.

В качестве энергоустановки используется дизельный двигатель Д-3041-31 производства ОАО «Алтайский моторный завод», который приводит в движение генератор LSA 44.SL 10 J 6/4 номинальной мощности 120 кВт. Электропривод включает 16 асинхронных электромоторов, 5 из них регулируемые и реверсивные.

Агротехническая оценка самоходного зерноуборочного комбайна проведена на двух фонах прямым комбайнированием яровой пшеницы и ячменя в центрально-нечерноземной зоне при урожайности зерна (по ячменю 36,7 ц/га и пшенице 31,7 ц/га) [4].

Анализируя данные эксплуатационно-технологических показателей следует отметить, что модернизированный комбайн полностью выполняет технологический процесс по уборке культур, суммарные потери зерна за комбайном, представленные в виде свободного зерна и срезанных недомолоченных колосьев, не превышают допустимые техническими условиями 2% и составили 1,2% и 1,4%.

Качество зерна из бункера удовлетворяет агротехническим требованиям: дробление составило 0,8% и 0,3% при допустимом 2,0%, сорная примесь – 0,7% и 1,1%. Таким образом, изменения внесенные в конструкцию комбайна положительно сказались на выполнении технологического процесса уборки зерновых культур в соответствии с агротехническими требованиями.

Библиографический список

1. Скороходов, А.Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А.Н. Скороходов А.Г. Левшин. – М.: БИБКОМ; ТРАНСЛОГ, 2017. – 478 с.: ил. – (Учебники и учеб. Пособия для студентов высш. учеб. заведений.)
2. Дидманидзе, Р.Н. Инновационное развитие инженерно-технической системы в АПК / Р.Н. Дидманидзе, А.С. Гузалов // Сборник студенческих научных работ. Выпуск 23. М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2017. – С. 23-26.
3. Интернет журнал Агровестник. Обзор результатов испытаний комбайнов зерноуборочных. [Электронный ресурс] <https://agrovesti.net/lib/tech/machinery-and-equipment/obzor-rezultatov-ispytaniy-kombajnov-zernouborochnykh-v-severo-zapadnoj-zone-v-2012-2016-gg.html>
4. Интернет журнал Сельскохозяйственные машины и технологии. Оценка эффективности зерноуборочных комбайнов различных классов в условиях Северного Казахстана. [Электронный ресурс] <https://www.vimsmit.com/jour/article/view/246>

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БЕСПИЛОТНОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Майстренко Николай Александрович, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Воротникова Олеся Сергеевна, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Скорыходов Анатолий Николаевич, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье приводится концептуальная модель энергетического блока для реализации технологических процессов. Выделены задачи, предъявляемые роботизированным средствам для выполнения сельскохозяйственных механизированных работ. Приводится анализ данных технических средств для агропромышленного комплекса. В материалах статьи отражена прогнозируемая структура применения роботов при реализации различных технологических процессов.

Ключевые слова: энергоблок, роботы в сельском хозяйстве, автоматизированный агрегат, технологические процессы, моделирование.

В настоящее время находят практическое применение беспилотные тракторы и сельскохозяйственные агрегаты с интеллектуальными системами управления движением, технического зрения, способные распознавать образы, отличать культурное растение от сорняков и качественно выполнять технологическую операцию. Применение сельскохозяйственных роботов направлено на повышение экологической безопасности продукции, минимизацию вредного воздействия химикатов на человека и увеличение урожайности продукции [1]. Эксплуатация такого рода технических средств положительно скажется при выполнении производственных процессов, с целью удовлетворения критериям ресурсосбережения, и как следствие способствует снижению потерь конечного продукта.

Развитие современных электронных, компьютерных технологий и геоинформационных систем, позволяет реализовывать инженерные, научно-обоснованные прототипы беспилотных автоматизированных средств, с последующей интеграцией в технологии механизированных работ.

Прогнозная структура применения сельскохозяйственных роботов представлена на рисунке 1 [2].

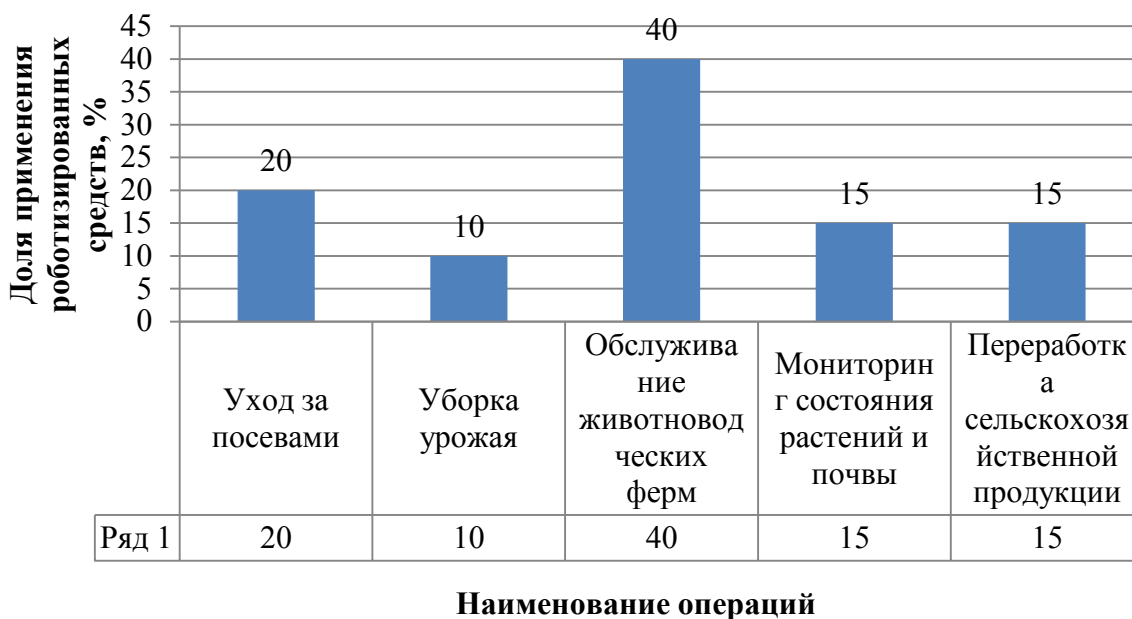


Рисунок 1 – Прогнозная структура применения сельскохозяйственных роботов

Анализом данного рисунка установлено, что представленный перечень операций, на которых планируется применение роботов, не в полной мере отражает цикл производства продукции растениеводства.

Технологические карты возделывания сельскохозяйственной продукции отражают более 20 операций механизированных работ на выращивание одной культуры [3-5].

На наш взгляд, наибольший эффект от применения беспилотных тракторов можно получить на основной и предпосевной обработке почвы, нежели на уборке, так как уборка сельскохозяйственных культур требует более жесткие производственные условия, лимитирующие время чистой работы агрегата на поле, например, невозможность эксплуатировать ночью, из-за повышенной влажности убираемой культуры и т.д.

Принципиальная разница конструкции беспилотных тракторов от классических (управляемые) заключается лишь в отсутствии у первых места оператора, то есть наличия кабины с органами управления.

В отличие от беспилотных тракторов, предлагаемый мобильный энергетический блок состоит из рамы, дизель-генераторной установки, двух бортовых двигателей с возможностью автоматической работы и дистанционного управления, механизма навески, системных контроллеров, в соответствии с рисунком 2.

Данное энергетическое средство должно, быть согласованно, и легко агрегатироваться, совмещаться, с набором технологических адаптеров (модулей), позволяющих выполнять большую часть спектра операции, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур, из перечня технологических карт.

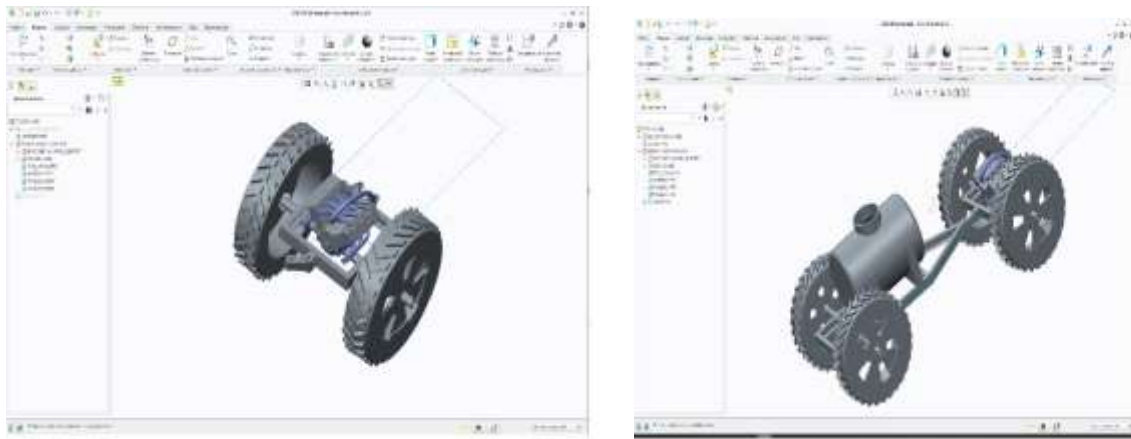


Рисунок 2 – Модель энергетического блока

а) энергетический блок; б) агрегатирование энергетического блока с технологическим адаптером

Вывод. Данный подход к моделированию, в частности принципиальная схема перспективных беспилотных мобильных энергетических блоков позволит решить ряд негативных аспектов, а именно: снизить металлоёмкость; улучшение кинематические характеристики агрегата, как следствие повышение эксплуатационной производительности; снижение эксплуатационных затрат; повышения качества выполнения производственных процессов.

Библиографический список

1. Измайлов, А.Ю. Точное земледелие: проблемы и пути решения / А.Ю. Измайлов, Г.И. Личман, Н.М. Марченко // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – № 5. – 2010. – С. 9-14.
2. Смирнов, И.Г. Робототехнические системы в растениеводстве / И.Г. Смирнов, А.А. Артюшин, Д.О. Хорт, Р.А. Филиппов, А.И. Кутырёв // *Научный журнал КубГАУ*. – № 5. – 2018. – С. 15-17.
3. Хорт, Д.О. Многофункциональное робототехническое средство с системой технического зрения / Д.О. Хорт, Р.А. Филиппов, А.И. Кутырёв // *Инновации в сельском хозяйстве*. – 2015. – № 4(14). – С. 115-121.
4. Измайлов, А.Ю. Роботы для современных машинных технологий в растениеводстве/ А.Ю. Измайлов, И.Г. Смирнов, Я.П. Лобачевский, Д.О. Хорт, Р.А. Филиппов // *Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: Сб. Докл. науч. техн. конф. Ч.2* – М.: ВИМ, 2015. – С. 129-132.
5. Левшин, А.Г. Технологии механизированных работ в растениеводстве: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / А.Г. Левшин, А.Н. Скороходов, С.Н. Киселёв и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 336 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК

Скороходов Анатолий Николаевич, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Майстренко Николай Александрович, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Воротникова Олеся Сергеевна, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Предложен многоуровневый системный подход и разработана взаимосвязанная структурно-функциональная модель выполнения производственных процессов технологическими комплексами. Разработана система методов, которая для конкретных условий выполнения производственных процессов по экономическим, энергетическим и техническим критериям оценки вероятных состояний элементов системы.*

***Ключевые слова:** моделирование, критерии оптимизации, производственные процессы, технологические комплексы.*

Важнейшими резервами увеличения производства растениеводческой продукции является улучшение использования производственно-технического потенциала и повышение эффективности материальных, трудовых, энергетических и финансовых ресурсов, вкладываемых в агропромышленный комплекс. Основной частью этой проблемы является разработка высоких технологий и повышение эффективности использования технических средств, обеспечивающих качественное выполнение производственных процессов в растениеводстве.

Комплексное решение проблемы повышения эффективности возможно при системном подходе решению таких задач как: моделирования производственных процессов, снижения потерь урожая и обеспечения его качества; полного использования потенциальных возможностей технических средств с учетом условий их функционирования; обоснования методов эффективного использования технологических комплексов, обеспечивающих выполнение процессов; создания научно-обоснованных резервов производительности технических средств, времени и других ресурсов с целью создания условий оптимального функционирования системы. Эти актуальные задачи необходимо решить поэтапно, обеспечивая экономию ресурсов всех видов. Обоснование методов повышения эффективности возможно на основе

современных принципов моделирования и оптимизации производственных процессов с учетом состояния взаимодействующих подсистем.

Производственный процесс представлен в виде сложной многоуровневой системы с поэтапной оптимизацией взаимодействующих подсистем, по следующему принципу.

На 1 уровне с учётом природно-производственных факторов, влияющих на технологические процессы, а также определяющих величину урожая и надежность их функционирования, устанавливаются оптимальные сроки начала и суточный темп выполнения полевых работ по минимально допустимым потерям продукции или энергии: $Q = f\{U, K_u, F, F_c, t_m, P, W_c\} \rightarrow \min$ и суточный темп проведения работ: $W_c = f\{[Q], T_{cm}, \alpha_{cm}, W_u\}$.

На 2 уровне реализуется группа оптимизационных задач, обеспечивающих поэтапное решение проблемы выбора энергетических средств и обоснования параметров и режимов работы агрегатов для выполнения основных и вспомогательных операций технологического процесса.

Сделана вероятностная оценка состояний агрегатов, определены частные показатели использования.

$$P_1 = \left[1 + \sum \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_{ji}} \right]^{-1}, t = f(t_{or} P_1)$$

На первом этапе 2 уровня по минимуму приведенных затрат, с учетом вероятностной оценки состояний агрегатов и условий их эксплуатации, определяются параметры агрегатов для основных работ:

$$C_{np} = f\{L, K_v, N, G_r, [v_i], C_i\}, C_{np_i} = \frac{C_{np}}{PP_1} \rightarrow \min.$$

На втором этапе 2 уровня по минимуму энергозатрат на единицу выполненной работы определяются режимы функционирования агрегатов:

$$E_n = N_e \alpha_N [B_p V_p]^{-1} \rightarrow \min.$$

На третьем этапе 2 уровня по одному из наиболее важных критериев для условий типичного хозяйства ($C_{np} \rightarrow \min$) оптимизируются: состав машинно-тракторного парка; структура и объемы работ по типам энергетических средств ($W_{ij} = opt$), их годовая загрузка; нормативы потребности и другие показатели использования.

Определяется состав МТП, структура и объемы работ по типам энергетических средств $C_{np} \rightarrow \min$, $\Omega_{ij} = opt$.

На четвертом этапе 2 уровня по минимуму суммарных затрат денежных средств $C_s = \sum C_{np_i} \Omega_i \rightarrow \min$ определяют параметры тракторов для региона, хозяйства: $C_s = \sum C_{np} \rightarrow \min$; $\Omega_{ij} \rightarrow opt$.

На пятом этапе 2 уровня по критерию минимума суммарных приведенных затрат на единицу выполненной работы оптимизируются параметры агрегатов для технологических комплексов: $C_{np_s} = \sum \frac{C_i}{W_{cm_1}} \rightarrow \min$

На 3 уровне реализуется группа оптимизационных задач, обеспечивающих поэтапное решение проблемы обоснования структуры и состава основного и обслуживающих звеньев технологического комплекса и организацию работы взаимодействующих подсистем.

На первом этапе 3 уровня с учетом вероятностной оценки взаимодействия агрегатов и звеньев, выполняющих основную и вспомогательную операции, а также с учетом потребности в технике, обеспечивающей суточный темп выполнения работ с допустимыми потерями урожая, определяется структура и состав основных и вспомогательных звеньев

технологических комплексов: $m_1 = \frac{W_c}{P_c} = NP_1; N = m_1 + m_2 + \dots + m_{s0};$

$$N = m_{1T} + m_{2T} + \dots + m_{st}.$$

На втором этапе 3 уровня проводится сравнительная оценка способов организации работы технологических комплексов и по максимальной производительности выбирается лучший способ для данных условий;

$$W_{cm} = f(F_n, m_1, K_p) \rightarrow \max.$$

На третьем этапе 3 уровня по критерию, обеспечивающему минимальные простои смежных звеньев и всего технологического комплекса, определяется ёмкость технологических компенсаторов:

$$K_{np}(v)0 = K_{np_1} + K_{np_2} d \rightarrow \min.$$

На четвертом этапе 3 уровня по критериям, обеспечивающим максимальную эффективность использования звеньев комплекса: $R_{эн} = K_{ор} P(t) \rightarrow \max$, или минимум затрат на профилактике и восстановление: $C_u = C_{ny} = C_{ey} \rightarrow \min$, оптимизируются характеристики и параметры системы ТОР.

На 4 уровне оценивается влияние факторов эксплуатации на изменение технических характеристик взаимодействующих подсистем.

На первом этапе 4 уровня оценивается надежность агрегатов, звеньев и всего технологического комплекса, обосновываются требования к их вероятности безотказной работы по критерию минимума суммарных затрат: $\sum C_i(x_i, P_i) \rightarrow \min$, при условии, что надежность элементов будет выше требуемой надежности системы $PP_i \geq P_i; 0 < \dots < \dots$.

На втором этапе 4 уровня проводится сравнительная оценка и выбор стратегий технического обслуживания по критерию максимума технической эффективности: $R_{TЭ} = [K_{оги}]^{-1} K_{огн}^{-1} \rightarrow \max.$

Если при этом требуемая готовность комплекса не обеспечивается, то применяют резервирование. Стратегию резервирования выбирают по критерию обеспечения требуемой надежности с минимальными затратами средств:

$$\min \left\{ \frac{C(x)}{In(x)} \right\} \geq InP_{mp}.$$

На третьем этапе 4 уровня по критерию максимальной эффективности функционального использования комплекса: $R_{эфu} = K_u K_r P(t_{pц}) \rightarrow \max$ выбирают схему организации ремонтно-технических воздействий.

На четвертом этапе 4 уровня определяют резерв производительности комплекса по допустимой вероятности того, что время работы комплекса не превысит агротехнически допустимое значение: $\Delta W = f \left[P \{ T_p \leq t \} \right]$.

На 5 уровне проводится обобщенная оптимизация методов агротехнологического, технического и организационного обеспечения производственных процессов и технических систем по критерию минимума интегральных затрат на единицу выполненной работы или произведенной продукции: $C_u = C_{mn} + C_{ож} + C_p + C_{np} \geq \min$.

Под интегральными затратами подразумевают затраты на простои постов обслуживания, взаимные ожидания технических средств, резервирование и приведенные затраты при условиях:

1. Обеспечение пропускной способности подсистем.

$$\lambda_{12}m_1 \leq \lambda_{21}m_2; (\lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15})m_1 \leq \lambda_{31}m_3 + \lambda_{341} + \lambda_{41} + \lambda_{51})$$

Обеспечение суточного темпа проведения работ с заданной В. Б. Р.

$$\lambda_{12}m_{11} + m_1 \leq \lambda_{21}m_2; (\lambda_{13} + \lambda_{14} + \lambda_{15})(m_1 + m_r) \leq \lambda_{31}m_3 + \lambda_{341} + \lambda_{41} + \lambda_{51})$$

Сочетание параметров оптимизации взаимодействующих подсистем $(m_r, m_1, m_2, m_3) = opt$. В результате моделирования получены расчётные численные значения оптимальной мощности для реализации различных технологических процессов, в соответствии с таблицей 1.

Основное преимущество такого подхода к моделированию производственных процессов и технических систем их реализации: системность, которая проявляется в том, что эффективность проведения того или иного технологического, технического или организационного мероприятия оценивается по конечному результату, т.е. по потерям, связанным с ущербом от недобора урожая и с затратами на выполнение технологического процесса [1-3].

К преимуществу такого подхода относится также и то, что в предложенной модели учитывается связь между стратегиями и эффективностью планируемых мероприятий, обеспечивающих нахождение экстремума энергетического, экономического или технического показателей и минимизации потерь.

Примеры результатов моделирования

Технологические операции	Класс длины гона, м					
	Менее 150	200	300	400	600	1000
Основная и предпосевная подготовка почвы						
Вспашка на глубину 0,22 м: K=48-53 кН/м ²	60	80	122	132	160	198
K=54-59 кН/м ²	75	90	124	144	167	223
K=60-65 кН/м ²	84	98	129	158	178	240
Лущение, дискование	66	73	80	88	92	108
Посев и междурядная обработка почвы						
Посев зерновых и трав	65	73	81	84	88	112
Посев пропашных культур	66	73	79	82	86	104
Сплошная культивация + посев пропашных культур	74	88	90	94	110	155
Междурядная обработка	82	86	94	96	102	107
Заготовка и транспортировка кормов						
Скашивание с плущением	24	25	26	28	34	38
Ворошение, сгребание	13	13	14	15	17	20
Подбор валков с измельчением	101	103	105	112	127	137
Транспортировка на:						
1-3 км	56	62	67	73	81	92
3-5 км	75	82	90	97	108	122
5-7 км	97	108	119	127	137	161

Таким образом, отдельные стороны проблемы рассматриваются не изолированно, когда каждая из заинтересованных сторон занимается оптимизацией процесса в отрыве от других явлений, а в рамках единой модели, которая систематизированным подходом охватывает все важнейшие аспекты проектирования и управления механизированными технологическими процессами в растениеводстве.

Библиографический список

1. Скороходов, А.Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка Учебник для вузов / А.Н. Скороходов, А.Г. Левшин. – М.:БИБКОМ; ТРАНСЛОГ, 2017. – 478 с.
2. Зангиев, А.А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка: Учебное пособие-2е издание / А.А. Зангиев, А.Н. Скороходов, – СПб.: Изд. «ЛАНЬ» 2016, – 464 с,
3. Скороходов, А.Н. Методы повышения надежности и эффективности агрегатов и технологических комплексов / А.Н. Скороходов, Р.Н. Дидманидзе, часть 3.-М.ООО «УМЦ Триада» – 2015. – 126 с.

АКТУАЛЬНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ КОМПРЕССИОННО-ВАКУУМНОГО МЕТОДА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Чечет Виктор Анатольевич, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Демьяненко Семён Николаевич, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В данной статье рассматривается актуальность диагностики технического состояния ЦПГ с помощью компрессионно-вакуумного метода и дальнейшая его модернизация, направленная на повышение достоверности.

Ключевые слова: компрессионно-вакуумный метод (КВМ), цилиндропоршневая группа (ЦПГ), диагностирование ЦПГ.

Известно, что износ сопряжений двигателя, в частности ЦПГ, зависит от многих факторов. Эти факторы могут оказать решающее влияние на скорость изнашивания, и точный их учет практически невозможен. Так, по данным ГОСНИТИ, при обследовании двигателей Д-240, поступивших в ремонт после рядовой эксплуатации в течение одного сезона, скорости изнашивания гильз цилиндров различаются между собой в 20 раз [1]. Поэтому знание одних только значений наработки не всегда достаточно для объективного суждения о величине износа деталей ЦПГ. Распределение встречающихся неисправностей между системами и механизмами дизельного двигателя распределяется в следующем порядке:

- Система питания – 45%
- Цилиндропоршневая группа – 20%
- Газораспределительный механизм – 15%
- Система охлаждения и смазки – 10%
- Кривошипно-шатунный механизм – 5%
- Система зажигания и электрооборудования – 5%

Как мы видим, на ЦПГ приходится 20% неисправностей. К тому же, определяя техническое состояние ЦПГ, мы в общем случае фиксируем пневмоплотность камер сгорания, куда входят элементы составной части газораспределительного механизма (ГРМ), а именно такие как плотность соединения «клапан-седло» и нарушения соединения «прокладка-головка блока».

Нас интересует в первую очередь диагностика неисправностей третьей группы сложности, которые определяют ресурс двигателя и его составных

частей. По данным патента номер № 2247856, в среднем причины отправки ДВС на капитальный ремонт составляют:

- гильзы цилиндров – 70...75%
- коленчатый вал – 25...30%
- блок цилиндров – не более 1%

Следовательно, основным ресурсопределяющим элементом является гильза цилиндра.

При этом известные методы диагностирования не позволяют нам достоверно определять первопричины неисправностей, а дают, как правило, общее представление об исследуемой составной части. Такие методы относят к классу интегральных.

Интегральные методы диагностирования позволяют нам определить направление поиска неисправностей и выявить неисправные составные части, которые далее либо подлежат частичной или полной разборки для постановки достоверного диагноза, либо требуют использования методов и средств дифференциальной диагностики.

Поэтому нас в гораздо большей степени интересуют дифференциальные методы диагностирования, которые позволяют при выявлении неисправностей определять вид и объём ремонтно-технологического воздействия.

К классу дифференциальных методов относится достаточно известный КВМ, позволяющий определить вид и объём ремонтно-технологического воздействия. Замер производится анализаторами герметичности цилиндров АГЦ-2, АГЦ-3/3. КВМ, например позволяет в ряде случаев при предремонтном диагностировании перевести из капитального ремонта в текущий, а из текущего в мелкий ремонт. А также, наоборот, при ТО-3 определить необходимость текущего или даже капитального ремонта, тем самым в общих случаях снижая ошибки первого и второго рода. Сущность метода заключается в измерении вакуумметрического давления непосредственно в цилиндрах, а также компрессии на режиме стартерного пуска двигателя.

Начиная с 90-х годов была накоплена достаточная статистическая информация по практическому применению метода и прибора, позволяющая достаточно достоверно доказать эффективность этой разработки. Статистической информации более 500 случаев.

Анализ статистических данных нарастающим итогом на сегодняшний день показывает нам необходимость модернизации метода в части учета влияния внутренних и внешних факторов на вакуумметрические показатели.

Таким образом, у компрессионно-вакуумного метода есть определённые методические погрешности, связанные с недостаточным изучением влияния внешних и внутренних факторов, таких как температура окружающей среды, атмосферное давление, пусковые обороты, паразитные объёмы.

Мы будем рассматривать весь спектр диагностической информации. Чтобы повысить точность и достоверность диагностирования мы предлагаем системный подход [2]. В него входят такие элементы, как:

- модернизация компрессионно-вакуумного метода;
- органолептические методы по признакам неисправностей (реализованные в специальной компьютерной программе «экспертная система»);
- некоторые индикаторные методы, позволяющие достаточно оперативно, но не с высокой точностью выявлять направление поиска (одним из примеров таких методов является метод оценки пульсирующих потоков во впускном и выпускном коллекторах, а также в картерном пространстве).

Системный подход позволит существенно повысить точность и достоверность выявления сложных неисправностей ЦПГ, когда мы имеем дело ни с одной неисправностью в конкретном цилиндре, а в двух, трех, а также снизить к минимуму зоны неопределенности при наличии одновременно двух и более неисправностей.

Библиографический список

1. Ополоник, Т.И. Эффективность диагностирования тракторов / Т.И. Ополоник. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 18 с.
2. Егоров, В.В. Системная диагностика в АПК / В.В. Егоров, В.А. Чечет // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». № 6(88). – 2018. – С. 51-55.

УДК 633.34:575.224(470.0)

БЕЛКОВЫЙ КОМПЛЕКС У СОИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

Кобозева Тамара Петровна, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Синеговская Валентина Тимофеевна, главный научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИ сои

Шевченко Виктор Александрович, директор, ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова

Попова Наталья Павловна, старший научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова

Аннотация: Изложены результаты исследований по накоплению белка, формированию его аминокислотного состава в семенах сои северного экотипа в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. Показано, что на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья, в условиях длинного дня, при сумме активных температур 1700-2000 °С, в благоприятные по влагообеспеченности годы посеvy сои способны сформировать урожай семян до 2,6 т/га при содержании белка до 42%, сборе белка до 1,1 т/га, доле незаменимых аминокислот в белке до 64% (в том числе до 7,8-8,1% лизина, 4,7-4,9% триптофана) с преобладанием в белке водо- и солерастворимой фракции (до 85%).

Ключевые слова соя, урожайность, северный экотип, белок, незаменимые аминокислоты, свободные аминокислоты.

По содержанию важнейших питательных веществ в семенах (до 57% белка и до 27% жира) и универсальности их использования (кормовое, пищевое, техническое) соя не имеет себе равных среди зерновых и зернобобовых культур, заслуженно занимая в мире 4 место после пшеницы, кукурузы и риса по валовому сбору зерна и площади возделывания [1, 2].

Благодаря уникальной пластичности вида культура возделывается от 46 параллели в южном полушарии до 57 в северном. Последнее стало возможным в связи с созданием в России сортов северного экотипа (Посыпанов Г.С. и др. 1993), устойчиво вызревающих в высоких широтах на длинном дне при дефиците тепла, что позволило существенно расширить ареал возделывания культуры, в том числе в европейской части России [2].

Задачей исследований было изучение белкового комплекса семян сои (содержание белка, аминокислотный и фракционный его состав) сортов северного экотипа группы спелости 000 (Светлая, Окская, Магева), районированных в Центральном Нечерноземье, и перспективных для возделывания в этом регионе сортообразцов (М-134 и М-52).

В полевых опытах 2002-2018 гг., выполненных в ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, установлено, что соя формирует урожай 1,80-2,55 т/га, при содержании белка в семенах до 39,6-42,2%, содержании жира 19,3-21,6%, сборе белка с урожаем семян 732-1076 кг/га, сборе жира – 353-527 кг/га (табл. 1).

Таблица 1

**Продуктивность и качество семян сои сортов северного экотипа
(в среднем за годы исследований)**

Сорт, сортообразец	Урожайность, т/га	Содержание белка, % АСВ	Содержание жира, % АСВ	Содержание углеводов, % АСВ	Сбор белка с урожаем семян, кг/га	Сбор жира с урожаем семян, кг/га
Светлая	2,27	41,1	19,3	30,7	933	438
Магева	1,80	40,8	19,6	30,3	734	353
Окская	1,80	40,7	19,8	30,4	732	356
М-134	2,55	42,2	19,6	29,6	1076	500
М-52	2,44	39,6	21,6	30,2	966	527
НСР ₀₅	0,02	-	-	-	-	-

Выявлено, что наиболее ценные и наиболее полно усваиваемые организмом животного и человека водо- и солерастворимые фракции белка составляют 85-88% (табл. 2), при этом на водорастворимую фракцию (альбумины) приходится 81-83%, солерастворимую (глобулины) – 4-5% (табл. 2).

Фракционный состав белка семян сои

Сорт, сорто-образец	Азот общий, %	Азот белковый, %	Фракция белка, %				
			водорастворим.	солеерастворим.	сумма легкорастворим.	щелочерастворим.	нерастворим. остаток
Светлая	7,29	7,15	81	4	85	10	5
Магева	7,38	7,19	82	4	86	9	3
Окская	7,43	7,25	81	4	85	10	5
М-134	7,33	7,19	82	4	86	9	3
М-52	6,99	6,61	83	5	88	8	4
НСР ₀₅	-	0,29	2	-	2	1	-

Известно, что белок сои по аминокислотному составу превосходит стандарт ФАО, так как содержит все аминокислоты (в том числе незаменимые) в оптимальном для питания человека и кормления животных соотношении. Исключение составляет метионин, находящийся в дефиците [3]. Нами установлено, что по аминокислотному составу соя северного экотипа, выращенная в условиях высоких широт не уступает сортам иного происхождения, при этом сумма незаменимых аминокислот достигает 63,11-64,00%, а отношение незаменимых аминокислот к заменимым находится в диапазоне 1,25-1,27, что свидетельствует о высокой пищевой и кормовой ценности белка, полученного с урожаем семян сои сортов северного экотипа в почвенно-климатических условиях Центрального Нечерноземья России.

Анализ на содержание антипитательных веществ в семенах сои, а именно, содержание протеолитических ферментов – ингибиторов трипсина и химотрипсина, показал, что оно варьировало в разные годы у разных сортов от 15,5 до 16,5 мг/г и не превышало этот показатель у сортов южного происхождения (25,0-26,0 мг/г) [1].

Проведенные многолетние исследования подтверждают высокую питательную ценность белкового комплекса семян сои сортов северного экотипа и перспективность использования культуры, выращенной в данной климатической зоне на кормовые и пищевые цели.

Выводы:

1. Сорта сои северного экотипа, выращенные в условиях Нечерноземной зоны России характеризуются высоким содержанием белка в семенах (39,6-42,2 %) и его сбором с урожаем семян (732-1076 кг/га).

2. Доля незаменимых аминокислот в белке составляет 63,1-64,0% от общего его количества при соотношении «незаменимые/заменимые» 1,25-1,27.

3. В составе белка преобладает водорастворимая фракция, на долю которой приходится 81-83%.

4. Содержание в семенах протеолитических ферментов (трипсина и хемотрипсина) не превышает 15,5-15,6 мг/кг, что в 1,5-1,6 раза меньше, чем у сортов южного происхождения.

5. Биохимический состав семян сои сортов и форм северного экотипа свидетельствует о перспективности ее использования не только на кормовые, но и на пищевые цели.

Библиографический список

1. Питебская, В.С. Соя: химический состав и использование / В.С. Питебская // Майкоп: ОАО «Полиграф Юг», 2012. – 432 с.
2. Делаев, У.А. Возделывание скороспелых сортов сои / У.А. Делаев, Т.П. Кобозева, В.Т. Синеговская // М.: ФГБОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина, 2012. – 216 с.
3. Делаев, У.А. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян раннеспелых сортов и форм сои северного экотипа / У.А. Делаев, Т.П. Кобозева, В.А. Шевченко // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – № 4. – 2018. – С. 182-190.

УДК 635.21:633.49:631.563

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ И СОРНЯКОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕПАРАТОВ ФИРМЫ «АВГУСТ»

Белов Григорий Леонидович, старший научный сотрудник лаборатории защиты растений, ФГБНУ ВНИИКХ

Барков Владимир Анатольевич, специалист фирмы «Август»

Васильева Светлана Викторовна, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты растений, ФГБНУ ВНИИКХ

Зейрук Владимир Николаевич, заведующий лабораторией защиты растений, ФГБНУ ВНИИКХ

Деревягина Марина Константиновна, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты растений, ФГБНУ ВНИИКХ

Аннотация: Использование гербицидов фирмы «Август» в условиях Московской области позволило в среднем за два года снизить количество сорняков на 94,7% по сравнению с контролем. Распространенность ризоктониоза относительно контроля снизилась на 68,3%, альтернариоза в 3,9 раза. Биологическая эффективность против колорадского жука препаратов для предпосадочной обработки составила от 80,5 до 100,0%.

Ключевые слова: картофель, химические препараты, распространенность и степень распространения болезней, урожайность.

Продуктивность растений картофеля, качественная и товарная характеристика урожая клубней и их лежкость в период хранения во многом определяется интенсивностью, распространенностью и степенью развития болезней, количеством вредителей и наличием сорной растительности. Для защиты картофеля от болезней, вредителей и сорняков разработаны системы профилактических и истребительных мероприятий, существенно повышающих выход урожая здоровых клубней до 20-30% и более. Эффективная составляющая этих систем – использование химических пестицидов для обработок семенных

клубней перед посадкой, растений в период вегетации и борьбы с сорной растительностью [1].

Фирма ЗАО «Август» постоянно работает над изобретением новых действующих веществ и перспективных форм препаратов с учетом потребностей с/х производства, в том числе и картофелеводов России [2].

В настоящее время фирма ЗАО «Август» предлагает комплекс мероприятий по борьбе с болезнями, вредителями и сорняками картофеля. Предложение фирмы представляют большой практический интерес для картофелеводческих сельскохозяйственных предприятий, фермерских и личных подсобных хозяйств.

Цель исследований – определить эффективность интегрированной системы защиты картофеля препаратами данной фирмы.

Объекты и методы исследований. Полевые исследования проводили в 2018-2019 гг. по следующей схеме:

1. Обработка клубней картофеля до посадки Синклер + Табу Супер 0,9+1,2 л/т. Расход рабочей жидкости 10 л/т;

2. Опрыскивание почвы до всходов картофеля гербицидом Камелот (3,34 л/га) против однолетних злаковых и двудольных сорняков. Расход рабочей жидкости 300 л/га;

3. Опрыскивание при высоте ботвы картофеля 5 см гербицидами Эскудо + Лазурит Супер + Аллюр, Ж (0,025 + 0,4 + 0,2 л/га) против однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков

4. 1-я фунгицидная обработка в период смыкания растений картофеля в рядках Метаксил + Полифем (2,5 + 0,15 л/га);

5. 2-я фунгицидная обработка через 7-10 дней после первой Ордан МЦ + Полифем (2,5 + 0,15 л/га);

6. 3-я фунгицидная обработка через 7-10 дней после второй Метаксил + Полифем (2,5 + 0,15)л/га;

7. 4-я фунгицидная обработка через 7-10 дней после третьей Тирада + Полифем (3,5 + 0,15 л/га);

8. Десикация ботвы за две недели до уборки Суховой+Аллюр (2,5 + 0,15 л/га).

Исследования проводили в Люберецком районе Московской области на экспериментальной базе Коренево, где в качестве исследуемого сорта картофеля был среднеранний сорт Сантэ. Площадь опытного поля – 1 га. Учеты эффективности применения пестицидов проводили на постоянных учетных делянках площадью 25 м² в четырехкратном повторении.

Почва опытного участка в Коренево дерново-подзолистая супесчаная со следующими агрохимическими характеристиками: рН_{KCl} = 4,9; Нг = 3,6 мг-экв./100г почвы; S = 2,5 мг-экв./100г почвы; V = 41,0 %; высоким содержанием подвижного фосфора – 342 мг/кг почвы и ниже среднего обменного калия 64 мг/кг почвы; а также с низкой гумусированностью – 1,7 % гумуса.

Метеорологические условия в годы исследований были различными. Средняя температура воздуха за вегетационный период составила в 2018 г. 18,7

°С, 2019 г 17,4 °С, при норме 16,5°С. Всего осадков за вегетационный период выпало в 2018 г. 205,9 мм, в 2019 г. 292,3 мм при норме 260,5 мм. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) составила в 2018 г – 2318,03°, в 2019 г. 2126,18°. ГТК составил в 2018 г. 0,89 (засушливая), 2019 г. 1,39 (влажный).

Опыт проводили в соответствии со стандартными методиками [3, 4].

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [5].

Результаты.

Комплексное применение гербицидов фирмы «Август» оказалось эффективным в борьбе с многолетними и однолетними двудольными и однодольными сорняками. Использование этих гербицидов снижало количество двудольных сорняков на 92,5% и однодольных – 92,7%.

В агрометеорологических условиях вегетационных периодов 2018-2019 гг наблюдали незначительное проявление ризоктониоза. Процент пораженных растений в контрольном варианте составил 8,1%. Обработка клубней препаратом Синклер существенно снизили процент пораженных ризоктониозом растений: процент больных растений в варианте составил 3,6%, что ниже контрольного варианта на 4,5% (табл. 1).

Агроклиматические условия вегетационного периода 2018 г. были благоприятными для развития альтернариоза и плохими для развития фитофтороза, а 2019 г. наоборот способствовали развитию фитофтороза и были удовлетворительными для альтернариоза.

Применение фунгицидов практически полностью защитили растения от фитофтороза. К середине августа распространенность болезни в контрольном варианте достигла 100,0%, а в варианте с препаратами была равна 12,9%.

Процент распространения альтернариоза в вариантах с применением препаратов при первом учете составил 0,7%, а степень развития 0,1%, что ниже контроля на 3,9%. По мере развития болезни эффект применения препаратов усиливался. При последнем учете распространение болезни относительно контроля (48,8%) снизилось в 3,9 раза, а степень развития соответственно в 6,9 раза.

Таблица 1

Влияние схем применения препаратов на распространение (Р) и степень развития (R) ризоктониоза, альтернариоза, фитофтороза на растениях картофеля, %

Вариант	Ризоктониоз	Альтернариоз		Фитофтороз	
		Р	R	Р	R
Контроль	8,1	48,8	21,6	100,0	64,9
Фирма «Август»	4,5	12,5	3,1	12,9	2,4
НСР ₀₅	1,1	7,1	4,5	17,5	0,3

Установлено, что обработка семенных клубней препаратом Табу в норме расхода 1,2 л/т обеспечила практически полную защиту растений картофеля от первой генерации колорадского жука. Повреждение листовой поверхности в период массового ухода личинок в почву на окукливание (учет 11 июля) составило 4,7%, что на 13,4% ниже контрольного варианта. Биологическая эффективность обработки клубней Табу в норме 1,2 л/т составила 98,0-100,0%. Поврежденность листовой поверхности достигала 2,3%, что на 15,8% ниже контроля.

Учёты валовой урожайности и выхода товарной фракции (масса клубней размером более 30 мм) в агрометеорологических условиях вегетационных периодов 2018-2019 гг свидетельствуют о том, что применение рекомендованных фирмой ЗАО «Август» к испытанию средств защиты растений от вредных организмов значительно повышают урожайность растений картофеля (табл. 2).

В вариантах с применением препаратов прибавка валовой урожайности составила 6,0-6,4 т/га или 24,2-25,8%.

Количество товарного картофеля в этих вариантах превышало данный показатель в контроле на 22,94-23,5%.

Таблица 2

Влияние применения препаратов на продуктивность растений картофеля

Варианты	Урожайность				Фракционный состав, %			
	всего		в т. ч. товарных клубней		30-60 мм	>60 мм	< 30 мм	
	т/га	% к контр.	т/га	% к контр.				
Контроль	24,8	100,0	24,1	100,0	45,0	52,2	2,8	
Август	С десикацией	30,8	124,2	29,6	122,94	36,1	60,1	3,8
	Без десикации	31,2	125,8	29,8	123,5	37,4	58,1	4,5
НСР ₀₅	3,8	27,1	1,3	12,4				

Клубневой анализ, проведенный через месяц после закладки клубней на хранение, показал, что распространенность болезней клубней была низкой. Вместе с тем можно отметить тенденцию снижения распространенности заболеваний клубней при применении комплекса защитных мероприятий фирмы «Август» по отношению к контролю. Урожай здорового картофеля товарной фракции в контроле составил 21,14 т/га, а в варианте с применением системы защиты фирмы «Август» – 29,68 т/га.

Таким образом, установлена высокая эффективность препаратов фирмы ЗАО «Август» в интегрированной системе защиты картофеля: использование гербицидов позволило снизить количество сорняков на 94,7% по сравнению с контролем, процент пораженных ризоктониозом растений на вариантах с предпосадочной обработкой клубней снизился на 68,3%, распространенность альтернариоза относительно контроля (48,8%) снизилось в 3,9 раза, а степень развития в 6,9 раза, биологическая эффективность препаратов для предпосадочной обработки против колорадского жука составила от 80,5 до 100,0%, прибавка валовой и товарной урожайности составила 22,9-25,8% соответственно по сравнению с контролем.

Библиографический список

1. Деревягина, М.К. Биологическая и химическая защита картофеля от болезней / М.К. Деревягина, С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, Г.Л. Белов // Агрехимический вестник, 2018. – №5. – С. 65-68.
2. Васильева, С.В. Протравители нового поколения в борьбе за высокий урожай картофеля / С.В. Васильева, В.Н. Зейрук, М.К. Деревягина, Г.Л. Белов, А.Э. Шабанов, В.А. Барков // Картофелеводство. Материалы научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития селекции и семеноводства картофеля» 9-10 июля 2018 г., ФГБНУ ВНИИКХ, М., 2018. – С. 246-254.
3. Дыйканова, М.Е. Возделывание раннего картофеля: учебное пособие / М.Е. Дыйканова, И.Н. Гаспарян, А.Г. Левшин. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. – 172 с.
4. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. - М.: ВНИИКХ – 1995. – 106 с.
5. Доспехов, А.Б. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / А.Б. Доспехов. - М.: Колос – 1985. – 416 с.

УДК 631.363

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛЕНКОУКЛАДЧИКА ДЛЯ РАСКЛАДКИ ПЛЕНКИ ПО ГРЕБНЮ ПРИ ГРЕБНЕВОЙ ПОСАДКЕ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Бутузов Антон Евгеньевич, старший преподаватель кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: разработка технологии внедрения пленкоукладчика в условиях московской области при гребневом способе посадки картофеля.

Ключевые слова: защита растений, производство, совершенствование технологии, мульчирующий материал, возделывание картофеля.

Получение ранней продукции картофеля российского производства для Московского региона очень важно, так как спрос на этот ценный продукт остается высоким. Возделывание раннего картофеля в Московской области предполагает посадку как можно в более ранние сроки. Посадка в ранние сроки может привести к повреждению всходов возвращающимися заморозками, так как ботва картофеля чувствительна к низким температурам: при заморозках 1...1,5 °С она чернеет, но с установлением положительных температур снова отрастает. Однако в этих условиях резко снижается урожай из-за замедленного роста растений. Также нежные молодые растения чувствительны к жаре и суховеям. К сожалению, в последние годы наблюдаются резкие изменения температур, сильные ветра, поздние заморозки и т.д. Для снижения негативных

явлений можно применять укрывные материалы в начальный период развития растений. Укрывные материалы используются при выращивании земляники, салата, огурцов, арбузов, рассады капусты и т.д. Укрывание пленкой или нетканым укрывным материалом находит применение и при возделывании раннего картофеля [1, 2]. Под пленкой или укрывным материалом создаются благоприятные условия для роста и развития растений: в весенний период почва, покрытая пленкой или укрывным материалом, прогревается раньше примерно на две недели, и уборку можно осуществить на две недели раньше. Также снижается процент гибели растений из-за возвращающихся заморозков в первый период роста, холодных туманов, града. При укрывании происходит снижение испарения влаги и питательных элементов из почвы, ограничивается рост сорной растительности. В годы массового поражения растений фитофторозом картофельное растение накапливает урожай до появления болезни, тем самым улучшается качество продукции [3]. Укрывной материал или пленка после удаления с поверхности поля может использоваться в качестве вторичного сырья, например, для производства пластмасс. В статье представлены результаты исследований по влиянию применения укрывных материалов в технологии возделывания раннего картофеля на разных сортах. А также проведен анализ существующих конструкций пленкоукладчиков для выявления их положительных и отрицательных качеств и дальнейшего внедрения в технологию возделывания. Технология возделывания стандартная. Исследования проводили в 2016-2017 годах на участке лаборатории овощеводства РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева. Использовали сорта: Удача, Жуковский ранний, Снегирь, Ред Скарлет, Метеор. Сроки посадки – при прогревании почвы до 6...8 °С. При уходе за посевами использовали современные пестициды в борьбе против фитофтороза и колорадского жука. Уборку производили в два срока: 15 и 30 июля. Для повышения продуктивности овощных культур некоторые исследователи используют полиэтиленовые пленки (черная, светопроницаемая, молочно-белая), нетканые материалы разной плотности и т.д. Такие материалы можно использовать также и при выращивании раннего картофеля. Для защиты ранних посадок от поздних весенних заморозков мы использовали нетканый укрывной материал 17 г/м² (лутрасил). Укрывание производили сразу после посадки. При наблюдениях за температурным режимом почвы установлено, что почва под укрывным материалом (лутрасил) 17 г/м² на глубине 15 см в течение первого месяца вегетации картофеля раннего прогрелась в среднем на 2,4 °С выше, чем в контроле. Анализ динамики температуры почвы в утреннее время, показывающий степень ее охлаждения в ночной период, убеждает, что разница между контролем и вариантом с укрывным материалом несколько сокращается по сравнению с дневным периодом, но она всегда остается более высокой, в среднем на 1,5...2 °С. В пасмурную погоду при понижении температуры в открытом грунте замечено понижение температуры почвы и под укрывным материалом, но оно менее ощутимо, чем в варианте без укрытия. Так, в самый холодный период после посадки в 2017 году дневная температура почвы на

глубине 15 см в контроле снижалась до 2...2,5 °С, в то же время под укрывным материалом снижение температуры почвы наблюдалось до 4...5 °С. Растения в дальнейшем развивались быстрее, фазы наступали раньше и клубнеобразование начиналось раньше, что сказалось на урожайности (табл. 1).

Таблица 1

Влияние укрывания нетканым материалом на урожайность картофеля раннего, 2016...17 гг.

Сорта	Вариант	Уборка 15 июля		Уборка 30 июля		Изменения, %
		Средняя масса с 1 куста, г	Урожайность, т/га	Средняя масса клубней с 1 куста, г	Урожайность, т.га	
Удача	контроль	473	22,51	570	27,13	82,9
	укр.мат.	696	33,65	870	40,62	82,8
Жуковский ранний	контроль	677	32,22	694	33,03	97,5
	укр.мат.	891	40,98	910	43,32	94,5
Снегирь	контроль	645	30,70	670	31,90	96,2
	укр.мат.	767	36,5	849	40,41	90,3
Ред Скарлет	контроль	680	32,36	775	36,89	87,8
	укр.мат.	842	40,08	915	43,55	92,0
Метеор	контроль	493	23,46	540	25,70	91,3
	укр.мат.	536	25,51	715	34,03	74,9

Укрывание нетканым материалом позволяет получить продукцию уже 15 июля, из таблицы мы видим, что урожай клубней к середине июля сформировался, так как средняя масса клубней с 1 куста высокая и составляет даже в контрольных вариантах более 400 г. Урожай картофеля сформировался к 15 июля на 75,0...96,2% по всем сортам при сравнении с урожаем, убранным 30 июля. Использование технологического приема – укрывания на всех сортах оказало положительное влияние, так как средняя масса клубней с 1 куста выше на всех сортах. При использовании укрывного материала происходит увеличение урожайности на 8,7...45% в зависимости от сорта при уборке в первый срок (15 июля), при более поздней уборке (30 июля) увеличение урожайности составляет 18...52% в зависимости от сорта. По данным авторов, это связано с тем, что укрывной материал снижает амплитуду колебаний среднесуточных температур в весеннее время, почва быстрее прогревается, и клубни быстрее трогаются в рост, в начальный период развития растений создается оптимальная температура и влажность почвы. Полноценный рост надземной массы осуществляется при образовании корней. Корни у картофеля образуются при температуре не ниже 7 °С, укрывной материал снижает перепады температур, и положительная температура наблюдается даже при снижении температуры воздуха и почвы. В настоящее время существует множество пленкоукладчиков. Имеются пленкоукладчики для укладки мульчирующей пленки на гряде при выращивании ягод (земляники), овощей (огурец, томаты, кабачки, арбуз, лук, капуста и др.), кукурузы, саженцев деревьев, винограда. Пленкоукладчики можно устанавливать на мотоблоки, они могут агрегатироваться с мини-тракторами или

обычными тракторами. Укрытие может осуществляться пленкой различной как по ширине, так и по составу (нейлон, бумага, целлюлоза, а также биоразлагаемый материал). Укладывание пленки может сопровождаться укладкой системы капельного орошения на различную глубину в любую погоду.

Рассмотрим пленкоукладчик для раскладки пленки по гребню при гребневой посадке картофеля (изобретение RU 187437 U1) [4]. Пленкоукладчик для раскладки пленки по гребню при гребневой посадке картофеля, содержащий раму с закрепленной на ней бобиной с пленкой, пленкораскладывающий барабан с прижимным роликом и заделывающие края пленки рабочие органы с выравнивающими щитками, установленными под углом 10-15° к оси симметрии пленкоукладчика, а в нижней части – установленные вовнутрь под углом 30-45° к горизонтали, отличающийся тем, что пленкораскладывающий барабан установлен с возможностью регулирования по высоте, а выравнивающие щитки выполнены в виде пальцев, которые смонтированы с минимальным пятном контакта с пленкой, при этом заделывающие рабочие органы установлены в конечной зоне контакта с пальцами.

Пленкоукладчик адаптирован под гребневую технологию посадки картофеля. Для этого пленкораскладывающий барабан установлен с возможностью регулирования по высоте. Заделывающие рабочие органы установлены в конце выравнивающих пальцев, что предотвращает попадание почвы поверх пленки; выравнивающие щитки представлены в виде пальцев с минимальным пятном контакта с пленкой, что в свою очередь уменьшает вероятность ее зацепления и разрыва.

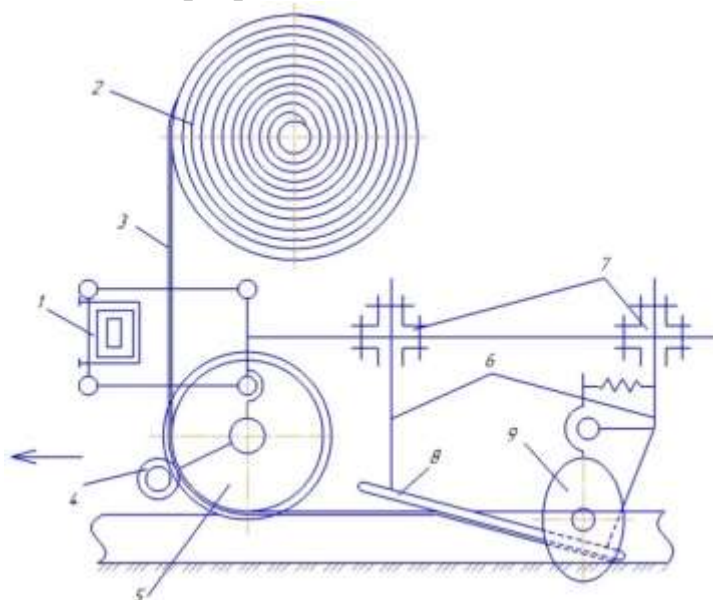


Рисунок 1 – Схема пленкоукладчика, вид сбоку

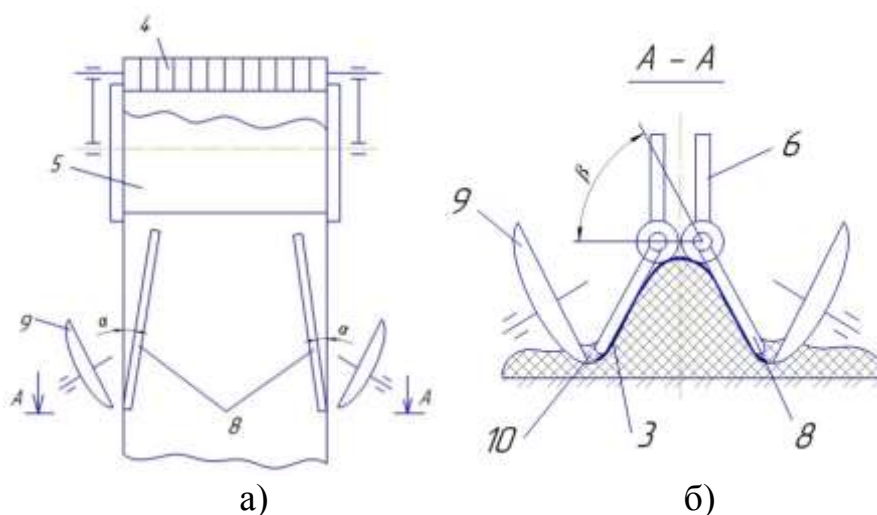


Рисунок 2 – Схема пленкоукладчика, вид сверху (а) и разрез А-А (б)

Пленкоукладчик содержит раму 7, на которой закреплена бобина 2 с пленкой 3, прижимаемой прижимным роликом 4 к пленкораскладывающему барабану 5, установленному с возможностью регулирования по высоте в зависимости от высоты гребня, вслед за которым на опорах 6 закрепленных на грядиле 7 с каждой стороны пленки 3 установлены выравнивающие пальцы 8, а так же заделывающие рабочие органы 9, насыпающие рыхлые валики почвы на края пленки 3 в конечную зону контакта с пальцами 8.

Для уменьшения пятна контакта с пленкой 3 и снижения вероятности ее обрыва, каждый палец 8 установленный на опоре 6 имеет минимальную наклонную плоскость, под заданным углом $\beta=30-45^\circ$ к горизонтали. Передняя часть каждого выравнивающего пальца 8 смещена к оси рядка и имеет угол относительно оси рядка, равный $\alpha=10-15^\circ$, а задняя часть оканчивается непосредственно над краем пленки, и рыхлый слой почвы при смещении на край пленки 3 во время движения пленкоукладчика формируется в плотный валик 10.

Работает устройство следующим образом: при проходе пленкоукладчика по полю над предварительно высаженным картофелем с разматываемой бобины 2 пленка 5, проходя между прижимным роликом 4 и под барабаном 5, в дальнейшем посредством выравнивающих пальцев 8 укладывается поверх рядка.

Следом идущие заделывающие рабочие органы 9 насыпают с каждой стороны рыхлый слой почвы на края пленки 3, который касается задней части вертикальной плоскости пальца 8 смещается на край пленки 3, формируя плотный валик 10 который надежно фиксирует и прижимает края пленки 3 к почве.

В результате применения пленкоукладчика уменьшается повреждение пленки, а под ней обеспечивается оптимальный водно-температурный режим.

По сравнению с имеющимися аналогами, данный пленкоукладчик устройство позволит уменьшить повреждение пленки, а так же улучшить качество укрытия гребней, и обеспечить оптимальный водно-температурного режим для получения ранней продукции картофеля.

Выводы: таким образом, для удовлетворения повышенного спроса и обеспечения населения Московского региона отечественной продукцией раннего картофеля возможно использование такого технологического приема, как укрывание посевов нетканым материалом в первый период роста для защиты от возвращающихся морозов и получение урожая уже в середине июля. В ходе анализа были выявлены положительные и отрицательные стороны конструктивных особенностей существующих пленкоукладчиков, которые могли бы каким-то образом воздействовать на возделывание картофеля. Также приняты во внимание некоторые интересные предложения по их модернизации и дальнейшему внедрению.

Библиографический список:

1. Байрамбеков, Ш.В. Использование временных укрытий при выращивании раннего картофеля в Астраханской области / Ш.В. Байрамбеков, Е.Д. Гарьева, Г.В. Гуляева // Картофелеводство: Материалы научно-практической конференции «Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля», 1-3 августа 2017 г. / ФГБНУ ВНИИКХ; под ред. С.В. Жеворы. М.: ФГБНУ НИИКХ, 2017. – С. 175-177.
2. Гаспарян, И.Н. Как повысить урожай раннего картофеля / И.Н. Гаспарян, М.Е. Дыйканова // Картофель и овощи. № 2. – 2018. – С. 29-31.
3. Гаспарян, И.Н. Картофель: технологии возделывания и хранения: Учебное пособие / И.Н. Гаспарян, Ш.В. Гаспарян. СПб.: Лань, 2017. – 256 с.
4. Патент RU 187437 U1 Пленкоукладчик для раскладки пленки по гребню при гребневой посадке картофеля.

УДК 633.49

ВЛИЯНИЕ ГЛАУКОНИТОВЫХ ПЕСКОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ

Гаспарян Ирина Николаевна, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: изучено влияние природного минерала глауконитовых песков Бондарского месторождения (K, H_2O) $(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_2[Si_3AlO_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$ содержащего в активной легкоизвлекаемой форме макро и микроэлементов. Повышает урожайность раннего картофеля и обеспечивает качество урожая.

Ключевые слова: картофель, глауконитовые пески, урожайность, качество продукции.

В настоящее время происходит увеличение продуктивности сельскохозяйственных растений в результате использования высокоурожайных сортов и интенсификации земледелия. Все больше применяются высококонцентрированные удобрения, уменьшается применение органических

удобрений, в результате чего происходит дисбаланс элементов питания. Регулирование полноценного сбалансированного питания сельскохозяйственных растений становится важным моментом за счет внедрения в технологию возделывания внесения микроэлементов. При дефиците микроэлементов в почве обязательно скажется на возделываемой культуре, а в дальнейшем в продуктах питания.

Концентрация микроэлементов в тканях растений или животных крайне мала, но значение этих элементов в биохимических процессах сложно переоценить. В последние годы наблюдается повышенное внимание экологическому питанию и содержанию в продуктах питания необходимых микроэлементов, т.к. дефицит микроэлементов является первопричиной множество функциональных расстройств. Микроэлементы в растениях входят в состав ферментов, стимулируют и ускоряют развитие растений, повышают устойчивость растений к неблагоприятным внешним условиям и т.д.

При получении высоких урожаев культуры важно уделить внимание внесению микроэлементов, особенно в условиях Московской области, так как по мнению ряда авторов в почвах области содержание микроэлементов пониженное [1, 2]. В связи с чем, внесение глауконитовых песков, содержащего микроэлементы позволит увеличить урожайность и повысить качество продукции.

Методика проведения

Исследования проводили в 2018...19 гг. на участке лаборатории овощеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Результаты исследований, получены на основании проведения полевых опытов, которые закладывались на почвах, по своим агрофизическим и агрохимическим свойствам типичных для почв Московской области. Почвы дерново-подзолистые среднесуглинистые, мощность пахотного слоя 20...22 см, легкогидролизуемого азота 9,3 мг на 100 г почвы, фосфора – 15,0, калия – 8,3 мг на 100 г почвы, содержание гумуса 2,6 %, рН сол. - 5,8.

Повторность опытов 3-кратная. Варианты опыта: контроль без глауконитовых песков, 20 гр./1 раст., 30 гр./1 раст., 40 гр./1 раст. Внесение глауконитовых песков осуществляли при посадке в лунку. Уборку осуществляли 31 июля. Варианты в опыте были размещены рендомизированным методом. Площадь одной опытной делянки 25 м². Схема посадки – 70×35 см. Использовали сорт Удачу Сроки посадки – при прогревании почвы до 6...8 °С. Технология возделывания стандартная. При уходе за посевами использовали современные пестициды в борьбе против фитофтороза и колорадского жука.

Результаты опытов

Использование высоких доз минеральных удобрений и интенсификация производства приводит к загрязнению почв [3], ухудшению плодородия почв, а также ведет к снижению качества сельскохозяйственной продукции. Вносимые в почву агрохимикаты, взаимодействуют с почвой, растениями и эти процессы взаимодействия очень сложные и многоступенчатые, невозможно спрогнозировать последствия. В почве накапливаются различные химические

вещества (тяжелые металлы (Cd, Pb, Hg, Си, Zn, Ni, Cr и др.), радионуклиды, хлорорганические соединения, гербициды и пестициды, синтетические поверхностно-активные вещества, растворимые и нерастворимые углеводороды и т.д.), нарушается оптимальное соотношение ионов и катионов, происходит подкисление или подщелачивание почв, изменяется подвижность элементов и т.д. На таких почвах возможно использование различных сорбентов, желателно природного происхождения. Таким сорбентом может выступать глауконит.

Глауконит как самостоятельный минеральный вид известен с 1828 г.[4]. Глауконит – это минерал в виде микроагрегатных зерен размером от 0,01 до 0,8 мм. Этот минерал обладает высокими сорбционными ионообменными свойствами, не токсичный, термоустойчивый. По данным ученых [4], глауконитовый концентрат может использоваться в качестве сорбента, а также в качестве минерального калийного удобрения, в составе которого есть и микроэлементы [2]. Среди них: бор, фосфор, калий, стронций, йод, медь, ванадий, серебро, никель, селен, марганец, цинк, кобальт, кальций, хром, кадмий, бериллий, платина, молибден и другие. Все микроэлементы находятся в легко извлекаемой форме и обладают высокими адсорбционными и катионообменными свойствами.

Мы изучили влияние глауконитовых песков на урожайность картофеля раннего и его влияния на качество клубней.

Таблица 1

Урожайность картофеля с. Удача, в среднем за 2018...19 гг.

Вариант	Уборка 31.07.	
	г/раст.	% ± к контролю
Контроль	940	-
Глауконит 20 г/раст.	1000	+ 6,3
Глауконит 30 г/раст.	1100	+ 17,0
Глауконит 40 г/раст.	1210	+ 28,0

По данным таблицы 1 можно сказать при внесении глауконита в технологии возделывания картофеля раннего при удовлетворении всех потребностей растения, но без дополнительного полива происходит увеличение урожайности с 6,3 до 28,0 %. Максимальное увеличение произошло при внесении в лунку при посадке картофеля глауконита в дозе 40 г. на 1 растение.

Качество продукции раннего картофеля зависит от химического состава клубней. Химический состав клубней зависит от сорта, условий выращивания (климатических, погодных, типа почвы, применяемых удобрений, агротехники возделывания), зрелости клубней, сроков и условий хранения и др. [1, 5] В среднем картофель содержит (в %): воды 75; крахмала 18,2; азотистых веществ (сырой протеин) 0,2; сахаров 1,5; клетчатки 1; жиров 0,1; титруемых кислот 0,2; веществ фенольной природы 0,1; пектиновых веществ 0,6; прочих органических соединений (нуклеиновых кислот, гликоалкалоидов, гемицеллюлоз и др.) 1,6; минеральных веществ 1,1.

Сухих веществ в клубнях содержится в среднем 25%, причем больше всего их в зоне сосудистых пучков, от которой их количество уменьшается к

периферии и внутренней сердцевине. В основании клубня сухих веществ больше, чем в верхушке.

Большое значение имеет картофель как источник минеральных веществ. Мы определили химический состав клубней картофеля, выращенного с применением глауконита в ВНИИМП имени В.М.Горбатова (табл. 2).

Таблица 2

Содержание минеральных веществ, мг на 100 г. сырой массы клубней

Минеральные элементы	Содержание, мг/100 г клубней
Калий	445,0
Кальций	10,0
Фосфор	50,0
Магний	25,0
Натрий	10,0
Железо	0,8
Марганец	0,15
Медь	0,15
Цинк	0,27
Фтор	0,01
Йод	0,004
Селен	0,004...0,02

По химическому составу опытные образцы клубней картофеля у анализируемых вариантов не отличаются. В картофеле они в основном представлены солями калия и фосфора; имеются также натрий, кальций, магний, железо, сера, хлор и микроэлементы – цинк, бром, кремний, медь, бор, марганец, йод, кобальт и др. Распределены минеральные вещества в клубне неравномерно: больше всего их в коре, меньше – в наружной сердцевине, в верхушечной части больше, чем в основании. Применение глауконитовых песков позволяет получить раннюю продукцию картофеля без изменения химического состава и содержания различных тяжёлых металлов выше допустимых норм.

Применение глауконитовых песков позволяет увеличить урожайность картофеля раннего на 6,3...28,0% и получить раннюю продукцию без изменения химического состава и содержания различных тяжелых металлов выше допустимых норм.

Библиографический список

1. Гаспарян, И.Н. Теоретические и практические основы повышения продуктивности посадок картофеля с использованием декапитации в Нечерноземной зоне Российской Федерации: дис. д. с.-х.наук Гаспарян И.Н. – 2016. – 250 с.
2. Дыйканова, М.Е. Возделывание раннего картофеля: учебное пособие / М.Е. Дыйканова. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. – 172 с.
3. Дыйканова, М.Е. Ресурсосберегающая технология возделывания раннего картофеля / М.Е. Дыйканова, А.Г. Левшин, И.Н. Гаспарян, О.Н. Ивашова // Картофель и овощи. – № 2. – 2019. – С. 26-28.

4. Вигдорович, В.И. Глауконит Бондарского месторождения (сорбционная способность, перспективы использования): монография / В.И. Вигдорович, Л.Е.Цыганкова, Н.В. Шель, А.В. Михайлюк. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2018 – 288 с.

5. Levshin, A.G. «CONSTRUCTIVE FEATURES OF THE DEVICE TO REMOVE THE APICAL SHOOTS OF POTATOES» [Электронный ресурс] / A. Levshin, I. Gasparyan, B. Bitsoev, S. Shchigorev // 18th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development», 22-24.05.2019 Jelgava, LATVIA/ Pp. 532-537/ Режим доступа: www.tf.llu.lv/conference/proceedings 2019/

УДК 633.49

ПОЛУЧЕНИЕ ВТОРОГО УРОЖАЯ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ивашова Ольга Николаевна, старший преподаватель кафедры информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Гаспарян Ирина Николаевна, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Мельников Андрей Валерьевич, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка и высоких технологий в растениеводстве, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: представлен материал по возделыванию картофеля раннего в условиях Московской области в двухурожайной культуре.

Ключевые слова: картофель, урожайность, двухурожайная культура, сорт

Картофель – одна из важнейших культур в мире, она является основным источником калорий для большей части населения мира. В настоящее время потребляется по всему миру более 370 млн. тонн, это немногим меньше пшеницы и риса. Уровень душевого потребления довольно высокий, продукцию могут позволить любые группы населения. Готовят из нее более 200 блюд, используется и в фастфуде, и в диетическом питании, и в ресторациях. Картофель распространен и возделываются повсеместно: на приусадебных участках населения, фермерских наделах и на производственных предприятиях с высокой культурой производства.

Главными производителями картофеля в мире считаются Китай, Индия, Россия, Украина и США. Россия является одним из основных производителей картофеля в мире, занимая третье место, но имеет большой отрыв от Китая (почти в три раза ниже). Несмотря на большое валовое производство, наша страна ввозит продовольственный картофель [1].

Валовое производство не всегда правильно отражает развитие отрасли, наиболее точным индикатором развития отрасли является показатель урожайности. По урожайности наша страна стоит на одном из последних мест. Повышение урожайности одно из важнейших задач перед картофелеводством страны.

Одним из таких методов повышения урожайности и получение качественного столового картофеля является получение двух урожаев с одного поля. Изучение особенностей возделывания столового картофеля в условиях Московской области особенно в последние годы с глобальным изменением климата очень важно и актуально.

В последние годы на Земле наблюдается изменение климата в сторону потепления, продолжительность теплых дней становится больше, происходит увеличение среднегодовой температуры. Кроме этого чаще наблюдаются аномалии, резкие скачки температур, засухи, ливневые дожди, ураганы и т.д.

В России, по данным федеральной службы Росгидромет, выросла средняя годовая температура, наибольшее потепление отмечается в северных районах РФ. По их прогнозам в ближайшие 10-50 лет средняя температура зимой на всей территории России может увеличиться на 2...5 °С, летние температуры увеличатся на 1...3 °С (рис. 1) [2]. Потепление температуры для сельского хозяйства РФ несет не только риски, но и преимущества. В изменившихся условиях потепления, в последние годы возможным становится возделывание двухурожайной культуры картофеля в условиях Московской области все очевиднее, не только в отдельные годы, но и постоянно.

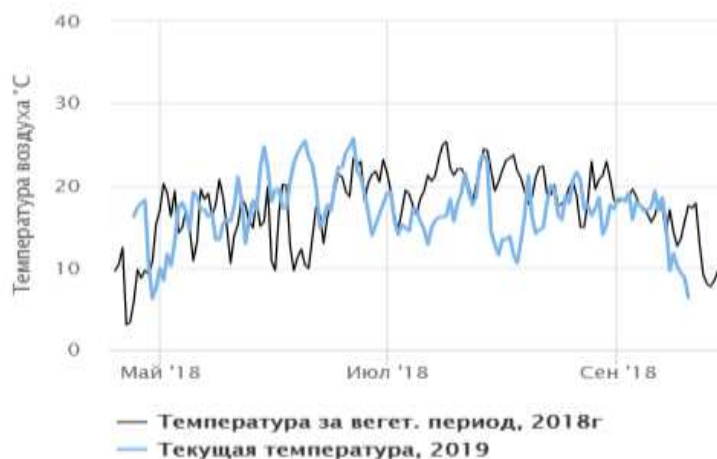


Рисунок 1 – Среднесуточная температура за вегетационные периоды 2018...19 гг.

Агротехника при двухурожайной культуре немного отличается от одноурожайной. Особенностью является как можно ранняя посадка картофеля с применением проращивания и других приемов, ускоряющих рост и развитие растений.

Посадка была осуществлена прошлогодним семенным материалом, так как молодые клубни при ранних сроках уборки не прошли период покоя. Хотя по данным некоторых ученых возможно использование только что убранных

клубней для посадки, но они должны быть обработаны стимуляторами для нарушения периода покоя [3]. Их промывают холодной водой и обрабатывают тиомочевинной и гиббереллинами. В нашем случае мы использовали посадочный материал прошлого года с белыми ростками. Это требует дополнительных затрат на хранение при низко положительных температурах.

Посадка была осуществлена 15 июля на место убранного картофеля. К 15 июля дни начинают укорачиваться, а, как известно при коротком дне образование клубней и их созревание происходит быстрее.

Всходы были уже на 11 день, также быстро сформировалась вегетативная масса, к третьей декаде августа растения цвели (23 августа). 12), цветение было продолжительное до 10 сентября. Формирование клубней началось в период бутонизации. Уборка была произведена на 52 день от начала всходов (всходы 26 июля) 17 сентября.

Данные по урожайности представлены в таблице 1. Урожайность первого урожая составила 710 грамм, для 15 июля это хорошие показатели, в это время цена на клубни молодого картофеля довольно высокая, при уборке в рекомендуемое время (конец июля) урожайность составила 940 гр./ 1 куст.

Таблица 1

Урожайность картофеля раннего, в среднем за 2018-19 гг.

Вариант	Уборка 15.07.		Уборка 30.07.		Уборка 20.09.
	г/раст.	% ± к контролю	г/раст.	% ± к контролю	
Посадка 4 мая	710		940	+ 33,0	-
Посадка 15 июля	-	-	-	-	560

Урожайность довольно высокая для второго урожая. Товарность высокая, клубни в основном средней и крупной фракции: 70...120 гр., округло-овальной формы, прекрасно подходят для использования в пищу. Клубни имеют очень нежную кожуру и нетемнеющую мякоть, легко чистятся. Все ранние сорта отличаются хорошими пищевыми и вкусовыми качествами, хорошей развариваемостью при приготовлении отварного картофеля и пюре [4, 5].

Урожайность составила 560 гр. на 1 куст, растения были обеспечены всеми факторами жизни в достаточном количестве. В период уборки реализуется на рынке много картофеля среднепоздних поздних сортов. Они хороши для хранения и использования в более поздние сроки. Поздние сорта также отличаются высоким содержанием крахмала и могут использоваться для технических целей. Полученный картофель ранний в поздние осенние сроки используется в ресторанном бизнесе и для потребления населения, так как является деликатесным, имеющим нежную кожуру и отличный вкус.

Таким образом, возделывание двухурожайной культуры картофеля раннего в условиях Московской области возможно и позволит получать качественную продукцию стандартного размера и экономически целесообразно для производителей. Так, при более ранней уборке первого урожая существует преимущество от продажи молодого картофеля по более высокой цене. Второй

урожай позволяет употреблять молодой деликатесный картофель до поздней осени. Это позволит сделать отрасль картофелеводства России более автономной и экономически прибыльной.

Библиографический список

1. Levshin, A.G. «CONSTRUCTIVE FEATURES OF THE DEVICE TO REMOVE THE APICAL SHOOTS OF POTATOES» [Электронный ресурс] / A. Levshin, I. Gasparyan, B. Bitsoev, S. Shchigorev // 18th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development», 22-24.05.2019 Jelgava, LATVIA/ Pp. 532-537/ Режим доступа: www.tf.llu.lv/conference/proceedings 2019/
2. [1] www.climate-energy.ru.
3. Писарев, Б.А. Книга о картофеля / Б.А.Писарев. – М.: Московский рабочий, 1977. – 232 с.
4. Гаспарян И.Н. Теоретические и практические основы повышения продуктивности посадок картофеля с использованием декапитации в Нечерноземной зоне Российской Федерации: дис. д. с.-х.наук. – 2016. – 250 с.
5. Дыйканова, М.Е. Возделывание раннего картофеля: учебное пособие / М.Е. Дыйканова, И.Н. Гаспарян, А.Г. Левшин. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. – 172 с.

УДК 631.312.06. 313.9.314.1

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ ДЛЯ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

Алдошин Николай Васильевич, профессор кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
Исмаилов Ибрат Ильхомович, аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

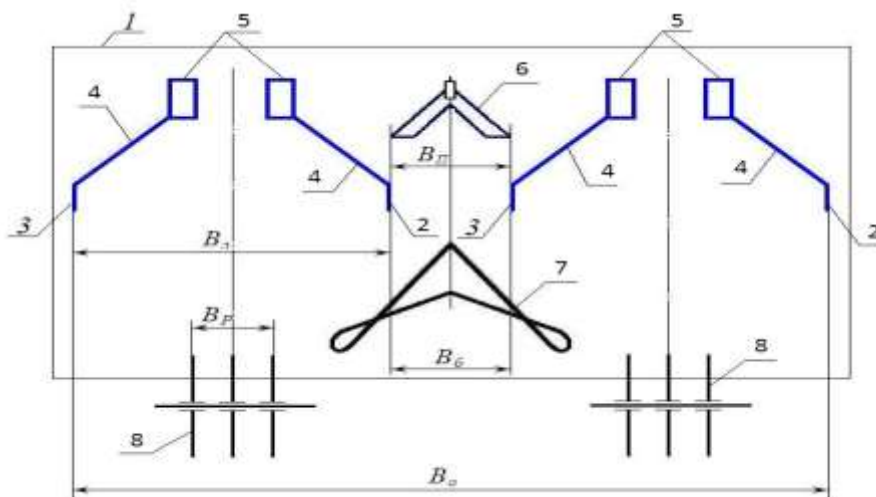
***Аннотация.** Проведен анализ подготовки почвы под посев бахчевых культур. Значительные затраты времени на подготовку почвы приводят к потерям влаги. Для устранения этих недостатков предлагаются новые комбинированные почвообрабатывающие агрегаты, которые за один проход выполняют ряд операций по подготовке почвы под посев бахчевых культур.*

***Ключевые слова:** бахчевые культуры, обработка почвы, основная обработка, предпосевная обработка.*

Бахчевые культуры являются важной составляющей производства сельскохозяйственной продукции. Возделывание этих культур имеет ряд особенностей, прежде всего при обработке почвы. Бахчевые культуры возделывают в регионах с теплым климатом. Во многих случаях возникает необходимость их орошения [1, 2].

Бахчевые культуры выращиваются в основном на равнинах и в предгорных районах. В регионах возделывания бахчевых культур климатические условия позволяют получать в году до 3 урожаев. Значительные затраты времени на выполнение основной и предпосевной обработки почвы приводят к потерям влаги при жарком климате. Для этого надо совершенствовать почвообрабатывающие орудия для бахчеводства. Для обработки почвы, при возделывании ранозревающих сортов бахчевых культур, предлагается комбинированное почвообрабатывающее орудие выполняющее за один проход ряд технологических операций (рис. 1). Оно во время работы выполняет следующие технологические процессы: под воздействием наклонных поверхностей 4 и долота 5 противоположно расположенных рыхлящих рабочих органов 2 и 3 происходит интенсивное крошение почвы в зоне посева бахчевых культур на глубину a . При этом плоскорежущая лапа 6 производит рыхление почвы между стойками соседних пар рабочих органов 2 и 3 на глубину a_1 . Установленный, за ней бороздо-образователь 7 формирует поливную борозду. После чего ротационный рыхлитель 8 подготавливает почву к посеву [3].

Вид сверху



Вид сзади

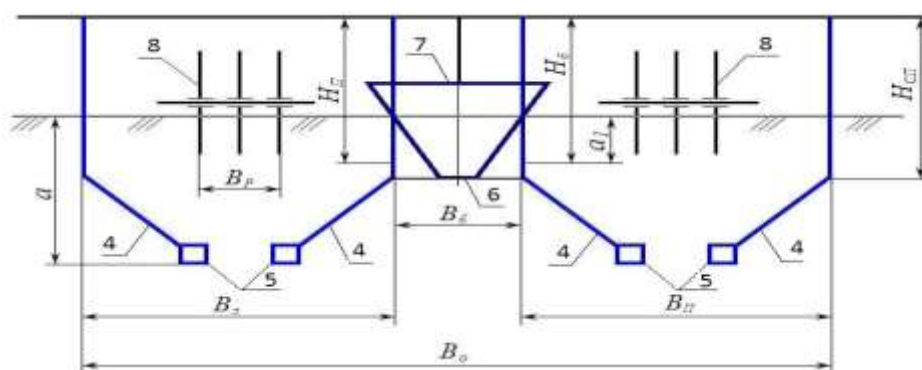


Рисунок – 1 Комбинированное почвообрабатывающее орудие для бахчевых культур:

1 – рама; 2 и 3 – право и левосторонние рыхлящие наклонные рабочие органы; 4 – наклонные стойки; 5 – долота; 6 – плоскорежущая лапа; 7 – бороздообразователь; 8 – ротационные рыхлители.

Бахчевые культуры также выращивают в предгорных регионах. В этом случае возникает необходимость работы на склонах. Здесь почва подвержена эрозии, поэтому ее обработку необходимо выполнять с учетом ряда особенностей. Для основной обработки почвы в этих условиях предлагается плуг для работы на склонах (рис. 2). Особенностью конструкции плуга является то, что у ряда корпусов установлены почвоуглубители, а за корпусами установлены сферические диски. Также корпуса оснащены направляющими пластинами.

Плуг работает следующим образом. Вспашку плугом проводят поперек склона. В процессе обработки почвы поперек склона нечетный корпус 2 шириной захвата $b_k=45,0...52,5$ см внедряясь в почву отделяет пласт от дна борозды и взаимодействуя с направляющей пластиной 6 оборачивает его на 180° в собственную борозду. Затем сферический дисковый рабочий орган 12 снимает верхний слой с середины оборачиваемого пласта и перемещает почву вправо на предыдущий пласт. После чего четный корпус 3, также с шириной захвата b_k внедряясь в почву, отделяет пласт от дна борозды и взаимодействуя с направляющей пластиной 7 оборачивает его на 180° в собственную борозду. Одновременно с оборотом пласта четным корпусом 3 почвоуглубитель 10 осуществляет подпахотное рыхление почвы. Аналогично работают остальные корпуса. При этом на поверхности пашни посередине оборачиваемых нечетными корпусами 2 и 4 пластов образуется углубление, а на стыке этого пласта с предыдущим происходит задержание воды в борозде ограниченной сформированным гребнем. Таким образом, после прохода плуга образуется ступенчатое дно борозды и гребнистая поверхность пашни. Сочетание ступенчатого дна борозды с гребнистостью поверхности пашни способствует задержанию воды и исключению смыва почвы после ливневых осадков. Все это позволяет улучшить качество обработки и предотвращает водную эрозию на склонах [4, 5].

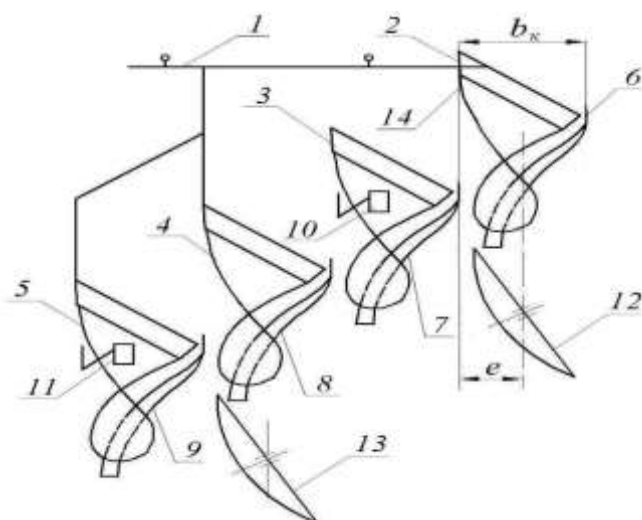


Рисунок – 2 Плуг для обработки почвы на склонах:

1 – рама; 2, 3, 4 и 5 – корпуса; 6, 7, 8 и 9 – направляющие пластины с рабочими поверхностями, обращенными к лемешно-отвальным поверхностям корпусов; 10, 11 – почвоуглубители; 12, 13 – сферические диски

Использование предлагаемых ресурсосберегающих почвообрабатывающих орудий позволяет повысить качество подготовки почвы под посев бахчевых культур, снизить количество проходов агрегата по полю, сохранить влагу и снизить почвенную эрозию.

Библиографический список:

1. Rubaiyat Sharmin Sultana, Md. Mahabubur Rahman. Melon crops Improvement through biotechnological techniques for the changing climatic conditions of the 21st century. International Journal of Genetics and Genomics. Vol. 2, № 3. – 2014. – pp. 30-41.

2. Алдошин, Н.В. Разработка технологии подготовки почвы к посеву бахчевых культур / Н.В. Алдошин, И.И. Исмаилов // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – № 6(88). – 2018. – С.17-23.

3. Пат. № 190971 Российская Федерация, МПК А01В 49/02. Почвообрабатывающее орудие для бахчевых культур / Н.В. Алдошин, Ф.М. Маматов, А.А. Манохина, Х.А.Файзуллаев, И.И. Исмаилов, Х.А.Равшанов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева №2019111688, 18.04.2019; опубл. 17.07.2019 Бюл. № 20.

4. Пат. № 190938 Российская Федерация, МПК А01В 13/00. Плуг для обработки почвы на склонах / Н.В. Алдошин, Ф.М. Маматов, А.А. Манохина, И.И. Исмаилов, Х.А.Равшанов, Н.Ш.Рашидов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева № 2019111690, 18.04.2019; опубл. 17.07.2019 Бюл. № 20.

5. Bakhadir Mirzaev, Farmon Mamatov Nikolay Aldoshin, Mansur Amonov. Anti-erosion two-stage tillage by ripper. Proceeding of 7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019 – Czech University of Life Sciences Prague – Faculty of Engineering, p. 391-395.

УДК 631.31 + 631.43

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЦЕЛИННЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Лискин Игорь Викторович, научный сотрудник, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Миронова Анастасия Владимировна, аспирант, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
Панов Андрей Иванович, доцент кафедры сельскохозяйственных машин,
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

Аннотация. Анализ основных показателей почв целинных и залежных земель позволяет обосновать технологические операции для их быстрого восстановления. Обработку почвы следует проводить при влажности, соответствующей «физической спелости почвы».

Ключевые слова: целинные и залежные земли, мощность гумусового горизонта, дернина, древесно-кустарниковая растительность, технологические свойства почвы.

Деградация почвы – постепенное ухудшение ее свойств, вызванное изменением условий почвообразования, и сопровождающееся уменьшением содержания гумуса, разрушением почвенной структуры и, как следствие, снижением плодородия.

В этой связи чрезвычайно актуальным вопросом выступает восстановление запущенных земель, для дальнейшего их использования на благо человеческих потребностей.

Целью исследования являлся анализ основных показателей оценки почвы, в том числе целинных и залежных земель для скорейшего их восстановления; обоснование технологических операционных мероприятий для быстрейшего восстановления запущенных земель с целью их продуктивного использования.

Материалы и методы. Основное значение для оценки технологических свойств почвы имеют следующие показатели.

Плотность почвы – масса единице объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении.

Твердость – свойство почвы в естественном сложении сопротивляться сжатию и расклиниванию.

Просачивание – это проникновение воды в толщу почво-грунтов и движение к уровню подземных вод. При этом начальная стадия просачивания, когда силы трения и силы сопротивления почвенного воздуха, вытесняемого из пор при просачивании, малы, а преобладают капиллярные силы, называются впитыванием [1].

Количество воды, находящейся в данный момент в почве и выраженное в весовых или объемных процентах по отношению к абсолютно сухой почве, называется влажностью почвы. Зная влажность почвы, нетрудно определить запас почвенной влаги. Одна и та же почва может быть неодинаково увлажнена на разных глубинах и в отдельных участках почвенного разреза. Изменение влажности почв и создание благоприятных условий увлажнения в течение вегетационного периода достигаются приемами агротехники и мелиорационными мероприятиями.

Пластичность – способность почвы изменять свою форму без образования трещин под воздействием внешних сил, и сохранять приданную форму после прекращения механического воздействия [2]. Наибольшей пластичностью обладают глинистые почвы, наименьшей песчаные.

Липкость – способность влажной почвы прилипать к другим телам. Она определяется силой, требующейся для отрыва металлической пластины от почвы. Липкость оказывает отрицательное влияние на условия обработки, если состояние влажности и повышенная пластичность почвы вызывают ее

прилипание к рабочим частям сельскохозяйственных машин. При этом увеличивается тяговое сопротивление и ухудшается качество обработки почвы.

Набухание – увеличение объема почвы при увлажнении. Выражается в объемных процентах от исходного объема почвы. Это свойство связано со способностью коллоидов почвы сорбировать воду и образовывать гидратные оболочки вокруг минеральных и органических частиц. Набухание наиболее выражено у глинистых минералов с расширяющейся решеткой [3]. Набухание, отрицательное свойство, его проявление может сопровождаться выпиранием почвенной массы, разрушением структурных отдельностей.

Усадка – сокращение объема почвы при высыхании. Это явление обратное набуханию и зависит от тех же факторов. Чем выше набухание, тем сильнее усадка почвы. При этом могут возникать трещины, разрыв корней, непроизводительная потеря влаги за счет испарения [4].

Связность – способность почвы сопротивляться внешнему усилию, стремящемуся разъединить почвенные частицы. Наибольшей связностью обладают глинистые почвы, и почвы, содержащие большое количество обменного натрия. Невысокую связность имеют песчаные почвы.

Учет связности имеет большое значение для качества выполняемых технологических операций – рыхления почвы, крошения, вспашки и т.п. Эти приемы должны выполняться при наименьшей связности почвы, при влажности, близкой к влажности завядания [5]. Определение такого состояния связано с понятием «физическая спелость почвы».

Результаты и обсуждение. Рассмотрим некоторые стадии запущенных угодий, и необходимость привлечения определенных видов технических средств для воспроизводства полей сельскохозяйственного назначения на примере целинных земель, заросших дерниной. Такие земли, как правило, отличаются наличием глубокого гумусового слоя, мощной и плотной дерниной. Они являются наиболее предпочтительными для скорейшего восстановления их использования как посевных площадей.

Система обработки целинных и залежных земель должна быть направлена в первую очередь на ускоренное разложение заделанной дернины и обогащение почвы основными питательными веществами в доступной форме.

При обработке целины и других задерненных почв ставятся задачи – лишить жизнеспособности дернину, разрыхлить пласт и создать условия для ускоренного разложения дернины и корневых остатков.

В центральной зоне России оптимальная физическая спелость почв, в том числе целинных, наступает в период с середины августа, и до конца сентября. В это время большинство сорняков и травянистых растений начинают терять свои прочностные свойства. В частности их корневая система становится более доступной для разработки плугом при вспашке, и другими орудиями, обеспечивающими рыхление, крошение пласта, и снижается концентрация необходимых химикатов, улучшающих физико-механические и продуктивные свойства почвы.

Помимо прочего, в зимний период, при отмирании корневой системы разрыхленной и заделанной на дно борозды дернины, к весенним полевым работам, образуется дополнительный плодородный слой перегноя.

Основным агротехническим требованием, предъявляемым к машинам для предварительной подготовки целинных и залежных земель, является удаление древесно-кустарниковой растительности (если имеется таковая) при максимальном сохранении гумусового горизонта.

Одним из главных агротехнических показателей первичной вспашки является глубина обработки. Ее устанавливают в зависимости от мощности гумусового горизонта и дернины, глубины распространения древесно-кустарниковых корней и физико-механического состава почвы с учетом вышеперечисленных показателей (плотность почвы, твердость, пластичность и др.), непосредственно влияющих на качество и энергетические затраты, при возделывании сельхозугодий, в том числе запущенных. Глубина вспашки увеличивается с ростом мощности (глубины) гумусового горизонта. Так, при маломощном гумусовом горизонте вспашку производят на глубину 15...18 см, на участках с мощным почвенным слоем на 25...28 см, иногда до 40 см. Дернина и древесно-кустарниковая растительность заделывается на глубину не менее 15 см.

Машины, применяемые для выполнения культуртехнических работ по освоению целинных и залежных земель, как правило включают кусторезы, чаще пассивного действия для исключения повреждения дернины, плуги для первичной вспашки, дополнительно использующие, при необходимости кустарниково-болотные типа ППН-50, и плуги, оснащенные корпусами с винтовыми отвалами для лучшего оборота пласта.

После первичной вспашки в основном применяют тяжелые дисковые бороны для разделки пласта (БДТ-7,0 и БДНТ-3,5А). Основными агротехническими показателями тяжелых дисковых борон являются глубина и равномерность обработки, выровненность поверхности, качество крошения пласта, измельчение и заделка древесины и дернины.

Выводы

1. Установлено влияние показателей основных физико-механических свойств почвы на агротехнические и энергетические параметры сельскохозяйственной техники при ее обработке.

2. Начало освоения целинных и залежных земель предпочтительно проводить в осенний период вследствие меньших затрат на обработку подобных земель.

3. Показано, что осенняя обработка залежных земель улучшает их физико-механические свойства и образует дополнительный плодородный слой для большей эффективности весенних полевых работ.

4. Основным агротехническим требованием при обработке запущенных и целинных угодий является максимальное сохранение гумусового горизонта при глубине обработки, увеличивающейся с ростом глубины гумусового горизонта и увеличения толщины дернового слоя.

Библиографический список

1. Башкирова, Т.Н. Экологизация технологий применения гербицидов / Т.Н. Башкирова, В.А. Колесникова // Сельскохозяйственные машины и технологии. № 4. – 2013. – С. 12-14.
2. Richmond, N.T. Chemical soil degradation as a result of contamination. A review / N.T. Richmond // Journal of Soil Science and Environmental Management, June – Vol. 6(6). – 2015. – p. 140-147.
3. Измайлов, А.Ю. Технологии и технические средства для восстановления неиспользуемых и деградированных сельхозугодий / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский, О.А. Сизов, В.А. Волобуев // Сельскохозяйственные машины и технологии. № 4. – 2009. – С. 17-21.
4. Лискин И.В., Миронов Д.А. Влияние почвенных условий на износ рабочих органов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – №5. – 2013. – С. 29-31.
5. Козлов А.В., Новиков Д.А., Машакин А.М. Современное состояние отечественных залежных земель и перспективы их восстановления // Международный студенческий вестник. – № 1. – 2015. – С. 121-123.

УДК 631.51.01+631.95

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВЫ

Панов Андрей Иванович, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Показано, что при разрушении пласта почвы сжатием требует в 10 раз больше энергии, чем при растяжении. Значительную долю растягивающих и изгибающих деформаций в почве создает рабочий орган плуга-рыхлителя типа *Paraplow*. Существенного снижения затрат энергии можно добиться в результате приложения к почве разнонаправленных деформаций (эффекта Баушингера).

Ключевые слова: обработка почвы, снижение затрат энергии.

Как известно, основная обработка почвы является самой тяжелой технологической операцией: на нее расходуется до 30% всех затрат энергии при полевых работах. В то же время, от качества обработки почвы на 25% зависит урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому снижение затрат энергии и повышение качества обработки почвы являются актуальными проблемами. **Целью исследования** являлся анализ экологических проблем, возникающих в современном сельском хозяйстве и снижение затрат энергии при обработке почвы.

Поиски путей снижения затрат энергии в рамках традиционных способов обработки почвы давали эффект в лучшем случае 5...10%. Кардинального

решения проблемы энергосбережения следует искать на новых нетрадиционных направлениях взаимодействия между тремя элементами процесса: источником энергии, приемником энергии (машиной) и аккумулятором энергии (почвой).

Все традиционные технологии обработки почвы заключаются в механическом воздействии на почву клинообразных рабочих органов, в процессе работы которых сначала происходит деформация сжатия почвы до предельного состояния и только затем пласт разрушается вследствие сдвига или отрыва. Однако известно, что разрушение пласта почвы при сжатии требуется почти в 10-20 раз больше энергии, чем при растяжении. В этом основная причина столь высоких затрат энергии при обработке почвы традиционными рабочими органами.

Реальные почвы представляют собой полидисперсную трехфазную среду, пронизанную множеством макро- и микротрещин, пустот и других неоднородностей. Используя эти неоднородности как концентраторы напряжений, можно значительно снизить затраты энергии и улучшить качество обработки почвы.

Все попытки применить непосредственно растягивающие деформации для обработки почвы до сих пор не увенчались успехом. Некоторую долю растягивающих и изгибающих деформаций создает рабочий орган плуга-рыхлителя типа Paraplow, как показано на рисунке.

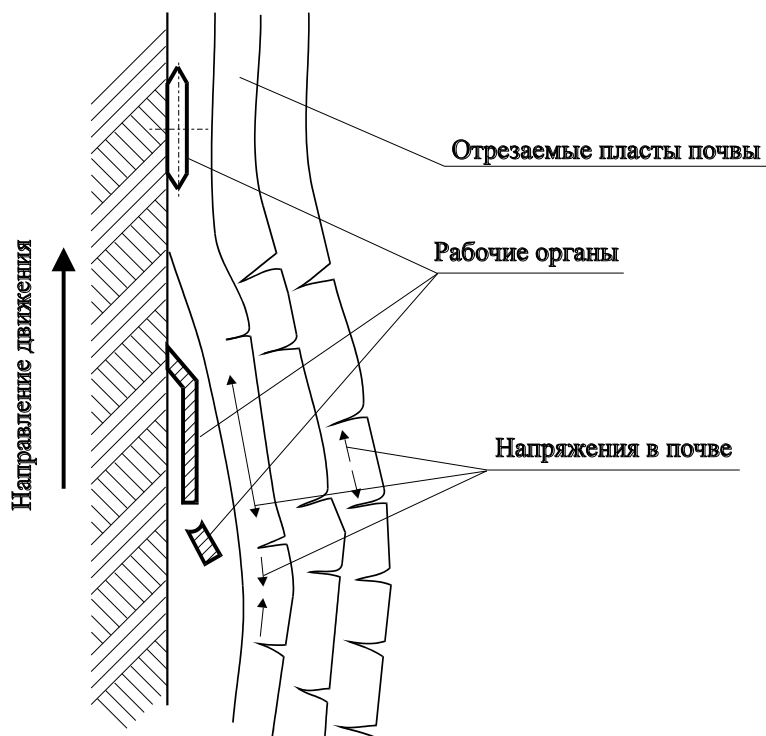


Рисунок 1 – Схема деформаций растяжения и изгиба при обработке почвы

Существенного снижения затрат энергии можно ожидать в результате приложения к почве разнонаправленных деформаций (применение эффекта Баушингера). Такие деформации можно создать, комбинируя различные типы

рабочих органов (рыхлящие стойки или черенковые ножи, активные ротационные рабочие органы с пассивными лаповыми и т.п.).

Значительного эффекта можно добиться при использовании физико-механических способов непосредственного воздействия на агрегатные связи почвенных частиц, например, энергией электрического разряда, кинетической энергией расширяющегося воздуха или газа, колебаниями высокой и сверхвысокой частоты.

Все перечисленные направления поисков нетрадиционных методов обработки почвы нуждаются в проведении фундаментальных научно-исследовательских работ.

Экологические проблемы обработки почвы проявились в последние годы, когда стало очевидным, что интенсивные обработки почвы наносят вред не только плодородному слою почвы, но и всей окружающей среде из-за загрязнения водоемов и низких мест почвой вместе с накопившимися в ней токсичными веществами в виде остатков минеральных удобрений, гербицидов и пестицидов. От смыва ежегодно теряется в два раза больше питательных веществ, чем их вносится с удобрениями.

Анализ развития способов обработки почвы показывает, что на ближайшую перспективу в 10-15 лет преобладающим останется механический способ с использованием тракторной энергетики. Однако сам по себе механический способ обработки почвы, лежащий в основе всех современных технологий, в том числе почвозащитной, может быть причиной нарушения экологического равновесия, т.к. имеет двойственный характер воздействия на почву. С одной стороны, механическая обработка должна придавать обработанному слою почвы оптимальное строение для обеспечения благоприятных условий возделывания сельскохозяйственных культур. С другой стороны, механическая обработка приводит к усилению разложения органики, разрушению структуры почвы, т.е. механическая обработка - это мощный регулятор не только почвообразующих, но и разрушающих почву факторов.

Выводы

Сохранение экологии при обработке почвы означает преобладание естественных почвозащитных факторов над разрушающими. В результате изучения различных технологий были выработаны следующие предпосылки экологически безопасных приемов обработки почвы:

1. по возможности исключение оборачивание обрабатываемого слоя почвы, отвальную пахоту применять периодически один раз в 2-3 года;
2. сохранять и создавать на поверхности обрабатываемой почвы постоянный мульчирующий слой;
3. периодически один раз в 3-4 года проводить глубокое рыхление или щелевание подпахотных слоев почвы для повышения ее инфильтрационных свойств и углубления корнеобитаемого слоя;
4. уменьшать число и глубину интенсивных обработок почвы, например, под озимые зерновые взамен вспашки применять мелкую предпосевную обработку почвы, особенно после непаровых предшественников.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВОФРЕЗЫ С ЗУБЦЕОБРАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ НОЖА

Гаджиев Парвиз Имранович, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин, ФГБОУ ВО РГАЗУ

Рамазанова Гюльбике Гудретдиновна, доцент кафедры природообустройства и водопользования, ФГБОУ ВО РГАЗУ

Алексеев Алексей Игоревич, аспирант, ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ

Аннотация: По результатам полевых испытаний опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2М с зубцеобразным профилем ножа была проведена агротехническая оценка работы картофелеуборочного комбайна, которая показала эффективность предпосадочной обработки почвы.

Ключевые слова: почвообрабатывающая фреза, зубцеобразный профиль ножа, крошение, урожайность.

Картофель дает хороший урожай, если в зоне клубнеобразования плотность почвы будет в пределах $0,9...1,2$ г/см³. Чтобы добиться такой плотности в последнее время ведется предпосадочная подготовка почвы.

Для предпосадочной подготовки почвы, среди известных почвообрабатывающих машин и орудий, самыми подходящими являются фрезы, которые обладают рядом преимуществ. В зависимости от выбранных режимов они позволяют получить необходимую структуру почвы после обработки и выровненный микрорельеф. При смежных проходах почвенной фрезы отсутствуют свальные и развальные борозды. Все это в итоге увеличивает биологическую активность почвы, снижает водную эрозию, повышает равномерность заделки семян растений по глубине и, как следствие, ведет к росту урожайности сельскохозяйственных культур [1, 2].

Существенное достоинство фрезерования, это возможность раньше начинать обработку влажной почвы. После прохода фрезы не остаются крупные комки, что способствуют лучшей аэрации почвы.

Фрезерная машина ФН-1,2М используется для активного крошения тяжелых и средних по твердости полевых почв, обеспечивая высокое качество заделки растительных остатков, крошения почвы и перемешивания с минеральными удобрениями. Фреза ФН-1,2М агрегируется с тракторами МТЗ-80 [3, 4].

Агротехническая оценка полевых испытаний опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2М с зубцеобразным профилем ножа проводили на полях ООО «Белая Дача Фарминг» Тамбовского района, Тамбовской области в с. Татаново. Этот район по характеру почвенного покрова и агроклиматическим особенностям относится к центральной зоне, где черноземов: типичных составляет – 19,8%, выщелоченных – 65,9%, причих-14,3% [5].

Испытание почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразным профилем ножей проводились на рыхлении поля после уборки ячменя. Влажность почвы составила 17,3...20,9%, твердость 0,8...1,8 МПа, плотность почвы 0,9 - 1,0 г/см³. Средняя высота растительных и пожнивных остатков равнялась 20 см.

Агротехнические показатели при лабораторно - полевых испытаниях приведены в таблице 1.

Таблица 1

Агротехнические показатели при полевых испытаниях

Показатели	Значение показателя	
	ТЗ	данные испытаний
1	2	3
Место проведения оценки	-	Тамбовская область, Тамбовский район, с. Татаново
Состав агрегата	МТЗ - 80	МТЗ - 80 + ФН 1,2 М
Режим работы, скорость движения, м/с	1,23	1,23
Рабочая ширина захвата, м	1,2	1,2
Стандартное отклонение, ± см	нет данных	0,03
Глубина обработки, см	18,0	11,6
Крошение почвы, %	85,3	92,6
Размеры фракции:		
до 25 мм, % в слое до 60 мм	-	86,5
до 50 мм, % в слое до 150 мм	50... 70	67,4
в слое свыше 150 мм	не менее 90	97,5
Уплотнение, г/см ³	0,9 - 1,2	1,0 - 1,1
Гребнистость поверхности почвы, см	не более 2	1,54 - 1,62
Подрезание сорняков, %		100
Заделка растительных и пожнивных остатков, %		97,3

Агротехническая оценка проведена по СТО АИСТ 1.1-2004, гост 20315-75.

Из результатов агротехнической оценки видно, что при обработке глубиной 11,6 см качество крошения было удовлетворительным, плотность обрабатываемого слоя составила 1,10 г/см³, что отвечает агротехническим требованиям созревания картофеля.

Подрезается полностью сорные растения. Высота гребней составила 1,54...1,62 см.

Полученные данные показывают, что после такой обработки почва становится благоприятной для посадки картофеля.

Чтобы проверить эффективность предпосадочной подготовки почвы под картофель, путем фрезерования комковатых почв осенью был проведен анализ учета урожайности картофеля и ход комбайновой уборки картофеля.



Рисунок 1 – Двухрядный картофелеуборочный комбайн Dewulf в работе

Условия проведения полевых испытаний картофелеуборочным комбайном Dewulf

Наименование показателей	Значение показателей	
	Участок с предпосадочной обработкой почвы	Участок без предварительной обработки почвы
Сумма осадков, мм, многолетние данные (май-сентябрь)	317,6/18	
Средняя температура, С, многолетние данные (май-сентябрь)	15,3/14,9	
Сорт картофеля	«Иноватор»	
Схема посадки, см	70 x 30	
Типы почв и название по механическому составу	средний суглинок	
Рельеф	Ровный, выровненный	
влажность почвы, % в слоях:		
0-5	20,9	23,0
5-10	20,6	20,7
10-15	21,0	20,8
15-20	21,8	22,1
20-25 см	21,4	23,1
Твердость почвы, Мпа, в слоях		
0-5		
5-10	0,20	0,32
10-15	0,23	0,49
15-20	0,46	0,62
20-25 см	0,60	0,98
	0,88	0,91
Высота гребня, см	11,3	16,7
Размеры клубней		
длина средняя, мм	49,0	47,0
среднее квадратическое отклонение, ± см	12,2	15,4
ширина средняя, см	40,0	36,0
среднее квадратическое отклонение, +- см	10,7	12,6
толщина средняя, мм	28,0	28,0
среднее квадратическое отклонение, ± см	8,3	9,3
Средняя масса клубня, г	88,0	72,0
Коэффициент формы клубней	1,18	1,23
Урожайность клубней, т/га	22,5	18,0
Ширина междурядий, см	70,3	71,2
Состав клубней в процентах по массе, г		
от 15 до 50	8,9	16,4
свыше 50 до 80	26,9	28,3
свыше 80	64,2	55,3
Полнота выкапывания клубней, %	99,7	96,8

Уборка картофеля проводилась двухрядным картофелеуборочным комбайном Dewulf (рис. 1)

Полевые испытания проводились на тех участках ООО «Белая Дача Фарминг» Тамбовского района Тамбовской области в селе Татаново, где почва была подготовлена перед посадкой клубней.

Условия проведения полевых испытаний картофелеуборочного комбайна приведены в табл. 2

Анализ агротехнической оценки картофелеуборочного комбайна показало эффективность предпосадочной подготовки почвы под картофель. Во первых в тяжелых почвах комбайны стали работать легче, состав вороха стало чисто от комков и уменьшилась повреждение клубней.

Как видно из показателей условий проведения испытаний при комбайновой уборке картофеля, его урожайность на подготовленном участке, путем фрезерования выросла почти на 25%, количество почвенных примесей в бункере снижается на 35...40%.

На подготовленной почве под посадку картофеля производительность комбайнов увеличивается на 13...15%, повреждения клубней при комбайновой уборке снижается на 20%, в последствие расход топлива на уборку сократилась на 11%.

Библиографический список

1. Алдошин, Н.В. Совершенствование конструкции фрезерной машины для нарезки гряд / Н.В. Алдошин, А.И. Панов, М.А. Мехедов// Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – 2019. – №1(89). – С.15-19.

2. Anti-erosion two-stage tillage by ripper. / Bakhadir Mirzaev, Farmon Mamatov Nikolay Aldoshin, Mansur Amonov // Proceeding of 7th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2019 – Czech University of Life Sciences Prague – Faculty of Engineering, p. 391-395.

3. Патент РФ № 2704988, Способ обработки почвы под посев бахчевых культур. МПК А01В79/02 (2006.01), А01В49/02 (2006.01), опубл. 01.11.2019. Бюл. №31. Заявка №2018143433, от 07 декабря 2018 г. (патент на изобретение) Алдошин Н.В., Манохина А.А. Маматов Ф.М., Чуюнов Д.Ш., Исмаилов И. И.

4. Алдошин, Н.В. Разработка технологии подготовки почвы к посеву бахчевых культур / Н.В. Алдошин, И.И. Исмаилов // Вестник ФГОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина. – №6(88). – 2018. – С.17-23.

5. Гаджиев, П.И. Агротехнические показатели фрезерования почвы с зубцеобразной формой ножа / П.И. Гаджиев, М.С. Шикалов, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии и оборудование в АПК Материалы международной научно-практической конференции. – 2019. – С.25-29.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДЕКАПИТАЦИИ КАРТОФЕЛЯ

Бицоев Борис Анатольевич, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: рассмотрены методы повышения урожайности картофеля и предложена конструктивная схема механизированного устройства для декапитации его побегов.

Ключевые слова: декапитация, режущий аппарат, дезинфицирующая система, стеблеподъёмник.

Картофель принадлежит к сельскохозяйственным культурам многоцелевого назначения: его можно использовать в свежем виде, для переработки на продукты питания, для кормления сельскохозяйственных животных и т.д. В мире, эта культура возделывается повсеместно, во всех природно-климатических зонах.

Для повышения урожайности картофеля используются профилактические, агротехнические и химические методы. Первые направлены на поддержание высокого качества семенного материала, вторые – на обеспечение своевременного выполнения операций, предусмотренных технологией возделывания, третьи – на создание условий наиболее благоприятных для быстрого роста и развития растений с использованием различных химических препаратов.

Известно, что на повышение урожайности картофеля положительно влияет наращивание площади его листовых пластин [1]. Это можно обеспечить стимулированием роста боковых побегов за счет удаления верхушечной части растений, т.е. применением технического приема, называемого «декапитация» [2]. На небольших участках фермерского или личного хозяйства декапитацию картофеля проводят вручную, что требует больших трудозатрат. Для проведения подобных работ на больших площадях необходимо использовать механизированные устройства.

Выполненный научный и патентный обзор устройств для декапитации растений [3] показал, что их промышленные образцы для обработки картофеля на настоящий момент отсутствуют.

Изученные в трудах ученых Тимирязевской академии, особенности декапитации картофеля позволили сформулировать требования для ее проведения:

1. Декапитацию необходимо проводить в срок 14...20 дней после всходов: меньшие значения для ранних сортов, большие – для поздних.

2. Необходимо удалить верхнюю часть побега, а охват побегов декапитацией должен быть не менее 40%.

3. Необходимо обеспечить дезинфицирование места среза для защиты растения от возбудителей болезней.

Анализ данных требований, а также особенностей растений в период проведения работ позволили сделать вывод о том, что механизированное устройство для декапитации должно включать в себя следующие рабочие органы:

1. стеблеподъемное устройство для перемещения легко травмируемых побегов растений к месту среза;
2. режущий аппарат для среза верхушечной части побегов;
3. дезинфицирующую систему для предотвращения заражения растений возбудителями болезней.

Изучение различных конструкций стеблеподъемных устройств позволило сделать вывод о том, что большинство из них предполагает скольжение стеблей растений по поверхности устройства. Такое воздействие, применительно к картофелю, может привести к повреждению побегов, поскольку они легко травмируются на ранних стадиях роста [4].

Анализ конструкций режущих аппаратов показал, что в разрабатываемом устройстве сложно реализовать использование широко распространенных в зерно- и кормоуборочных машинах аппаратов подпорного среза с возвратно-поступательным движением ножа из-за значительных размеров или высокой стоимости применяемых в настоящее время приводов их ножей [5].

На основании вышеизложенного, нами предложено и запатентовано устройство для декапитации картофеля, схема которого представлена на рис. 1.

В данном устройстве, в качестве стеблеподъемника предлагается использовать пневматическую систему, которая позволит выполнить подъем побегов перед срезом с минимальным трением о поверхность, чтобы не повредить стебли и листья. Для обрезания побегов предлагается использовать режущий аппарат бесподпорного среза, позволяющий исключить излишнюю загроможденность конструкции, обеспечить требуемое качество выполнения работ, оптимизировать механизм привода. Для дезинфекции места среза предлагается обрабатывать дезинфицирующим раствором лезвие ножа, которое, в свою очередь, будет способствовать нанесению раствора на места среза.

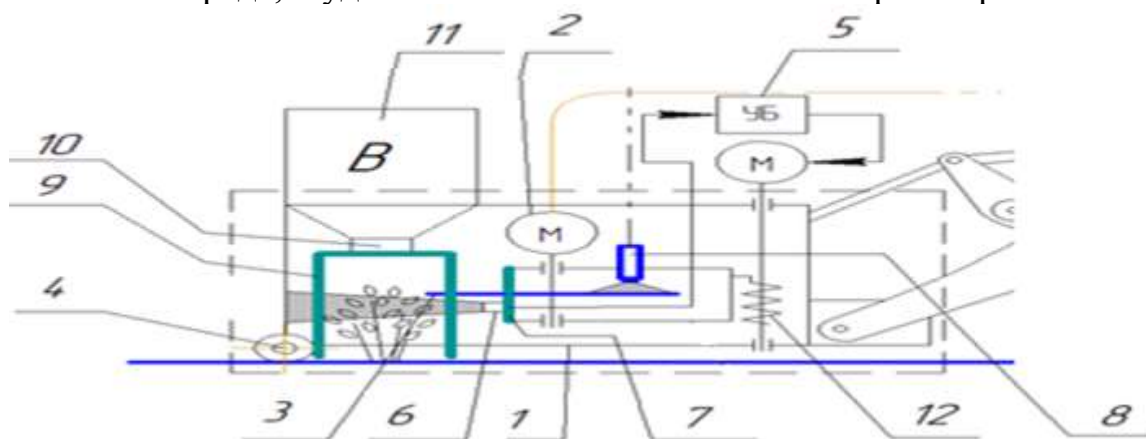


Рисунок 1 – Схема устройства для декапитации картофеля (патент РФ №156015):

- 1 – рама; 2 – гидромотор; 3 – срезающий диск; 4 – ролики; 5 – управляющий блок; 6 – оптический датчик; 7 – кожух; 8 – форсунка; 9 – ботвоподъемник; 10 – воздуховод; 11 – вентилятор; 12 – механизм регулирования

Устройство предлагается сделать секционным, для работы с каждым из рядков растений, причем встроенный механизм регулирования высоты каждой секции, через устройство слежения за уровнем расположения побегов, обеспечит нужную высоту их обрезания.

Применение предложенного механизированного устройства для декапитации картофеля позволит повысить его урожайность, используя внутренний потенциал растения.

Библиографический список

1. Гаспарян, И.Н. Теоретические и практические основы повышения продуктивности посадок картофеля с использованием декапитации в Нечерноземной зоне Российской Федерации: дис. ... докт. с.-х. наук: 05.20.01 / И.Н. Гаспарян. – Москва, 2015. – 250 с.

2. Бицоев, Б.А. Декапитация как технологический прием повышения продуктивности картофеля / И.Н. Гаспарян, Б.А. Бицоев // ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2015. – № 5(69). – С.15-22.

3. Бицоев, Б.А. Обоснование параметров и режимов работы устройства для декапитации картофеля: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Б.А. Бицоев. – Москва, 2019. – 147 с.

4. Бицоев, Б.А. Параметры и режимы работы пневматической системы устройства для декапитации картофеля / Б.А. Бицоев, А.Г. Левшин, С.В. Щиголев [и др.] // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2019. – № 4 (92). – С. 28-28.

5. Ломакин, С.Г. Особенности расчета сегментно-пальцевых режущих аппаратов с приводом ножа механизмами качающейся шайбы и планетарным / С.Г. Ломакин, С.В. Щиголев // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2013. – № 3 (59). – С.13-16.

УДК 634.233: 631.541.2

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РУЧНОЙ ГАЗОННОЙ СЕЯЛКИ

Потапов Вячеслав Иванович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: предложена конструкция ручной газонной сеялки, оборудованной катушечным высевальным аппаратом, которая позволит обеспечить качественный посев травосмесей различного фракционного состава.

Ключевые слова: травосмесь, сеялка, газон.

Сегодня, в условиях ухудшения окружающей среды, озеленение и создание качественных газонов имеет очень важное значение.

Газон – это травянистый фитоценоз, т.е. сообщество из травянистых видов, произрастающее на однородном участке и образующее искусственное дерновое

покрытие, которое создается посевом и выращиванием дернообразующих трав для декоративных, спортивных, почвозащитных или других целей. Наличие травянистого покрова до 17 раз уменьшает поступление органоминеральных элементов в водоемы и предотвращают их цветение. Травянистые покрытия защищают почву от ветровой и водной эрозии. Газоны способствуют улучшению условий для произрастания деревьев. Благодаря посевам газонных трав увеличивается накопление органического вещества в почве, повышается устойчивость деревьев к зимним морозам, весенним заморозкам, а так же к болезням.

В зависимости от функционального назначения газона он делится на группы (декоративные, спортивные, дерновые покрытия защитного типа) [1], а каждая группа на категории соответственно в каждую категорию входит различное количество видов трав. Каждый вид отличается друг от друга формой и размером семян, причем каждого вида семян в травосмеси может быть различное количество.

При создании газонов очень важно создать хорошие стартовые условия для формирования травостоя, благодаря равномерному распределению семян и удобрений. Ручной способ разбрасывания не дает достаточно равномерного распределения удобрений и семян, особенно при ветряной погоде остаются проплешины, на которых быстро разрастаются сорняки, не обеспечивая сомкнуто-диффузное строение травостоя и полное покрытие участка.

В настоящее время посев газонов на больших территориях проводят промышленными полевыми сеялками, а на малых (ограниченных) участках – в ручную, как правило разбросным способом.

Были изучены и испытаны представленные на рынке (заводского изготовления) ручные газонные сеялки с различными типами высевочных аппаратов, но не одна из моделей не соответствовала агротехническим требованиям. Все сеялки регулируются на норму высева с помощью заслонок путем изменения размера высевочных окон, а т.к. размер и форма семян в травосмеси, а значит и сыпучесть, разные, то семена часто подвисают на выходе, тем самым создавая пропуски при посеве где спокойно растут и развиваются сорняки.

Для обеспечения равномерного распределения семян по площади участка была разработана [2] и изготовлена экспериментальная ручная сеялка, которая позволяет осуществлять посев газонных трав с требуемой нормой высева. За основу был взят высевочный аппарат катушечного типа. На его основе был изготовлен экспериментальный высевочный аппарат с длиной катушки 1 м, внешним диаметром 35 мм, двенадцатью желобками глубиной 4,32 мм и шириной 4,15 мм. Привод катушки осуществляется от одного из опорных колес с обгонной муфтой, что позволяет осуществлять маневры. Диаметр колеса 320 мм, что составляет длину окружности 1 м.

Общий вид рассмотренной сеялки представлен на рисунке 1.

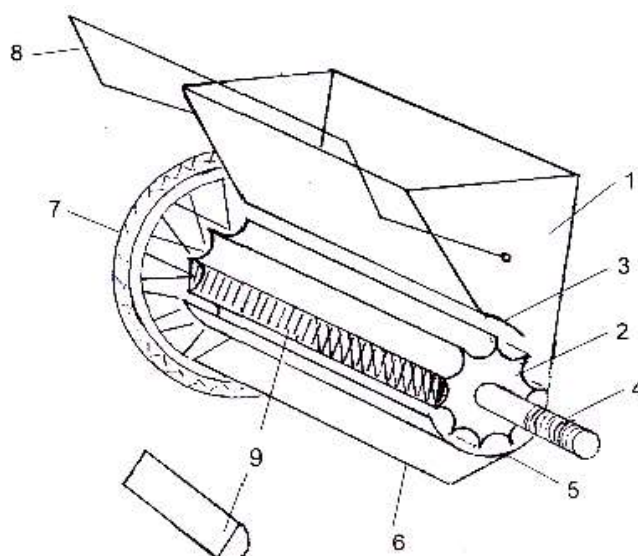


Рисунок 1 – Схема ручной газонной сеялки

Устройство работает следующим образом. В зависимости от нормы высева в желобки катушки (2) устанавливаются ранее изготовленные калиброванные вкладыши (9), которые фиксируются к катушке с помощью хомутов. Они перекрывают часть рабочего объема желобков катушки, что позволяет изменить количество высеваемых им семян. В бункер (1) засыпаются семена трав, которые за счет собственного веса просыпаются через козырек (3) на неподвижное доньшко (5), где заполняют оставшийся объем катушки (2). При повороте катушки, семена высыпаются из ее желобка на специальный щиток (6), установленный в нижней части сеялки и скользят по его поверхности. Щиток позволяет обеспечить более равномерную подачу и распределение семенного материала по поверхности поля.

Предложенная конструкция позволяет обеспечить равномерный высев семян независимо от размеров и формы семян в травосмеси, скорости перемещения.

Библиографический список

1. Газоны: устойчивость, долголетие, декоративность: монография / Н. Н. Лазарев [и др.]. – М: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – 163 с.
2. Патент RU 117250 U1, МПК А01С 7/02. Конструкция высевающего аппарата ручной газонной сеялки / В.И. Балабанов, В.И. Потапов; заявитель и патентообладатель Потапов Вячеслав Иванович. – № 2011143795/13, заявл. 31.10.2011; опубл. 27.06.2012, Бюл. №18. – 4 с.:ил.

УДК: 635.21

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ В НОВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УКЛАДЕ

Воронов Николай Вячеславович, доцент кафедры экологии и физики природной среды, ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»

Старовойтов Виктор Иванович, заведующий отделом, ФГБНУ ВНИИКХ

Старовойтова Оксана Анатольевна, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИКХ

Манохина Александра Анатольевна, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аллаяров Жасур Жуманазарович, аспирант кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Проведены исследования по контролю состояния растений, диагностике и высокоточному внесению питательных и защитных препаратов с целью получения картофеля с заданными свойствами и малой дисперсией этих свойств с помощью БПЛА.

Ключевые слова: картофель, переработка, беспилотные летательные аппараты

Современный технологический уклад характеризуется развитием биотехнологий, геной инженерии, нанотехнологий, систем искусственного интеллекта, робототехники, нейро- и глобальных информационных сетей, интегрированных высокоскоростных транспортных систем. Дальнейшее развитие получает гибкая автоматизация производства, космические технологии, производство конструкционных материалов с заранее заданными свойствами, атомная промышленность. Потребление природного газа будет дополнено расширением сферы использования водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, существенно расширяется применение возобновляемых источников энергии [1].

Повышение эффективности производства сельскохозяйственных культур связано с интенсификацией процессов растениеводства на базе комплексной механизации и внедрения системы машин, отвечающих почвенно-климатическим условиям каждой зоны. Комплексная механизация работ обеспечила выполнение всех основных и вспомогательных операций возделывания, уборки, первичной обработки и хранения сельскохозяйственных культур, в частности клубнеплодов. Однако новый технологический уклад в условиях жесткой конкуренции стран, ставит задачи следующего уровня: интеллектуализации и роботизации производства, повышающих конкурентоспособность российских технологий, создание продукции сельского

хозяйства с заданными технологическими и потребительскими свойствами для здорового и персонализированного питания.

В аграрном секторе современный технологический уклад базируется на широкой биологизации и роботизации, создании новых сортов растений, более эффективных удобрений с новыми свойствами. Широкое применение получают роботизированные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и наземные полевые комплексы для выполнения всех полевых технологических операций: обработки почвы, посадки и посева, внесения удобрений, защитно-стимулирующих веществ (ЗСВ), уборки, хранения, товарной подготовки.

Картофель – одна из 4 главных пищевых культур в мире. Объем производства картофеля в мире составляет 374 млн. тонн, средняя урожайность 17,2 т/га [1].

Решение задач перехода на новый технологический уклад, продовольственной безопасности и обеспечение уровня жизни населения Российской Федерации требуют интенсивного развития и внедрения новых конкурентоспособных технологий в отечественное картофелеводство.

Развитие получают низкзатратные ресурсосберегающие технологии, принципы «зеленой революции». На новый уровень выйдут работы в области генетики и молекулярной биотехнологии. Приоритетным направлением становится разработка природоподобных технологий выращивания сырья с заданными технологическими свойствами и получение высококачественной пищевой продукции с полезными свойствами для здорового и персонализированного питания. Современные подходы при проектировании таких систем базируются на принципах «Smart» технологии (умные технологии).

«Умные» технологии в сельском хозяйстве можно объединить в четыре больших кластера:

1. Точное сельское хозяйство (навигационные системы, дистанционное зондирование (ДЗЗ) и геоинформационные системы (ГИС), дифференцированное внесение удобрений, средств защиты и семян).

2. Сельскохозяйственные роботы (беспилотные летательные аппараты, дроны для слежения за состоянием полей, обработки посадок защитно-стимулирующими веществами и сбором урожая).

3. АIoT-платформы/АIoT-приложения (контроль данных, поступающих с датчиков, техники и других устройств);

4. Big Data (анализ данных, получаемых с датчиков для составления точного прогноза и стратегии) [1, 2].

5. АIoT-проекты позволяют автоматизировать весь цикл сельскохозяйственных операций по выращиванию растений в аэрогидропонике. Обязательными составляющими таких решений являются:

1. Периферийное оборудование для измерения параметров среды и растений по электрическим и электромагнитным, оптическим, оптоэлектрическим и радиометрическим, механическим, лазерным, акустическим, пневматическим и термическим параметрам.

2. Каналы связи (спутниковая связь GPS/ГЛОНАСС, LPWAN, LTE, 3G, GPRS, GSM).

3. АIoT-платформы (web-платформы для создания отраслевых приложений).

4. АIoT-приложения (приложения для ИТ-платформ, самостоятельные приложения для конкретного оборудования).

Методические подходы «Smart» технологий являются основой при разработке агрогидропонных технологий выращивания миниклубней в «Умной теплице» [3-5]. Для того, что бы понять принцип работы «Умной теплицы» нужно разобраться в ее предназначении, а именно в технологической программе по производству той или иной культуры, а в данном случае, для производства миниклубней картофеля.

При производстве миниклубней «Умная теплица» предусматривает интеграцию электроприборов и узлов оборудования, приводящих в действие системы питания, освещения и поддержания микроклимата в единую интеллектуальную систему управления, выстроенную на базе автоматизированного управления различными рутинными технологическими операциями без вмешательства человека, обеспечивая в первую очередь безопасность, энергоэффективность и ресурсосбережение, а также комфортное управление всем технологическим процессом [1].

Биопрепараты, и низкомолекулярные комплексы находят широкое применение для регулирования процессов в отдельных органах живых систем. Однако применение данных препаратов не всегда имеет только положительный эффект при управлении продукционными процессами и связано с определёнными рисками. Поэтому требуется разработка новых принципов управления процессами в живых системах на основе создания управления биологическими процессами с обратными связями. Поскольку управление направлено на живые биологические объекты, обладающие в той или иной степени своей, природной системой управления и возможной реакцией на внешние воздействия, традиционные системы управления в ряде случаев не могут справиться с поставленными задачами и необходимо вводить элементы управления процессами в живых системах на основе создания принципов природоподобного управления. Процессы протекающие в клетке растения сложные и имеют большую скорость, поэтому перспективное управление может базироваться только на базе искусственного интеллекта.

Полевые работы будут базироваться на «Smart» технологиях полевых работ. Точное прогнозирование, беспилотные машины по посадке, дифференцированному внесению удобрений, уходу, уборке и послеуборочной доработке будут составлять основу картофелеводства. Широкое распространение получают дроны по контролю состояния растений, диагностике и высокоточному внесению питательных и защитных препаратов с целью получения картофеля с заданными свойствами и малой дисперсией этих свойств. Это позволит при переработке получать более однородную конечную

продукцию, что в особенности важно при организации персонифицированного питания и переработке.

Библиографический список:

1. Старовойтова, О.А. Конкурентоспособные технологии семеноводства, производства и хранения картофеля / О.А. Старовойтова, С.В. Жевора, В.И. Старовойтов и др. // Росинформагротех, М., 2018. – 236 с.

2. Старовойтов, В.И. Влияние сочетания высокоточного внесения минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество клубней картофеля / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.А. Манохина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – № 2. – 2014. – С. 38-41.

3. Манохина, А.А. Использование нетрадиционных сельскохозяйственных культур для повышения продовольственной безопасности / А.А. Манохина, О.А. Старовойтова // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Под общей редакцией Н.И. Бухтоярова, Н.М. Дерканосовой, А.В. Дедова и др. – 2015. – С. 233-237.

4. Басиев, С.С. Оптимизация почвосмесей при выращивании миниклубней из меристемных растений / С.С. Басиев, Ц.Г. Джиева, О.К. Дзгоев, Шабанов Н.Э., О.С. Хутинаев // В сб.: Картофелеводство: История развития и результаты научных исследований по культуре картофеля сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВНИИКХ. 2015. – С. 153-160.

5. Овэс, Е.В. Выращивание *in vitro* микроклубней с применением контейнерной технологии / Е.В. Овэс, О.С. Колесова, Н.А. Фенина // Современная индустрия картофеля: Состояние и перспективы развития: Материалы VI межрегиональной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2014. – С. 111-115.

УДК: 635.24

АЭРОГИДРОПОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНИКЛУБНЕЙ ОРИГИНАЛЬНОГО СЕМЕННОГО ТОПИНАМБУРА

Хутинаев Олег Сосланбекович, старший научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИКХ

Манохина Александра Анатольевна, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Старовойтова Оксана Анатольевна, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИКХ

Старовойтов Виктор Иванович, заведующий отделом, ФГБНУ ВНИИКХ

Шабанов Низам Эмирсултанович, старший научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИКХ

Шмыгля Ирина Валентиновна, старший научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИКХ

Аннотация. В ФГБНУ ВНИИКХ проведены работы по разработке технологии оригинального семенного топинамбура. Для этого проведено генотипирование сортов, с целью создания паспорта сорта. Топинамбур введен в культуру ткани. Произведены миниклубни. Освоена технология получения миниклубней для производства суперэлиты оригинального семенного топинамбура.

Ключевые слова: топинамбур, *in vitro*, аэрогидропоника, миниклубни.

ВВЕДЕНИЕ

Цель исследований – освоение и совершенствование технологического процесса производства миниклубней оригинального семенного топинамбура для увеличения количественного выхода стандартной семенной фракции «оригинальный семенной топинамбур» и повышения уровня качества в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55757-2013.

Для выполнения поставленной задачи были проведены анализ и освоение схем технологического процесса получения исходного материала для производства суперэлиты топинамбура. Семеноводство топинамбура в Российской Федерации – самостоятельная отрасль растениеводства, направленная на организацию производства районированных сортов для обеспечения товарных посевов доброкачественным семенным и посадочным материалом. В борьбе за высокие урожаи периодически, по мере надобности, любая сельскохозяйственная культура нуждается в обновлении и использовании для посадки только доброкачественного регенерационного материала.

Требования к территориям для семеноводства топинамбура близки к требованиям для семеноводства картофеля. Для размещения питомников оригинального и элитного семеноводства топинамбура используют территории

с наиболее чистыми фитосанитарными условиями: многопольный севооборот с исключением выращивания культур, имеющих общих с топинамбуром патогенов; агротехника для производства семенного материала; система защиты растений; апробация питомников и семенных участков.

Основной мерой борьбы со склеротиниозом и другими болезнями является протравливание посадочного материала, заготовка и посадка только здоровых клубней, прореживание и уничтожение визуально больных растений с визуальной оценкой посадочных клубней [1, 2].

Способы воспроизводства исходного материала

Топинамбур имеет высокий коэффициент размножения. В средней полосе РФ топинамбур размножают преимущественно клубнями или их фрагментами, так как биологические семена этого растения созревают редко. Несмотря на то, что топинамбур цветёт в средних и центральных районах РФ, семена в этих зонах обычно не дозревают. Число семян в пересчёте на 1 корзинку едва достигает 1%.

Сортовые особенности топинамбура в литературе описаны неполно, поэтому встречаются сорта идентичные по описанию, но с разными названиями. В производстве перед размножением сортов топинамбура целесообразно провести их генотипирование. Идентификация генотипов или генотипирование была и остается одной из важных задач в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур. Для решения данной задачи традиционно использовали подходы, основанные на изучении морфо-физиологических и биохимических признаков растений, что не всегда позволяло получить объективную информацию о генетической природе изучаемого материала ввиду полигенности многих из таких признаков и их изменчивости под действием окружающей среды. С конца 80-х годов для решения данной задачи стали широко использоваться методы ДНК анализа, обладающие высокой разрешающей способностью (высокоинформативны) и хорошей воспроизводимостью результатов. Во ВНИИКХ проведено генотипирование 10 сортов топинамбура, ранее введённых в культуру *in vitro*, с использованием ДНК маркеров, выявляющих полиморфизм умеренно повторяющихся последовательностей генома.

Освоение технологического процесса производства оригинального топинамбура. Опыт работы показывает, что в перспективе, при размножении топинамбура в больших объемах могут возникнуть вопросы качества произведенных семян [1, 2], поэтому освоение технологического процесса производства оригинального семенного топинамбура осуществляли по 3-м направлениям:

1. Клоновый отбор здоровых клубней сортов топинамбура из питомника и далее высадка их в поле с последующими фитопрочистками и размножением их, как «суперэлита» в соответствии с разработанными ФГБНУ ВНИИКХ технологическими картами, затем выращивание «суперэлиты» топинамбура в ООО «ВИВА» Костромской области.

2. Введение в культуру и размножение через меристему. В питомнике отбирали здоровые клубни по результатам оценки клонов во время вегетации в

2015 году и после проращивания, вычленения меристемы вводили в пробирки. В 2015-2016 гг. проводили черенкование растений из пробирок для дальнейшего их размножения.

В 2016 г. растения из пробирок высаживали: а) в горшки в пленочные теплицы; б) в пропogаторы – специально изготовленные ВНИИКХ установки для аэрогидропонного метода получения миниклубней.

Преимущества клонального микроразмножения в сравнении с традиционными методами: получение генетически однородного посадочного материала; оздоровление растений от грибных и бактериальных патогенов, вирусных, микоплазменных и нематодных инфекций; высокий коэффициент размножения: при клональном микроразмножении топинамбура за шесть месяцев можно получить 10-15 тыс. растений; возможность проведения работ в течение года, так как рост и развитие растений «*in vitro*» практически не зависят от сезонных изменений; экономия площадей, необходимых для выращивания посадочного материала [3].

Процесс клонального микроразмножения можно разделить на четыре этапа: 1 – введение в культуру *in vitro* растительного материала; 2 – собственно микроразмножение, когда достигается получение максимального количества мериклонов (микропобегов); 3 – укоренение размноженных побегов с последующей адаптацией их к почвенным условиям; 4 – выращивание растений в условиях теплицы и подготовка их к посадке в поле.

При введении топинамбура в культуру «*in vitro*» из одного растения можно получить 4-6 черенков. Замечено, что укореняются лучше верхние черенки [4].

Результаты

Введены в культуру *in vitro* и размножаются десять сортов (гибридов) топинамбура (рис. 1). В лаборатории биоинженерии ФГБНУ ВНИИКХ были проведены работы по введению топинамбура в культуру ткани. Впервые в РФ получены в пробирках сорта топинамбура Скороспелка, Диетический, Подмосковный, Находка и др.



а) Скороспелка

б) Диетический

в) Сиреники

г) Таджикский

Рисунок 1 – Введены в культуру *in vitro* и размножаются сорта топинамбура

Технологический процесс получения *in vitro* микроклубней включает выращивание микрорастений по общепринятой технологии клонального микроразмножения с последующей индукцией клубнеобразования. Наиболее оптимальной для этих целей является среда с минеральной основой Мурасиге-

Скуга с добавлением регуляторов роста и повышенной концентрацией сахарозы для микроклубнеобразования [2].

При выращивании в пробирочной культуре от одного растения обычно формируется 1-2 клубня (в среднем 1,5 клубня) размером 5-9 мм в диаметре. Последние разработки новых систем показали, что при надлежащем управлении средой и применении специальных методов *in vitro* клубнеобразования существует возможность увеличения числа клубней приемлемых размеров (свыше 9 мм в диаметре). Такие микроклубни вполне пригодны для прямой высадки в грунт в весенне-летних теплицах или тоннелях из укрывного синтетического материала (ульtrasил, лутрасил, спанбонд и др.). Выращивание мини-клубней в весенне-летних теплицах должно проводиться при строгом соблюдении фитосанитарных и агротехнических мероприятий, исключающих возможность новых заражений патогенами из вне.

Особенности аэрогидропонного способа выращивания миниклубней топинамбура. При гидропонном способе выращивания миниклубней питание растений осуществляется путем периодического погружения питательного раствора корневой системы в питательный раствор (рисунок 2). В качестве питательной среды используют модифицированный раствор Кнопа. Концентрация солей в среде может меняться в зависимости от фаз и сроков вегетации и поддерживается в пределах 0,9-2,2 мг/л, рН питательной среды – 5,9-6,3.

Периодическая подача питательного раствора проводится с определенными интервалами: в течение периода роста растений 5 минут подается раствор, после этого 15 минут перерыв, в период клубнеобразования – 5 минут подается раствор, 25 минут перерыв. Раствор полностью заменяют через каждый месяц, а в течение месяца при необходимости пополняется с корректировкой содержания макро- и микроэлементов.



Рисунок 2 – Клубнеобразование на аэрогидропонной установке

Важное значение в период вегетации растений имеет правильный выбор фотопериода и спектра освещения [3].

Подача питательного раствора и освещение растений регулируется с помощью таймеров, настроенных на соответствующие режимы. Относительная влажность воздуха в помещении поддерживается на уровне 50-55%.

Для аэропонного способа производства миниклубней применяют различные типы установок, где питание растений осуществляется путем подачи питательного раствора к корням в виде аэрозоля, насыщенного кислородом. Так

как корни находятся в воздушном пространстве, важно поддерживать повышенную влажность воздуха, оберегая корни от пересыхания (рис. 2). ЕС (электропроводность) питательного раствора выбирается из расчета от 0,9 до 1,5, рН на уровне 5,9-6,3. При выращивании в пропаторах уборку проводят вручную постепенно по мере созревания клубней и достижения ими стандартного размера (массы клубней 7-10 г). Хранение клубней осуществляют при температуре -1 °С - +4°С и влажности воздуха 95-85% [5].

Возможность более производительного использования лабораторного оборудования и культивационных помещений путем получения *in vitro* микроклубней в течение осенне-зимнего сезона (сентябрь-январь) и клонального размножения микрорастений до необходимых объемов в течение зимне-весеннего сезона (январь-май) с последующим выращиванием миниклубней в контролируемой среде под защитой от насекомых переносчиков инфекций (включая аэрогидропонные сооружения и тоннели из легких укрывных материалов) позволяет практически удвоить объём производства суперэлиты стандартного качества и обеспечить повышение рентабельности на 29%.

ВЫВОДЫ. Предлагаемые приемы для практического внедрения с наибольшей эффективностью можно реализовать на базе современных хорошо оснащенных высокотехнологичных предприятий, специализированных на оригинальное семеноводство топинамбура.

Возможность более производительного использования лабораторного оборудования и культивационных помещений путем получения *in vitro* растений в течение осенне-зимнего сезона (сентябрь-январь) и клонального размножения микрорастений до необходимых объемов в течение зимне-весеннего сезона (январь-май) с последующим выращиванием миниклубней в контролируемой среде под защитой от насекомых переносчиков инфекций (включая аэрогидропонные сооружения и тоннели из легких укрывных материалов) позволяет практически удвоить объём производства суперэлиты стандартного качества и обеспечить повышение рентабельности на 29%.

Библиографический список

1. Дунин, М.С. Болезни и вредители топинамбура / М.С. Дунин // Труды ВНИИ зерновых культур. – М. – Т. VI. Вып. 1. – 1935. – 204 с.
2. Старовойтов, В.И. Методические рекомендации к Типовой технологии крупномасштабного производства оригинальных семян топинамбура В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, О.С. Хутинаев, В.А. Бирюкова, И.В. Шмыгля, А.А. Манохина, В.В. Баранов // Москва. – 2016. – 29 с.
3. Мартиросян, Ю.Ц. Аэропонные технологии в первичном семеноводстве картофеля – преимущества и перспективы /Ю.Ц. Мартиросян // Картофелеводство. Материалы научно-практической конференции «Методы биотехнологии в селекции и семеноводстве» / ГНУ ВНИИКХ Россельхозакадемии. – М. – 2014. – С.175-179.

4. Патент на изобретение RUS 2534350 20.10.2012 Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Черников Д.В., Манохина А.А., Шмыгля И.В., Бойко Ю.П., Бойко В.В., Феоктистов А.Н. Способ выращивания растений топинамбура //

5. Хутинаев, О.С. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О.С. Хутинаев, В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.А. Манохина, Н.Э. Шабанов, О.С. Колесова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2018. – № 4 (86). – С. 7-14.

УДК 528.8, 58.084

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ЗАСОРЁННОСТИ ПОЛЕЙ БОРЩЕВИКОМ СОСНОВСКОГО

***Фирсов Антон Сергеевич**, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА*

***Смирнов Алексей Анатольевич**, инженер кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА*

***Русаков Александр Сергеевич**, инженер кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА*

***Лозован Владислав Романович**, инженер кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА*

***Лисицын Андрей Сергеевич**, инженер кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА*

***Горбунов Михаил Сергеевич**, инженер кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА*

***Аннотация:** Предложены методики мониторинга залежных земель, засорённых борщевиком Сосновского, на основании которых установлены наиболее рациональные по трудоёмкости, точности и прямым затратам на реализацию факторы.*

***Ключевые слова:** залежные земли, мониторинг, картограмма, точность измерений, дистанционное обследование, борщевик Сосновского.*

Залежные земли (залежь) - это пашня, необрабатываемая длительный период времени. Дорожной картой плодотворного использования сельскохозяйственных угодий ФГБОУ ВО Тверская ГСХА предусмотрено освоение залежных земель. Вместе с тем, ввод в севооборот данных территорий зависит от степени и вида засоренности. К одним из видов засоренности можно отнести такое сорное растение как борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi Manden*).

Растение отличается мощной корневой системой, имеет крупные листья, вырастающие до полуметра в длину. Может цвести с июня по октябрь. Цветки

чаще все белые, собраны в крупный зонтик. В мире известно около 70 видов борщевика, а в Российской Федерации около 40. Известно, что с 2015 года данное растение отнесено к сорным. Борщевик Сосновского (БС) – Кавказский вид, многолетнее или чаще двулетнее растение, высотой до 3 метров. После цветения растение отмирает. Наружные лепестки краевых цветков резко увеличены до 1,5 см длины. Он особенно опасен, так как вызывает сильные ожоги, особенно в солнечные дни, поскольку содержит фурукумарины. В настоящее время значительное количество площадей поражено данным сорным растением. Не исключение и территории земельного фонда ФГБОУ ВО Тверская ГСХА. Примерная засоренность исследуемых участков составляет около 30%.

На законодательном уровне в настоящий момент уже существуют и апробируются различные нормативные документы, ужесточающие требования к содержанию в собственности земель сельскохозяйственного назначения. Так на июнь 2019 года в Московской области разработан закон, на основании которого предусмотрен штраф для физических лиц, который может составить от 2 до 5 тыс. руб. и от 150 тыс. руб. до 1 млн. руб. для юридических лиц.

Для выбора машинных технологий или локального способа борьбы с БС необходимо определение биологической массы, так как это непосредственно и будет определять прямые затраты.

Заращение инвазивным высокостебельным сорным растением Борщевиком Сосновского для Тверской области сопоставимо явлению экологического бедствия.

В рамках Внутривузовского гранта, на основании дорожной карты истребления борщевика Сосновского на начальном этапе предусмотрен мониторинг полей, закреплённых за ФГБОУ ВО Тверская ГСХА на наличие очагов заражения. Известно, что при заращении БС на сельскохозяйственных угодьях снижается плодородие и деградирует агроландшафт в целом. Для реализации мероприятий по мониторингу участков, закреплённых за ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, кафедрой технологических и транспортных машин и комплексов ведутся исследования по определению рациональных методов по критериям точности измерений и трудоёмкости процессов картографирования.

Обоснование рационального метода мониторинга полей позволит не только создать необходимую базу данных очагов заражения БС сельскохозяйственных угодий, но и определить заражённость личных подсобных хозяйств, а также населённых пунктов с последующим оформлением соответствующих рекомендаций по угнетению БС. Наиболее точный метод определения ареалов засоренности БС позволит однозначно определить материально-технические затраты на его угнетение и полное уничтожения. Завышенные ошибки расчётных площадей очагов заражения БС повышают себестоимость агротехнических и химических методов борьбы с борщевиком.

На начальном этапе определены границы участков, закреплённых за ФГБОУ ВО Тверская ГСХА и методом наложения на картограмму Гугл карты [1] (рис. 1) с использованием карты кадастра [2].

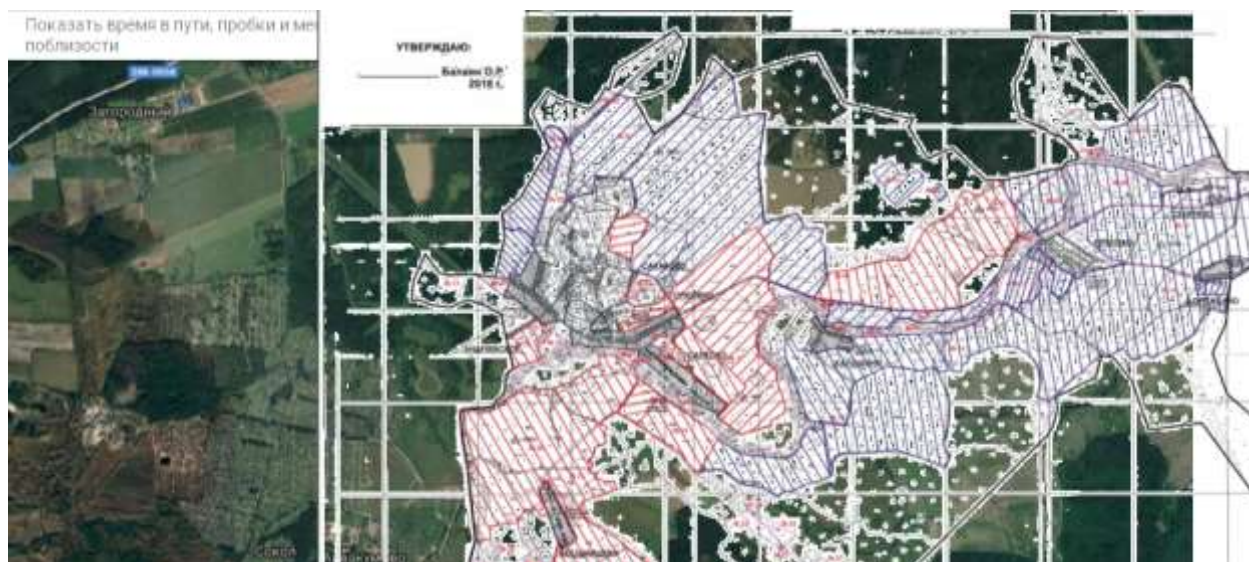


Рисунок 1 – Фрагмент картограммы ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, наложенной на спутниковую карту

Далее, на основании определения границ участков, на примере кадастрового номера 69:40:0100643:4 выделены основные заражённые участки (№ 22, 79, 501, 502) (рис. 2).



Рисунок 2 – Публичная кадастровая карта ФГБОУ ВО Тверская ГСХА
а – фото со спутника, б – фото со спутника с кадастровыми номерами

Затем осуществляется определение участков, заражённых БС различными методами. В процессе эксперимента выделено 4 метода определения – с использованием космических фотографий (А), с применением беспилотных летательных объектов (Б), оснащённых камерой [3], применение квадроцикла (В), с закреплённой камерой марки GoPro Hero 5 Black, а также вариант «вручную» (Г) с применением телефона с геолокацией, позволяющим осуществить панорамное фотографирование.

На следующем этапе осуществлена попытка наполнения базы данных на доступном сервере Google maps панорамными фотоматериалами с привязкой к

координатам, однако представленные фото и видеоматериалы на данный момент времени отклонены и недоступны всем пользователям сети Интернет.

Полевой эксперимент проведён в течение 2019 года с мая по ноябрь. Обработанные результаты апробации методик сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результат апробации методов на примере участка № 29 (теплица)

Метод анализа	Площадь, м ²	Засорённость участка, м ² / шт.	Группа засорённости (засорённость, %)	Трудоёмкость, чел.-ч	Средняя стоимость, руб./участок / (руб./м ²)
А	9810,0	1900 / -	1 (19,3)	0,15...0,20	11000,0
Б	9812,0	1950 / -	1 (19,9)	0,3...0,45	230,0/(230,0)
В	9742,0	2100 / 812	2 (21,6)	0,5...0,55	1000,0/(90,0)
Г	9700,0	2882,13 / 834	2 (29,7)	0,58/0,02	2100,0/(20,0)

Анализ результатов, представленных в виде таблицы, показывает, что наиболее точные данные получены использованием метода «вручную» (Г). Относительно данного метода, точность остальных методов составила следующие значения: А – 98,8%; Б – 98,8%; В – 99,6%, что позволяет сделать вывод о приемлемой точности использования методов при определении площади участков. Вместе с тем, анализ по фактической засорённости и группе засорённости показал на расхождения данных, а наиболее близкий по точности и наименее трудоёмким является метод Б с применением видео фиксации заражённых участков. Высокая трудоёмкость данного метода объясняется последующей расшифровкой полученных видеоматериалов.

Методики В и Г наиболее трудоёмкие и требуют не только материальных вложений, но и прохождения допуска по данному виду работ с обязательным наличием средств индивидуальной защиты. Несмотря на то, что метод «вручную» признан наиболее точным, поскольку определение количества осуществляется глазомерным методом [4], он является наиболее трудоёмким и наименее затратным с точки зрения фактического определения растений борщевика Сосновского в количественном соотношении.

Следующим этапом исследования является составление автономной картограммы засорённости БС с последующим наполнением панорамными фотографиями с привязкой по геолокации и последующей обработкой полученных данных с применением алгоритмов в виде специальных программ для ПК [5], например Arc Gis 10.4. На основании полученных данных разрабатывается отчёт соответствующей формы с указанием степени засорённости БС, а в случае угнетения сорной растительности на выделенном участке вывод об эффективности используемого приёма и технико – экономического обоснования применяемого метода удаления БС.

Библиографический список

1. Google Карты [Электронный ресурс]. URL: <https://www.google.com/maps/@56.9015471,36.0445923,16z?hl=ru-RU> (дата обращения 04.12.2019).
2. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. URL: <https://egrp365.ru/map/?kadnum=69:40:0100643:4> (дата обращения 04.12.2019).
3. Смирнов, С.Н. Проектирование выравнителя с учётом свойств почвы / С.Н. Смирнов, В.В. Голубев // Сборник трудов студентов и молодых учёных «Проблемы и направления развития предприятий АПК: Взгляд молодых учёных. Тверь. – Тверская ГСХА. – 2018. – С. 130-132.
4. Фомин, Д.С. Идентификация борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi Manden*) по данным дистанционного зондирования Земли в Среднем Предуралье / Д.С. Фомин, А.Н. Чащин // Известия Оренбургского ГАУ. – № 1 (75). – 2019. – С. 68-70.
5. Рыжиков, Д.М. Метод обработки мультиспектральных спутниковых данных для решения задачи контроля зон произрастания борщевика Сосновского / Д.М. Рыжиков // Информационно-управляющие системы. – № 6 (91). – 2017. – С. 43-51.

УДК 631.314

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРУТКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ ПОД МЕЛКОСЕМЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Елисеев Юрий Васильевич, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Голубев Вячеслав Викторович, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Морозов Павел Вячеславович, аспирант кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Громов Владислав Валентинович, лаборант кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Туманов Иван Владимирович, профессор кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Аннотация. Одним из актуальных вопросов предпосевной подготовки почвы в весенний период под мелкосеменные культуры, является качественное создание поверхностного слоя и семенного ложа с установленными параметрами. Реализация технологического процесса качественной подготовки почвы возможна обоснованием параметром и режимов работы пруткового катка.

Ключевые слова: прутковый каток, теоретическое обоснование параметров и режимов работы катка, предпосевная обработка почвы под мелкосеменные культуры.

В системе агротехнологических мероприятий, связанных с обработкой почвы, одним из важнейших звеньев является качественное выполнение технологического процесса предпосевной подготовки почвы под стратегические мелкосеменные культуры, такие как лён-долгунец, яровой и озимый рапс, техническая конопля. Как известно, почвообрабатывающие катки (ПК) используются в основном для выполнения технологической операции, связанной с уплотнением [1]. Однако, собственные аналитические исследования и результаты лабораторно-полевых опытов [2] позволили установить технологические процессы, связанные также с крошением и выравниванием поверхностного слоя почвы. Следовательно, воздействие ПК должно обеспечивать соответствующее сложение почвенного горизонта не только за счёт перераспределения влаги в почве, разрушения глыб, но и для выравнивания поверхностного почвенного горизонта [3].

Целью исследований на данном этапе является оценка влияния конструктивных параметров и технологических режимов работы катка [4] в технологии освоения залежных земель [5]. Задачами исследования являлось определение степени влияния факторов предпосевной обработки почвы на изменение физико-механических и технологических свойств почвы.

На основании теории взаимодействия ротационных почвообрабатывающих рабочих органов с почвой на кафедре технологических и транспортных машин и комплексов выполнен анализ работы катка без оси.

При качении жесткого катка-выравнивателя по мягкому грунту под влиянием нагрузки G_k и тяговой силы Q возникают деформации смятия и сдвига почвы с образованием колеи (рис.1).

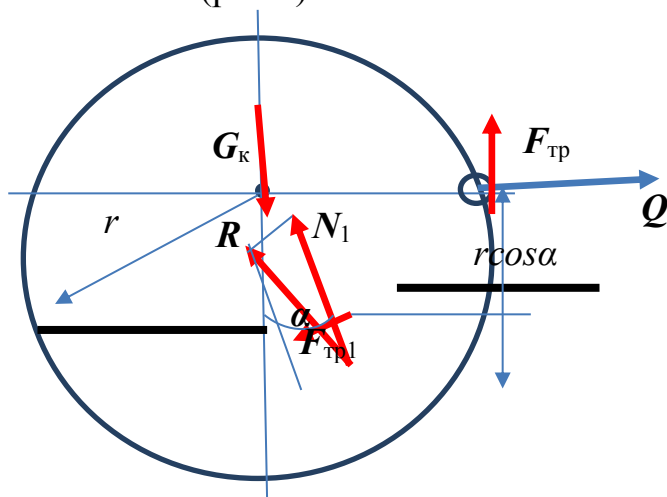


Рисунок 1 – Схема взаимодействия катка с почвой

G_k – сила тяжести катка, Н; N_1 – нормальная реакция при взаимодействии с почвой, Н; $F_{тр1}$ – сила трения, возникающая при взаимодействии с почвой, Н; R – результирующая реакция почвы на каток, Н; Q – «тянущая» сила, Н; r – радиус катка без оси; $F_{тр2}$ – сила трения внутренней поверхности катка об элемент, к которому приложена «тянущая» сила, Н.

Нормальная сила реакции почвы N_1 и сил трения $F_{тр1}=\mu_1 N_1$ между катком и дорогой расположены по вертикали на расстоянии $(r \cdot \cos \alpha)$ от оси катка. Кроме

того, в точке контакта тянущей трубы и катка возникает сила трения $F_{тр2}=\mu_2Q$ (рис. 2).

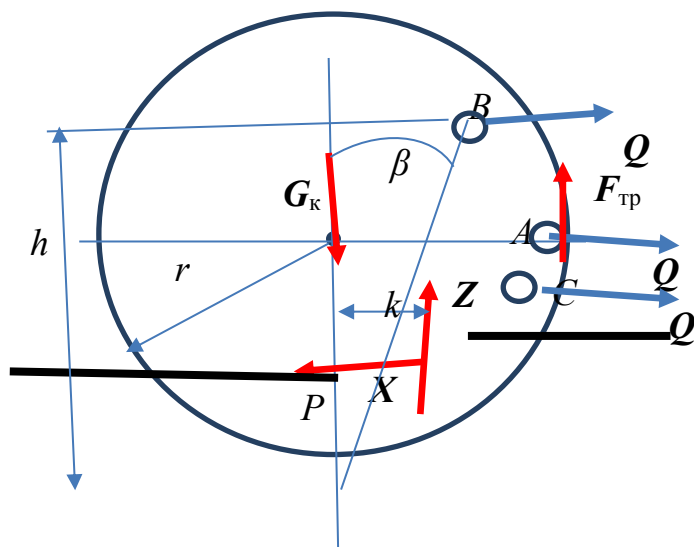


Рисунок 2 – Варианты приложения «тянущей силы» к катку

Результирующую силу R (геометрическая сумма сил N_1 и $F_{тр1}=\mu_1N_1$) разложим на две составляющие: нормальную к плоскости почвы Z и перпендикулярную ей (параллельную плоскости почвы) X (рис.2). Например, для приложения силы тяги в точке A . Движущая сила – Q . Сила сопротивления X образует с силой Q вращающую каток пару с моментом $M_{вр} = X \cdot r \cdot \cos \alpha$. Нормальная реакция смещается вперед на расстояние k см – это коэффициент трения качения, зависящий от физико-механических свойств почвы и комков на ее поверхности. Момент сопротивления качению $M_c = G_k \cdot k$.

В общем случае приложения силы тяги для определения моменты пары сил (Q, X) можно сделать некоторые упрощения и тогда $M_{вр} = Q \cdot h = 2r \cdot Q \cdot \cos^2 \beta$.

При этом уравнение моментов относительно оси вращения колеса запишется как

$$Z \cdot k + M_{c2} = 2r \cdot Q \cdot \cos^2 \beta, \quad (1)$$

Из рис. 2 видно, что сила тяги равна реакция почвы $Q = X$, а сила тяжести (вес катка) уравнивается реакцией Z , т.е. $G_k = Z$.

Момент сопротивления, возникающий от контакта тянущей трубы и катка определится выражением

$$M_{c2} = F_{тр2} \cdot r. \quad (2)$$

С учётом выражения $F_{тр2} = \mu_2 \cdot Q$, можно записать, что

$$2r \cdot Q \cdot \cos^2 \beta = Z \cdot k + M_{c2}, \quad (3)$$

или, если пренебречь моментом сопротивления M_{c2} ,

$$2r \cdot Q \cdot \cos^2 \beta = G_k \cdot k. \quad (4)$$

Отсюда тянущая сила Q равна

$$Q = G_k \cdot k / 2r \cdot \cos^2 \beta. \quad (5)$$

Реализация предложенной математической модели позволит изменять удельную нагрузку, а следовательно и плотность поверхностного слоя почвы в требуемых пределах без изменения конструкции и массы рабочего органа.

Разработанная и изготовленная конструкция почвообрабатывающего катка апробирована в условиях лаборатории кафедры технологических и транспортных машин и комплексов [3].

В соответствии с утверждённой на кафедре технологических и транспортных машин и комплексов программой эксперимента, исследовались следующие факторы – количественные: удельная нагрузка на почву, поступательная скорость перемещения; качественный – тип катка или степень воздействия рабочей поверхности на почву (табл. 1).

Таблица 1

Матрица полнофакторного эксперимента типа 2³

Факторы	Кодовое обозначение	Единица измерения	Уровни варьирования			Интервал варьирования
			(-1)	(0)	(+1)	
Удельная нагрузка, А	X1	Н/м	40	-	60	20
Поступательная скорость, В	X2	м/с	2,0	-	2,7	0,7
Тип катка, С	X3	%	30	-	100	70

При выполнении лабораторно-полевого эксперимента отклик определялся приборами из полевой лаборатории Литвинова (ПЛЛ). Почвенные образцы брались с поверхностного горизонта не более чем на глубину 5...6 см. Повторность измерений принята трёхкратной. На основании полученных данных, обработанных статистически с применением методики, предложенной Хайлисом Г.А., а также программного продукта Mathcad Prime – 3.0 получено регрессионное уравнение

$$\rho(P, V, S) = 1,2 + 0,47VS - 0,47V - 0,85S, \quad (6)$$

где ρ – плотность почвы, г/см³;

P – удельная нагрузка, Н/м;

S – степень воздействия рабочей поверхности на почву, %.

Проверка адекватности составленного уравнения регрессии экспериментальным данным выполнена с использованием критерия Фишера F . На основании расчётов установлено, что

$$F = 1.08 < 2.78 = F(0,05;4;24), \quad (7)$$

на основании чего можно сделать вывод об адекватности модели.

Аналогичным образом осуществлено измерение данных по выровненности, гребнистости и комковатости, на основании чего строились поверхности откликов. Предварительными данными лабораторных исследований установлено, что на изменение плотности почвы оказывает степень воздействия рабочей поверхности катка на почву. При сплошной гладкой поверхности наблюдалось существенное увеличение плотности в поверхностном слое, даже при минимальной удельной нагрузке. Гладкий сплошной каток также полностью деформировал почвенные комки, увеличивая эрозионную составляющую почвы.

Вместе с тем, подобраны режимы работы пруткового катка-выравнивателя [2, 4], позволяющего создать почвенные характеристики, соответствующие

предъявляемым агротехническим требованиям. Диаметр катка-выравнивателя 300...310 мм; ширина захвата – 90...100 см; размер ячейки – 20x20 мм при удельной нагрузке 145...150 Н/м ширины захвата.

В качестве выводов следует отметить, что предложенная математическая модель и конструкция упругого катка позволяет создать требуемые условия при подготовке почвы, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

Следующим этапом исследований и является реализация предложенного технологического процесса в очередном полевом опыте и производственных условиях предприятий Тверской области.

Библиографический список

1. Громов, Р.В. Анализ конструкций сошников сеялок для прямого посева / Р.В. Громов, В.В. Голубев // Совмещённые посевы полевых культур в севообороте агроландшафта. Материалы международной научной экологической конференции. – 2016. – С. 359-361.

2. Громов, В.В. Методика проведения лабораторного исследования упругого выравнивающего органа / П.В. Морозов, В.В. Громов, В.В. Голубев // Сборник научных трудов Актуальные вопросы применения инженерной науки. Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства РФ. – РГАТУ им. П.А. Костычева. – 2019. – С. 57-61.

3. Морозов, П.В. Результаты исследования пруткового катка-выравнивателя / П.В. Морозов, В.В. Громов, Л.Ю. Васильева // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 22 октября 2019 г «Научные приоритеты в АПК: инновации, проблемы, перспективы развития». Часть 2. Тверь. – ТГСХА. – 2019. – С. 98-102.

4. Морозов, П.В. Методика проведения лабораторного эксперимента ротационного выравнивающего органа / П.В. Морозов, А.Н. Андреев, В.В. Голубев // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов. Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции 12-14 февраля 2019 г. – Тверь. – Тверская ГСХА. – С. 238-242.

5. Кудрявцев, А.В. Технологии улучшения кормовых угодий / В.В. Голубев, А.В. Кудрявцев, М.В. Никифоров и др. // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов. Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции 12-14 февраля 2019 г. – Тверь. – Тверская ГСХА. 2019. – С. 206-208.

МЕТОДИКА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО СПОСОБА БОРЬБЫ С БОРЩЕВИКОМ

Калинин Илья Сергеевич, инженер, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Камынин Павел Сергеевич, старший преподаватель, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Кудрявцев Андрей Васильевич, профессор кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Киселёва Вероника Дмитриевна, инженер, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Аннотация: На основании анализа существующих методов борьбы с высокостебельными сорными растениями выполнен обзор способов угнетения, и удаления отдельных элементов растительной части. Установлены перспективные инновационные методы борьбы с борщевиком. Проанализированы результаты апробированных методов на опытных участках ФГБОУ ВО Тверская ГСХА.

Ключевые слова: Борщевик, почва, механическое удаление, экологически безопасные методы, эксперимент, исследование, сорняк.

В середине XX века борщевик использовался в качестве кормов и проходил отдельные виды селекции. С течением времени данная сельскохозяйственная культура перестала использоваться как источник для создания кормовой базы ввиду ряда негативного воздействия. Начиная с 2015 года, как сельскохозяйственная культура, борщевик Сосновского выведен из реестра культурных растений. Однако, научно обоснованных методов по его удалению, подтверждённых многолетними исследованиями, на данном этапе не установлено.

Одной из основных проблем сельского хозяйства Тверской области является зарастание почв сельскохозяйственного назначения высокостебельным сорняком, борщевиком Сосновского (*Heracléum Sosnowskyi*). Целью выполняемых поисковых исследований в рамках внутривузовского гранта является анализ методов, инновационных технологических процессов и устройств для борьбы с борщевиком Сосновского и очистки земли от данного сорняка.

На основе анализа литературы установлено, что существует четыре основных метода борьбы с борщевиком, а именно: – механический; – химический; – агротехнический, – электромеханический [1].

При удалении борщевика Сосновского следует учесть, что сок у борщевика является очень ядовитым ввиду содержания фурукумаринов и может вызывать ожоги I степени. Дополнительную угрозу также могут представлять его запах и пыльца. Поэтому в сельском хозяйстве необходимы машины для борьбы с борщевиком, с учётом указанных факторов. Для борьбы с корнями и семенами борщевика Сосновского в ФГБОУ ВО Тверская ГСХА разрабатывается специальное устройство [2].

Устройство представляет собой излучатель, воздействующий на поверхность почвы. Разрабатываемое устройство позволяет уничтожать все корни и семена борщевика не только в труднодоступных местах, но и на участках закрытого грунта – фермерских, личных, приусадебных и домашних хозяйствах.

Разрабатываемое устройство актуально для потребителя, поскольку практика борьбы с борщевиком показывает, что после скашивания борщевика Сосновского всегда остаются в земле его мощные корни. Также на почву осыпаются семена из зонтиков, количество которых колеблется в среднем от 10 до 20 тысяч семян, что способствует новому появлению борщевика.

Для изготовления макетного образца устройства на начальном этапе было проведено лабораторное исследование [3], в ходе которого выполнено следующее: сбор образцов; распределение образцов по возрастной категории; обработка образцов излучением; подведены итоги лабораторного исследования.

На почвенном канале лаборатории кафедры технологических и транспортных машин и комплексов ФГБОУ ВО Тверская ГСХА собран и установлен прототип излучателя, который воздействует на поверхность почвы опосредованно корпусу различной формы. Изготовлены и исследованы корпуса двух видов – цилиндрической и конусной формы. На основании предварительных исследований установлен корпус в виде конуса, поскольку он обладает более высокой эффективностью распространения излучения на почву.



Рисунок 1 – Испытание прототипа излучателя на почвенном канале

Следующим шагом после проведения лабораторных испытаний является установка прототипа устройства на трактор марки Т-25А (рис. 2). Устройство имеет отдельное электропитание через бортовую сеть трактора Т-25А, подключенное через инверторный преобразователь, который установлен в кабине трактора.



Рисунок 2 – Установленный прототип излучателя на трактор Т-25А

В результате проведения исследований в пятикратной повторности получены данные, которые обработаны статистически с применением лицензионной программы [4]. Результаты данного опыта занесены в таблицу 1.

Таблица 1

Показатели влажности (W) корней от времени (t) под излучением

t, (с)	30	180	300	420	600
Повторность					
1	85	55	42	23	2,6
2	83,5	54,5	44	29	0,8
3	85,5	59	41	25	0,5
4	86,5	53,5	40	25	2,6
5	87	64	45	31	1
Средние показатели влажности $W_{cp}, (\%)$	85,5	57,2	42,4	26,6	1,5

Из таблицы 1 следует, что корни, которые находились на глубине 0,2 м под излучением 10 минут, стали иметь влажность 1...3 %. Кончики корней ближе к поверхности подгорели и преобразовались в минеральное удобрение. Сорняк утратил жизнеспособность.

Подводя итог можно сказать, что разрабатываемое устройство поможет в дальнейшем упростить борьбу с таким сорняком, как борщевик Сосновского, позволив остановить его распространение не только на сельскохозяйственных угодьях, но и городской черте.

Библиографический список

1. Киселёва, В.Д. Классификация способов удаления борщевика Сосновского / В.Д. Киселёва, А.С. Фирсов / Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции 12-14 февраля 2019 г. – Тверь. – ООО «Наукоёмкие технологии». – 2019. – С. 245-246.
2. Кудрявцев, А.В. Лугопастбищная техника. Монография /В.В. Сафонов, А.В. Кудрявцев / Тверь. – Тверская ГСХА. – 2014. – 211 с.
3. Калинин, И.С. Результаты лабораторных исследований угнетения борщевика / И.С. Калинин, А.В. Кудрявцев, А.С. Фирсов и др. // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 22 октября 2019 г «Научные приоритеты в АПК: инновации, проблемы, перспективы развития». Часть 2. Тверь. – ТГСХА. – 2019. С. 111 – 114.
4. Гибадуллин, А.А. Решение уравнений в математических пакетах прикладных программ / А.А. Гибадуллин // В сборнике: Научные достижения и открытия современной молодёжи сборник статей победителей международной научно-практической конференции: в 2 частях. – 2017. – С. 1199-1201.

УДК 631.33.024.2

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА ДЛЯ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР

Фирсов Антон Сергеевич, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Белякова Елена Сергеевна, ассистент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Судакова Мария Сергеевна, инженер кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Аннотация: В статье приведено обоснование конструкции и описание технологического процесса работы комбинированного сошника при посеве мелкосеменных культур с одновременным внесением удобрений узкорядным способом с последующим прикатыванием.

Ключевые слова: сошник, комбинированный сошник, мелкосеменные культуры, дисковый сошник, посев, сеялка, комбинированная машина, разноуровневый посев, прикатывание.

Одним из основных рабочих органов посевной машины является сошник. В настоящее время установлено, что современные сошники не в полной мере выполняют агротехнические требования на посев, а также имеют ряд недостатков [1]. Исходя из этого, на кафедре технологических и транспортных машин и комплексов Тверской ГСХА разработан принципиально новый сошник, обеспечивающий комбинированный посев на разную глубину в две строки.

Комбинированный сошник для посева мелкосеменных культур состоит из полой стойки, на которой жестко закреплены: основной диск, тукопровод, семяпроводы и каток (рис. 1).

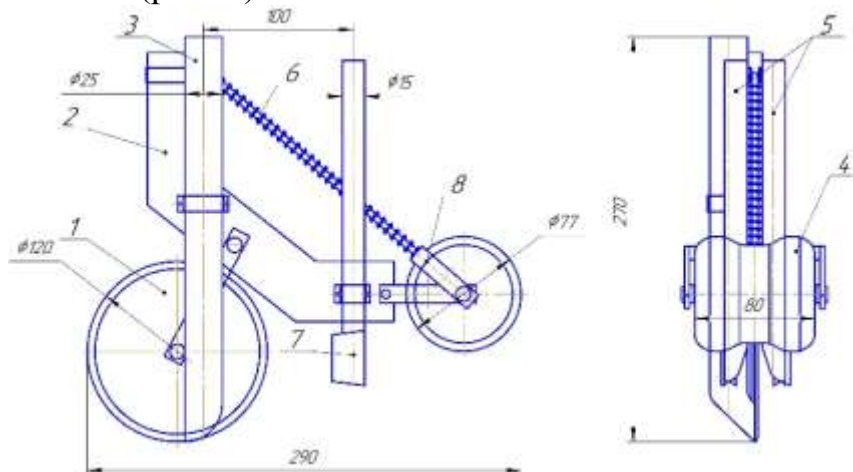


Рисунок 1 – Комбинированный сошник:

1 – диск, 2 – рама, 3 – тукопровод, 4 – прикатывающий каток, 5 – семяпроводы, 6 – ось с пружиной, 7 – накладки-бороздообразователи, 8 – скоба

Основной диск образует борозду для укладки основной дозы минеральных удобрений. Угол расположения диска относительно хода движения характеризуется зависимостью:

$$\sin \alpha \leq \frac{a}{d_1}, \quad (1)$$

где a – ширина борозды для укладки туков, мм;

d_1 – диаметр основного диска, мм.

Диаметр основного диска зависит от глубины внесения удобрений:

$$d_1 = 2 h_{max} - d_{оп}, \quad (2)$$

где h_{max} – глубина высева туков, мм;

$d_{оп}$ – диаметр опоры вращения основного диска, мм.

Таким образом, угол расположения диска относительно хода движения определяется как:

$$\sin \alpha \leq \frac{a}{2 h_{max} - d_{оп}}, \quad (3)$$

В подготовленную основным диском борозду, через тукопровод, жестко закрепленный на раме, поступают минеральные удобрения.

Через семяпроводы происходит высев семян на заданную глубину посева, в нижней части семяпроводов находится накладка, которая формирует бороздку. Для предотвращения износа семяпровода используются стальные накладки. Накладка установлена под углом, при котором не выносятся нижние слои почвы, во избежание потери влаги.

Расстояние между тукопроводом и семяпроводами обосновывается площадью питания семян мелкосеменных культур и способом посева культуры. Минимальное расстояние между формирующими борозду рабочими органами, с учетом характера деформации почвы определится следующим образом:

$$c = \frac{\sqrt{3}}{2} k \cdot a, \quad (4)$$

где a – ширина борозды для укладки туков, мм;

k – коэффициент сгуживаемости почвы перед рабочим органом (2...6).

При этом коэффициент сгуживаемости почвы перед рабочим органом напрямую зависит от гранулометрического состава почвы и определяется экспериментальным путем.

Каток с впадиной по центру предназначен для равномерного прикатывания бороздок и формирования плотного полевого ложа (рис. 2). Для осуществления технологической операции прикатывания полевого ложа сошник снабжен прижимной пружиной. Регулировка прижимной пружины позволяет обеспечить необходимую плотность почвы.

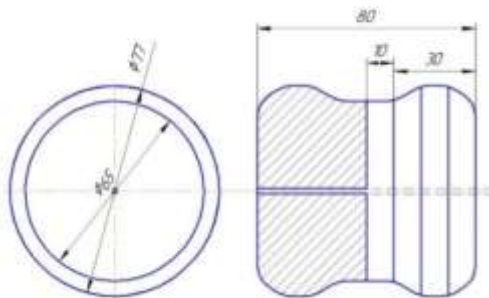


Рисунок 2 – Прикатывающий каток

Отметим, что при проведении посева с одновременным внесением минеральных удобрений одним из определяющих показателей качества технологической операции является выполнение агротехнических требований на посев [2].

Приведем описание основных геометрических параметров и агротехнических требований при работе комбинированного сошника. Ширина рабочей поверхности основного диска составляет 1 см. Диаметр тукопровода при осуществлении технологической операции посева мелкосеменных культур составляет 2,5 см, а диаметр семяпроводов – 1,5 см. Рабочая ширина бороздообразователей – 1,5 см. Рабочая ширина катка – 8 см. Способ посева – узкорядный. Минеральные удобрения вносятся на глубину от 5 до 6 см. Глубина посева семян до 2 см. Расстояние между семенами в рядке 1,1...1,5 см., отклонение от средней линии посева не превышает 2,5 см [3]. Показатель гребнистости поверхности полевого ложа после прикатывания не должен превышать 2 см [4].

Технологический процесс работы комбинированного сошника происходит следующим образом. Основной диск, вращаясь вокруг своей оси, образует бороздку для основной дозы минеральных удобрений. Основная доза минеральных удобрений поступает в почву посредством тукопровода. В процессе движения, накладки семяпроводов образуют бороздки заданной ширины, через семяпроводы подаются и укладываются семена. Каток засыпает и плотно прикатывает внесенные минеральные удобрения и семена.

Конструкция сошника обеспечивает двурядный посев мелкосеменных культур с шириной междурядий 7,5 см., при этом, основная доза минеральных удобрений вносится между рядками семян на большую глубину, что способствует развитию корневой системы культуры, обеспечивая дружность

всходов и повышение урожайности.

Благодаря конструкции основного диска и накладок семяпроводов, а также их правильной регулировке, снижается выброс почвы, обеспечивается принцип комбинированного посева, а также повышается качество технологической операции посева.

Библиографический список

1. Белякова, Е.С. Анализ конструкций сошников для посева мелкосеменных культур с одновременным внесением удобрений / Е.С. Белякова, А.С. Фирсов, В.С. Андрощук // Конкурентоспособность и инновационная активность АПК регионов. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. – Тверь. – 2018. – С. 186-188.

2. Фирсов, А.С. Технологический процесс работы комбинированного сошника при посеве мелкосеменных культур / А.С. Фирсов, В.С. Андрощук, Е.С. Белякова // Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов. Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. – Тверь. – 2019. – С. 218-220.

3. Овчинников, В.А. Посевные машины / М.Н. Чаткин, В.А. Овчинников, Н.С. Колесников, С.Б. Драняев // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – Саранск. – 2011. – С. 65.

4. Никифоров, М.В. Выравниватель почвы для возделывания льна - долгунца / М.В. Никифоров, И.В. Горбачёв, В.В. Голубев // Инновации в сельском хозяйстве. – № 3 (28). – 2018. – С. 436-441.

УДК 631.314

МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УДАЛЕНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОСТЕБЕЛЬНОЙ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Серов Алексей Геннадьевич, старший преподаватель кафедры ремонта машин и эксплуатации машинно-тракторного парка, ФГБОУ ВО Тверской ГСХА

Туманов Иван Владимирович, аспирант кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверской ГСХА

Кудрявцев Андрей Васильевич, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверской ГСХА

Киселёва Вероника Дмитриевна, инженер кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверской ГСХА

Аннотация: Произведен анализ рабочих органов устройств по применению рабочих органов с винтовой рабочей поверхностью и разработан и изготовлен макетный образец устройства для подрезания почвы и удаления корневой системы. Конструкция инека выбрана для оптимизации процесса, а именно совмещение функции подъёма, переворота и разделения пласта почвы. При выборе такой форма рабочего органа, обеспечивается наименее энергоёмкий режим обработки почвы.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, сорная растительность, залежные земли, рабочие органы, шнек.

Перед сельским хозяйством стоит задача увеличения выхода продукции растениеводства и животноводства для обеспечения населения нашего региона продукцией хорошего качества. Главным вопросом в решении поставленной задачи – повышение культуры земледелия, увеличение количества пахотных земель и уменьшение засоренности полей, в том числе высокостебельной сорной растительностью.

Основу мер борьбы с высокостебельными сорняками, к которым отнесены тростник, камыш, борщевик Сосновского в современной земледелии составляют агротехнические методы и в первую очередь обоснованные технологические операции обработки почвы. В сельскохозяйственном машиностроении реализованы разработанные технологические адаптеры для уничтожения и подавления данного вида сорняков. Также отмечается, что рациональная и современная обработка почвы на 50...60% снижает засоренность посевов сорняками, способствуя интенсивному росту и развитию культурных растений.

Вместе с тем, одновременно с положительным эффектом в уничтожении сорных растений, имеется ряд нежелательных последствий: распыление почвенного плодородного слоя, усиление эрозии, распад почвенного гумуса, ухудшение водно-воздушного и пищевого режима культурных растений. В современных условиях хозяйствования значительные площади сенокосов и пастбищ и залежных земель покрыты зарослями борщевика Сосновского [1].

Выполненный анализ научно – технической и патентно лицензионной литературы [2-4] технологических процессов и конструкций машин для уничтожения борщевика не установил конкретных рабочих органов и марок сельскохозяйственной техники, направленных на его реализацию. Вместе с тем, разрабатываемый технологический процесс должен обеспечивать требуемое качество обработки засоренного поля в соответствии с предъявляемыми агротехническими требованиями: выкапывание сорной растительности, в частности корневищ борщевика с отделением его от почвы, перемещением корней на поверхность поля, исключая забивание рабочих органов почвой и растительными остатками.

Как показал многолетний полевой опыт (2017...2019 гг.) использование сплошного лущения и дискования почвы провоцирует прорастание семян сорняков, уничтожая низкорослые растущие сорняки. Данный негативный эффект установлен при основной, предпосевной и послепосевной обработке почвы на глубину до 10...30 см.

Следовательно, обработка полей с высокостебельной сорной растительностью должна осуществляться комбинированными рабочими органами, обеспечивающими не только деформацию пласта, но и вынос корневой системы на поверхность, как например, шнековые рабочие органы.

На основании анализа патентной информации используется прототип конструкции для выполнения данного технологического процесса [5]. Модернизируемая конструкция имеет раму, ножи и кроме того плуг дополнительно снабжен стрельчатой плоскорежущей лапой и конусным подъемно-оборачивающим механизмом в виде двух цилиндрических шнеков. Шнеки установлены с возможностью вращения навстречу друг к другу. Захват почвы с плоскорежущей лапы осуществляется без разрыва слоя. Вместе с тем, за счёт разницы скоростей поступающего почвенного слоя с плоскорежущей лапы на шнеки осуществляется растягивание пласта и выделение корневой системы.

Анализ рабочих органов устройств по применению рабочих органов с винтовой рабочей поверхностью показал, что предметом дальнейших исследований следует принять шнеки, установленные с возможностью вращения. На кафедре технологических и транспортных машин и комплексов ФГБОУ ВО Тверская ГСХА разработан и изготовлен макетный образец устройства для подрезания почвы и удаления корневой системы (рис. 1).

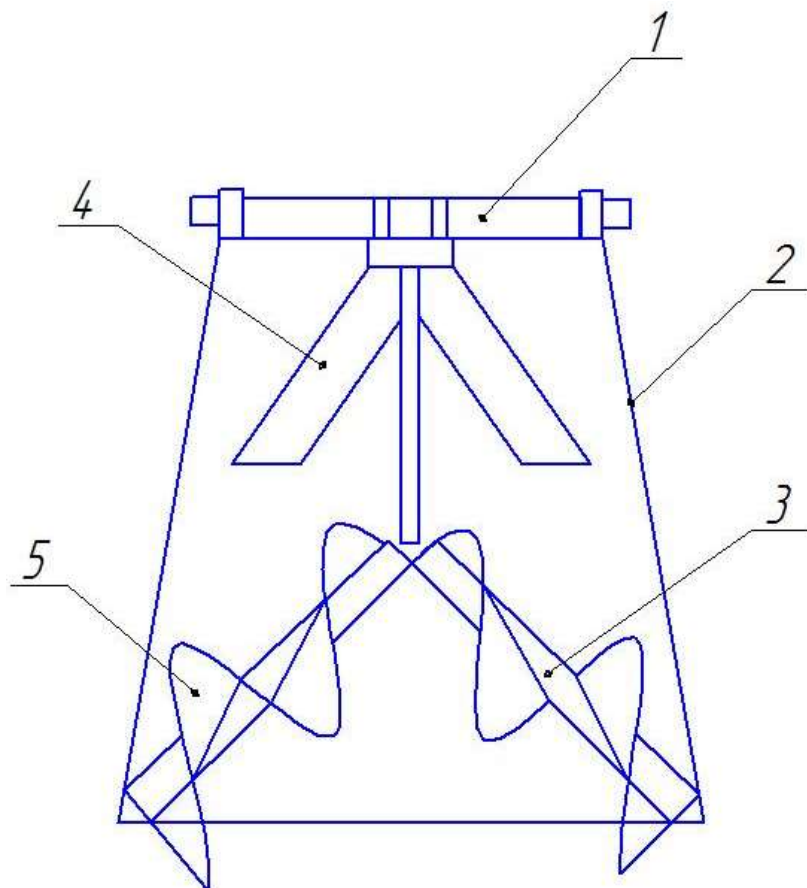


Рисунок 1 – Схема почвообрабатывающей машины

1 – механизм автосцепки; 2 – боковины; 3 – вал шнека; 4 – плоскорежущая лапа; 5 – шнек

Машина включает, установленные на раме подъемно-оборачивающим механизмом в виде шнеков. Шнеки установлены на оси под углом друг от друга. Конструкция шнека такова, что он совмещает в себе функции подъёма, переворота и разделения одними рабочими органами. Выбрана такая форма

рабочего органа, для обеспечения наименее энергоемкого режима обработки почвы.

Выполненный анализ биологической особенности борщевика сосновского показывает, что средняя глубина расположения корня составляет от 15...25 см. Поэтому глубина обработки почвы принята не более 0,2 м. Шнеки установлены на раме таким образом, что образуется перекрытие траекторий движения рабочих органов, которое определяется как :

$$L = \frac{l}{3x(R-r)}, \quad (1)$$

где R – радиус точки кромки лезвия витка шнека, м;

r – начальный радиус построения профиля кромки шнека, м.

Перекрытие траекторий обеспечивает отсутствие пропусков при обработке, а плоскорежущая лапа позволяет создать благоприятные условия для погружения первого витка шнека в почву.

Следующим этапом исследований является апробация макетного образца рабочего органа в лабораторных условиях с различным диаметром и шагом витков шнека.

Библиографический список

1. Кудрявцев, А.В. Лугопастбищная техника. Монография / А.В. Кудрявцев, В.В. Сафонов. - Тверь, 2014. – 224с.
2. Патент 181973 Российская Федерация, МПК⁶ 01 С 7/20, А 01 В 35/02. Выравнивающий рабочий орган сеялки / М.В. Никифоров, В.В. Голубев, А.С. Фирсов, А.В. Кудрявцев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2018111823; заявл. 02.04.2018; опубл. 30.07.2018, Бюл. № 22. – 9 с.
3. Серов, А.Г. Обработка залежных земель активными рабочими органами / А.Г. Серов, А.В. Кудрявцев, В.В. Голубев // В сборнике Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов. Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. 2019. – С. 234 – 238.
4. Серов, А.Г. Исследование инновационных технологических процессов удаления борщевика / А.Г. Серов, В.В. Голубев, А.В. Кудрявцев // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 22 октября 2019 г. Часть 2. – Тверь. – ТГСХА. – С. 105-111.
5. Описание изобретения к патенту 2219688 Российская Федерация, МПК⁶ А01В 17/00 (2000.01). Плуг лесной / М.И. Герасимов; заявитель и патентообладатель Сибирский государственный технологический университет – №: 2002115474/12; заявл., 10.06.2002; опубл. 27.12.2003, Бюл. № 36. – 3с.: ил

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ САДОВ

Мехедов Михаил Алексеевич, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: описаны пути совершенствования опрыскивателей для многолетних насаждений, которые позволяют повысить эффективность опрыскивания за счет снижения удельного расхода энергии (топлива) и норм расхода рабочей жидкости, при сокращении потерь пестицидов и уменьшении загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: опрыскиватель, пестициды, опрыскивание садов, малообъемное опрыскивание, ультрамалообъемное опрыскивание, размер капель, разность потенциалов.

Защита растений от болезней и вредителей – неотъемлемое звено в технологиях производства продукции растениеводства, важность которого в условиях современного сельскохозяйственного производства постоянно возрастает.

Реализуемые и проектируемые технологии производства продукции растениеводства направлены на реализацию интегрированной системы защиты растений, которая предполагает гармоничное сочетание агротехнического, физического, биологического и химического методов борьбы с вредоносными началами (болезнями, вредителями и сорной растительностью). Химический метод до настоящего времени остается единственным путём, позволяющим в сжатые сроки кардинально решить проблемы с вредоносными началами, склонив ситуацию в свою пользу.

Основным способом внесения средств химической защиты растений является опрыскивание, предполагающее нанесение препаратов на растения или почву в капельно-жидком состоянии. Так вносят около 80% используемых в сельскохозяйственном производстве пестицидов. Эффективность химической обработки определяется сроками проведения обработки, выбором препарата и ее качеством. Качество же опрыскивания задает техника – тракторные или самоходные опрыскиватели.

Одна из проблем отрасли садоводства – несовершенство используемых технологий и технических средств для проведения опрыскивания. Это, а также отступление от действующих агротехнических и технологических требований при работе на многолетних насаждениях приводит к чрезмерной пестицидной нагрузке на окружающую среду, что влечет за собой загрязнение продукции, почв, водоемов и грунтовых вод, угнетение жизнедеятельности полезной почвенной биоты, на фоне повышенных затрат на средства защиты растений и работу техники.

В зависимости от степени дробления (диспергирования) рабочей жидкости и удельного расхода рабочей жидкости принято различать опрыскивание полнообъемное, малообъемное, ультрамалообъемное и аэрозольное. На полнообъемное опрыскивание приходится 30,5% используемых пестицидов, на малообъемное – 45%, ультрамалообъемное – 0,5%, оставшиеся 24% средств химической защиты растений расходуются на протравливание посевного материала, внесении гранулятов, брикетов против грызунов, опыливание и аэрозольные обработки.

Полнообъемное опрыскивание характеризуется высокими нормами внесения рабочих жидкостей (>500 л/га на многолетних насаждениях) и широким диапазоном размеров получаемых капель (от 150 до 600 мкм), при этом более 50% капель имеют диаметр превышающий 350 мкм, являющийся критическим для удержания капель на листьях обрабатываемых растений. В это же время наиболее эффективную в борьбе с вредоносными началами фракцию капель с диаметром менее 200 мкм данная технология опрыскивания обеспечить не может, что приводит к нерациональному использованию пестицида, загрязнению почвы (так может теряться до 50% распыляемой жидкости), а неравномерность распределения капель оседающих на растениях составляет 25-40%. Поэтому в настоящее время полнообъемное опрыскивание применяется ограниченно (при отсутствии современных опрыскивателей и соответствующих препаратов).

При малообъемном (мелкокапельном) опрыскивании рабочая жидкость высокой концентрации дробится на капли размером 50...250 мкм, что позволяет снизить нормы расхода рабочей жидкости при обработке многолетних насаждений до 100-500 л/га. При этом возрастает качество обработки за счет лучшего проникновения капель в крону деревьев, лучшей равномерности распределения и плотности осаждения капель на растениях. Пестициды, остающиеся на растениях после испарения жидкости-носителя, лучше удерживаются, оказывая пролонгированное токсичное действие на вредные организмы. Перечисленные факторы делают возможным, не снижая эффективности обработки, существенно уменьшить расход рабочей жидкости и пестицидов, снизив техногенную нагрузку на окружающую среду.

При ультрамалообъемном опрыскивании (УМО) обработку многолетних насаждений проводят с ещё меньшими нормами расхода рабочей жидкости - 5...25 л/га и распылом рабочей жидкости высокой концентрации на капли размером 60...150 мкм. Препараты для такого опрыскивания поставляются в хозяйства в готовом виде, что позволяет исключить дополнительные затраты, связанные с транспортировкой воды, приготовлением рабочих жидкостей и заправкой их в баки опрыскивателей.

Технологические схемы опрыскивателей сходны и могут быть представлены в виде последовательно выполняемых трех основных операций: дозированная подача рабочей жидкости; дробление (диспергирование) жидкости; нанесение капель жидкости на обрабатываемый объект (растения или почва).

Большинство опрыскивателей имеют одинаковую структурную схему, включающую резервуар с мешалкой, насос, систему фильтров, регулятор давления, распределительную систему с распылителями [1, 2].

Уменьшение расхода рабочей жидкости с 200 до 100 л/га повышает сменную производительность на 20...40% при этом удельные затраты на топливо, уменьшаются до 4 раз, а энергоёмкость процесса снижается в 2,5 раза [3].

Использование опрыскивателей реализующих технологию малообъемного опрыскивания позволяет сократить нормы расхода рабочей жидкости без снижения эффективности опрыскивания за счет уменьшения размера капель получаемых из высококонцентрированных жидкостей. При этом при ультрамалообъемном опрыскивании благодаря уменьшению объема резервуара опрыскивателя появляется возможность создавать легкие и компактные опрыскиватели, агрегатировать их с тракторами меньшей массы и мощности, уменьшая уплотнение почвы и разрушение почвенных агрегатов, что весьма актуально на многолетних насаждениях.

Анализ современных методик оценки качества работы малообъемных и ультрамалообъемных опрыскивателей показывает, что основным критерием оценки качества их работы становится не абсолютное значение нормы расхода рабочей жидкости, а потери, возникающие при транспортировании капель жидкости от распылителей к обрабатываемой поверхности [3]. Поэтому одним из возможных путей повышения качества опрыскивания с одновременным приведением его в соответствие с ужесточающимися экологическими требованиями является применение направленного принудительного осаждения мелких капель высококонцентрированного пестицида на растения под действием сильных электрических полей. При этом осаждение мелких капель происходит под действием электрических сил (сил Кулона), которые по величине превосходят силы гравитации, аэро- и гидродинамического сопротивления воздушной среды (в том числе и сноса капель ветром), что позволяет значимо снизить потери [3]. При этом капли жидкости, получая одноименный положительный заряд, отталкиваются друг от друга и за счет этого менее склонны к слипанию в крупные капли.

Еще одним путём повышения качества работы опрыскивателей с высокой дисперсностью является применение дисковых распылителей, которые принуждают капли двигаться по траекториям, имеющим форму спирали, что позволяет каплям меньше подвергаться сносу и способствует лучшему проникновению их в кроны деревьев и кустарников с осаждением на нижней стороне листьев [2].

Разработанный и испытанный во Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства (ВСТИСП) вентиляторный опрыскиватель со щелевыми распылителями в соплах и оборудованием для зарядки капель ОСА-1 на базе садового опрыскивателя ОВС-1А позволил определить оптимальные параметры работы опрыскивателя. Результаты испытаний во ВСТИСПе подтвердили рабочую гипотезу: была

экспериментально доказана возможность снижения потерь пестицидов при работе в садах на величину до 60%, при плотности осаждения капель жидкости более 45 шт/см². Приемочные испытания на Пушкинской МИС (протокол испытаний №15-09-02 (4140212) от 26 ноября 2002 года) также завершились положительным решением.

Библиографический список

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

2. Халанский, В.М. Механизация растениеводства // В.В. Халанский, В.И. Балабанов, Б.С. Окнин и др. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2014, – 524 с.

3. Яцков, Р.П. Технологический процесс и оборудование для опрыскивателей с электроподзарядкой капель. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. [Электронный ресурс]. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000560550>. - Заглавие с экрана. - (дата обращения: 03.12.2019).

УДК 631.358.072

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ

Ковалев Михаил Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, ФГБНУ ФНЦ ЛК

Перов Геннадий Анатольевич, ведущий научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, ФГБНУ ФНЦ ЛК

Кондрашов Виктор Анатольевич, младший научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, ФГБНУ ФНЦ ЛК

Аннотация: Разработана комбинированная почвоприводная игольчатая борона, способная производить рыхление, крошение, сепарацию и выравнивание микрорельефа поверхности поля, с обеспечением самоочистки. Экспериментальными исследованиями установлено снижение показателей влажности и плотности почвы, а также увеличение количества всходов растений после обработки почвы бороной.

Ключевые слова: влажность и плотность почвы; комбинированная игольчатая борона; выравнивающий брус; культивация с боронованием; всходы растений льна-долгунца.

Биологической особенностью мелкосеменных культур является высокое требование к поверхностному горизонту почвы в предпосевной период, обуславливающее дружность всходов растений и укорочение их периода вегетации. Этим требованием объясняется и проведение заключительной предпосевной поверхностной обработки почвы непосредственно перед посевом этих культур, выполняемая как простыми, так и комбинированными орудиями.

Для выполнения такой обработки наиболее целесообразно применение дисковых рабочих органов, из которых наиболее перспективны комбинированные игольчатые бороны пассивного привода или почвоприводные [1, 2].

С учетом вышеизложенного и на основе более современных агротехнических принципов в ФГБНУ ФНЦ ЛК была разработана конструктивная схема комбинированной игольчатой бороны, показанная на рис.1 [3].

Рассматриваемая комбинированная игольчатая борона с радиально установленными на дисках прямолинейными иглами, почвоприводного действия, относится к устройствам, имеющим ведомые звенья, совершающие качение по почве в продольно – вертикальной плоскости.

Однорядная борона предназначена для рыхления (вспушивания) почвы с частичной ее сепарацией, а при работе с выравнивающим брусом еще и с целью выравнивания микрорельефа поверхности поля.

Двухрядная борона кроме этих функций осуществляет еще и более интенсивную и полную сепарацию почвенных комков. В бороны иглы дисков передней батареи движутся с торможением (скольжением), а задней батареи с ускорением (буксованием), что позволяет производить их самоочистку. В этих же

целях, а также для дополнительного крошения почвенных комков иглы задней батареи установлены между иглами передней батареи, с гарантированным зазором.

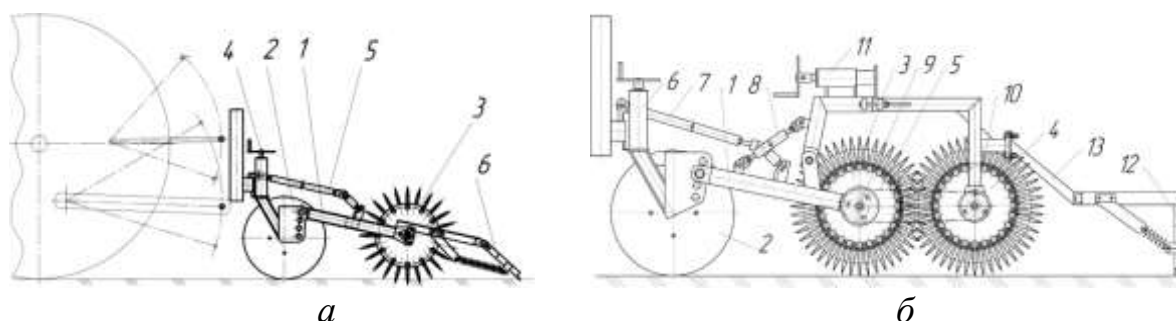


Рисунок 1 – Схемы однорядной (а) и двухрядной (б) комбинированной бороны, вид сбоку:

1, 2 – батареи игольчатых дисков; 3 – рамы; 4 – колеса; 5 – цепная передача; 6 и 7 – винтовые механизмы установления глубины рыхления; 8 – винтовой механизм изменения расстояния между осями батарей 1, 2; 9 – выравнивающий брус; 10 – съемная рама; 11 – пружины

Для более интенсивного рыхления и улучшения фракционного состава почвы передаточное отношение цепной передачи может изменяться путем смены звездочек.

Каждый диск снабжен двумя рядами игл (по 18 штук в каждом ряду). Каждая игла представляет собой закрепленный на кронштейнах прямолинейный стержень, форма которого в средней части – цилиндрическая, а верхняя выполнена в виде конуса.

Технологический процесс комбинированной игольчатой бороны заключается в том, что при свободном перекачивании игл в слое почвы они внедряются в нее, сминая и сдвигая ее в направлении вращения, частично отбрасывая назад, производя рыхление почвы, крошение и сепарацию комков, выравнивая неровности микрорельефа.

Цель данного исследования заключается в экспериментальном получении агротехнических показателей эффективности применения комбинированной игольчатой бороны при заключительной предпосевной поверхностной обработке почвы под мелкосеменные культуры, и, в частности, под лен-долгунец.

В качестве объекта исследования принят технологический процесс заключительной предпосевной поверхностной обработки почвы под лен-долгунец.

Программой исследований предусматривалось определение влияния обработки почвы комбинированной игольчатой бороной на показатели её влажности и плотности, а так же на количество всходов растений льна-долгунца.

Экспериментальные исследования проводили с применением изготовленных макетных образцов комбинированных игольчатых борон – одно- и двухрядной без выравнивающего бруса и с его использованием (рис.1). Агрегатировали борону с тракторами класса 6 и 14 кН.

Эксперименты проводили в соответствии с общепринятыми методиками [4]. В качестве контроля использовали обработку почвы культиватором и культиватором с боронованием зубовой бороной.

Эксперимент проводили на опытных полях ФГБНУ ВНИИЛ и ФГБОУ ВО ТГСХА на среднесуглинистых почвах. Влажность почвы составила 19,1...22,9%.

Высеваемые сорта льна-долгунца – «Дипломат» и «Александрит». Посев льна долгунца в опытах проводили селекционной сеялкой СЛС-16 в агрегате с трактором Т25А1.

Методика обработки полученных экспериментальных данных базировалась на методах математической статистики, графическом и табличном представлении результатов [5].

Результаты исследований по определению показателей влажности и плотности почвы после её предпосевной поверхностной обработки игольчатой бороной в сравнении с применяемой в льноводных хозяйствах (культивация с боронованием) показаны в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что с увеличением скорости агрегата показатели влажности и плотности почвы уменьшаются, как при работе игольчатой бороны с выравнивающим брусом, так и без него. В среднем это уменьшение составляет, соответственно, 6,04% и 12,6% (при работе бороны с выравнивающим брусом) и 7,8% и 14,6% (без выравнивающего бруса). Более высокие показатели снижения влажности и плотности почвы при работе бороны без выравнивающего бруса объясняются тем, что при использовании бруса наряду с выравниванием поверхности пашни имеет место некоторое уплотнение почвы, что ухудшает воздушную фильтрацию в её обрабатываемом слое.

Таблица 1

**Значение показателей влажности и плотности почвы после её
предпосевной поверхностной обработки различными орудиями**

Состав агрегата	Скорость агрегата, м/с	Влажность почвы, %			Плотность почвы, гр/см ³		
		До обработки и (по повторностям)	После обработки (на скоростях агрегата)	Уменьшение показателя, %	До обработки и (по повторностям)	После обработки (на скоростях агрегата)	Уменьшение показателя, %
Игольчатая борона (с выравнивающим брусом)	3,0	19,0	18,0	5,2	1,37	1,20	12,4
	3,4	18,8	17,7	5,9	1,40	1,22	12,9
	4,3	18,5	17,2	7,0	1,35	1,18	12,6
Среднее значение	3,6	18,8	17,6	6,04	1,38	1,21	12,6
Игольчатая борона (без выравнивающего бруса)	3,0	18,8	17,3	8,0	1,39	1,20	13,7
	3,4	18,4	16,9	8,1	1,36	1,16	14,7
	4,3	18,1	16,8	7,3	1,30	1,11	15,4
Среднее значение	3,6	18,4	17,0	7,8	1,35	1,16	14,6
Культиватор КПС-4М с бороной БЗСС-1	2,2	18,2	16,9	7,1	1,40	1,23	12,1
	2,9	18,9	17,4	7,9	1,34	1,17	12,7
	3,3	18,8	17,5	6,9	1,38	1,18	14,5
Среднее значение	2,8	18,6	17,3	7,3	1,37	1,19	13,1

Обработка почвы игольчатой бороной без выравнивающего бруса и её обработка культивацией с боронованием в среднем обеспечивают примерно одинаковые показатели снижения влажности на 7,8 и 7,3% и плотности, соответственно, на 14,6 и 13,1%.

Изменение количества i_0 всходов растений льна-долгунца от числа N игл на дисках бороны и скорости V_m агрегата в селекционно-семеноводческих посевах показано в таблице 2, а на товарных посевах – на рисунке 2, полученных по результатам посева семян сортов «Дипломат» и «Александрит» на опытных участках сеялкой СЛС-16.

Из таблицы 2 следует, что поверхностная предпосевная обработка среднесуглинистой почвы игольчатой бороной с прямолинейными радиально закрепленными на дисках иглами увеличивает количество всходов растений льна-долгунца, как на селекционно-семеноводческих, так и на товарных посевах культуры. Причем наибольший эффект такой обработки почвы наблюдается на повышенных скоростях работы агрегата и с большим числом игл на дисках.

Таблица 2

Изменение густоты i_0 стеблестоя льна-долгунца от скорости V_m агрегата, полученные при семеноводческом посеве семян на участках поля, обработанных игольчатой бороной с разным количеством игл N в каждом ряду на диске

Густота стеблестоя i_0 , шт/м ²		Скорость агрегата V_m , м/с											
		2,8			3,4			4,2			5,0		
		Количество игл в ряду на диске N , шт											
На контрольном участке	На опытном участке	12	18	24	12	18	24	12	18	24	12	18	24
961	Работа игольчатой бороны без выравнивающего бруса												
		102	102	102	026	103	103	103	103	104	104	105	106
		2	4	9		2	5	1	6	7	6	2	0
		Работа игольчатой бороны с выравнивающим брусом											
		102	102	103	102	103	103	103	103	104	104	105	106
		1	9	0	8	0	3	2	9	8	7	3	2

В сравнении с контролем густота стеблестоя культуры при увеличении скорости агрегата с 2,8 до 5 м/с и числа игл на дисках бороны от 12 до 24 возрастает на 3,8...7,6% при обработке почвы бороной без бруса, и на 4,1...8,3% при рыхлении почвы бороной с брусом.

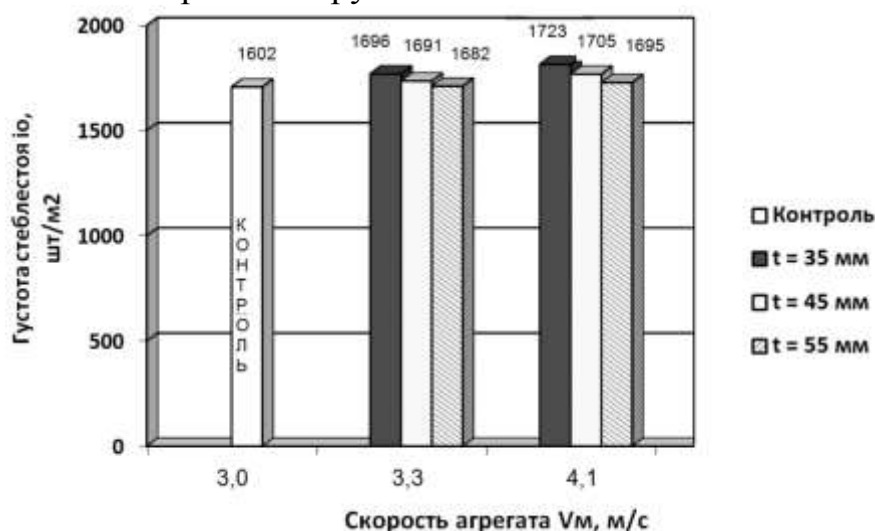


Рисунок 2 – Зависимость густоты i_0 стеблестоя льна-долгунца от скорости агрегата V_m и шага t между осями смежных игл на оси дисков бороны (товарные посевы семян сорта «Александрит»)

При подготовке почвы игольчатой бороной с брусом для товарных посевов с увеличением скорости агрегата и уменьшением шага между осями смежных игл на оси дисков бороны количество всходов льна-долгунца возрастает на 5,5...7,3%. Объясняется это тем, что агрегатный состав почвы при применении

игольчатой бороны имеет более благоприятную для прорастания семян структуру, так как в нем больше фракций размером от 0,25 до 10,1 мм, а так же меньшего разрушения структуры почвы.

Таким образом, полученные агротехнические показатели работы комбинированной игольчатой бороны с применением радиально закрепленными на дисках иглами показали, что применение её на предпосевной поверхностной обработке почвы под посев мелкосеменных культур эффективно, в связи с чем использование её целесообразно как при модернизации существующих, так и при создании новых почвообрабатывающих агрегатов.

Библиографический список

1. Пономарев, А.В. Параметры ротационной бороны для поверхностной обработки почвы в приствольных зонах плодовых деревьев: автореф. Дис. ... канд. техн. наук. – зерноград, 2018. – 18с.

2. Кондрашов, В.А. Исследование работы игольчатой бороны при движении по почве / В.А. Кондрашов, М.М. Ковалев, Г.А. Перов // Агротехника и энергообеспечение. – № 3. – 2018. – С.107-115.

3. Патент №189847 Российская Федерация, МПК А01В 21/04 (2006.01). Игольчатая борона / Ковалев М.М., Ростовцев Р.А., Кондрашов В.А., Сизов И.В., Прокофьев С.В., Перов Г.А. – заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНЦ ЛК. – № 2019101955/13; заявл. 30.02.2019; опубл. 06.06.2019, Бюл. №16-3с.

4. ГОСТ 33687-2015. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, – 2016. – 41 с.

5. Кулаичев, А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. 4-е изд., перераб. и доп. / А.П. Кулаичев. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2006. – 512с.

УДК 631.363

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ РЕАКЦИЕЙ НА ОПОРНОМ КОЛЕСЕ ПЛУГА И ПАРАМЕТРАМИ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА С/Х ТРАКТОРА

Попов Виктор Борисович, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, Учреждение образования Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого

Аннотация: Разработано формализованное описание функциональной взаимосвязи между реакцией на опорном колесе навесного плуга и некоторыми параметрами подъемно-навесного устройства сельскохозяйственного трактора. По полученным результатам в зависимости от требуемой реакции на опорном колесе определяются внутренние параметры подъемно-навесного устройства.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, подъемно-навесное устройство, опорное колесо плуга, гидроцилиндр, механизм навески.

Известно, что расположение МЦВ навесного плуга (НП) в продольно-вертикальной плоскости оказывает влияние на способность его рабочих органов к самозаглублению в почву [1, 2]. Поэтому его положение выбирают так, чтобы момент, создаваемый внешними силами (относительно этой точки), при любых условиях работы МТА имел положительное значение.

МЦВ НП находится на пересечении линий, являющихся продолжением верхней и нижней тяг механизма навески (МН) трактора (рис. 1). Полюс МЦВ – P в системе координат, связанной с задним колесом трактора получим проведя лучи через L_7, L_{56} – тяги МН.

Используем уравнения прямых, проходящих через верхнюю и нижние тяги внешнего четырехзвенника МН.

$$\frac{(X_P - X_{07})}{(X_{67} - X_{07})} = \frac{(Y_P - Y_{07})}{(Y_{67} - Y_{07})}, \quad \frac{(X_P - X_{05})}{(X_{56} - X_{05})} = \frac{(Y_P - Y_{05})}{(Y_{56} - Y_{05})}.$$

Совместное решение этих уравнений однозначно определяет полюс МЦВ в правой декартовой с.к. XOY в зависимости от положения неподвижных и подвижных шарниров внешнего четырехзвенника МН:

$$X_P = \frac{(Y_{56}X_{05} - Y_{05}X_{56})(X_{07} - X_{67}) - (X_{05} - X_{56})(Y_{67}X_{07} - Y_{07}X_{67})}{(Y_{07} - X_{67})(X_{05} - X_{56}) - (X_{07} - X_{67})(Y_{05} - Y_{56})}; \quad (1)$$

$$Y_P = X_P \frac{Y_{56} - Y_{05}}{X_{56} - X_{05}} + \frac{Y_{05}X_{56} - X_{05}Y_{56}}{X_{56} - X_{05}}. \quad (2)$$

Координаты подвижных шарниров внешнего четырехзвенника МН определяются по результатам геометрического анализа кинематической цепи, объединяющей плоские аналоги МН и плуга [3].

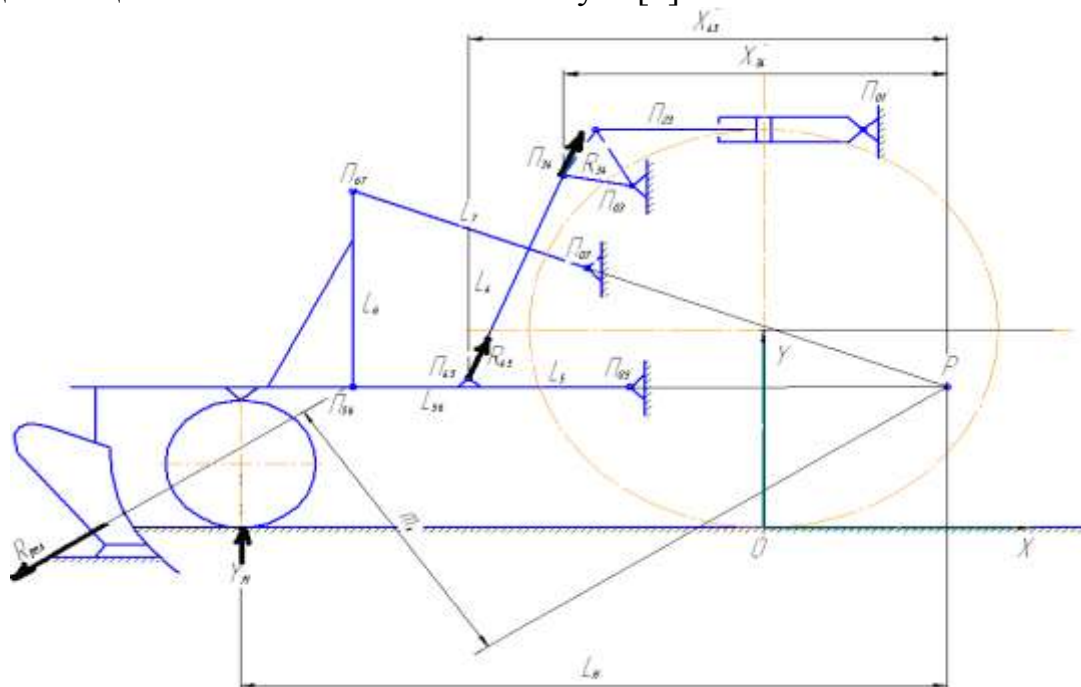


Рисунок 1 – Схема навесного плуга с механизмом навески подъемно-навесного устройства трактора

Вышеупомянутые координаты МЦВ должны соответствовать текущему рабочему положению оси подвеса (L_{56}) МН. Следует отметить, что вертикальные колебания НП непосредственно влияют на текущее положение оси подвеса.

Координаты подвижных шарниров внешнего четырехзвенника МН определяются по результатам геометрического анализа кинематической цепи, объединяющей плоские аналоги МН и плуга [3]. Вышеупомянутые координаты МЦВ должны соответствовать текущему рабочему положению оси подвеса (L_{56}) МН. Следует отметить, что вертикальные колебания НП непосредственно влияют на положение оси подвеса.

Далее здесь рассматривается установившееся горизонтальное движение МТА. Использование в составе пахотных МТА навесных машин и орудий ведет к перераспределению нормальных реакций опорной поверхности на колеса сельскохозяйственного трактора.

Нормальная реакция почвы на опорное колесо навесного плуга (НП) обычно определяется графоаналитически [1], используя уравнения моментов вокруг МЦВ звена L_6 , имитирующего НП:

$$R_{pez} \cdot m_n = Y_m \cdot L_n \quad \text{откуда} \quad Y_m = \frac{R_{pez} \cdot m_n}{L_n}$$

Здесь плечо m_n силы R_{pez} определяем, используя правила аналитической геометрии. Зная координаты точки (x_0, y_0) приложения силы R_{pez} и угол направления её действия – θ , определяем минимальное расстояние до эквидистантной линии, проходящей через полюс P .

$$m_n = \frac{|ax + by + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (3)$$

Здесь $ax + by + c$ эквивалентно выражению $y = k \cdot (x - x_0) + y_0$.

где $a = k = \text{arctg}\theta$, $b = -1$, $c = y_0 - kx_0$

Из рисунка 1 видно, что $L_n = |X_p| + X_m$, где X_m - горизонтальная координата опорного колеса.

В результате реакция на колесе НП – Y_m пропорциональная результирующему моменту ($M_{pez} = R_{pez} \cdot m_n$) и обратно пропорциональная L_n полностью рассчитывается аналитически.

Подъемно-навесным устройством (ПНУ) с/х трактора можно управлять через его гидропривод, а точнее, через рабочий гидроцилиндр, с помощью которого теоретически возможно сформировать на опорном колесе нулевую реакцию. Тогда вес НП и реакция почвы на опорное колесо полностью передаются на трактор [1] и представляет интерес аналитическое определение приведенной к гидроцилиндру нагрузки (силы).

Здесь со стороны раскоса компоненты силы R_{45}^y и R_{45}^x действуют на нижнюю тягу (тяги) на плече $X'_{45} = X_{45} + |X_p|$ и на плече $Y'_{45} = Y_{45} + |Y_p|$ соответственно. Считаем заданную глубину вспашки постоянной. Тогда из

условия статического равновесия механической системы составим уравнение моментов относительно полюса МЦВ.

$$R_{pez} \cdot m_n - Y_m \cdot L_n - R_{45}^y \cdot X'_{45} + R_{45}^x \cdot Y'_{45} = 0 \quad (4)$$

при этом $R_{45}^y = R_{45} \cdot \cos \varphi_4$ и $R_{45}^x = R_{45} \cdot \sin \varphi_4$ (5)

где φ_4 – угол, характеризующий направление звена L_4 – раскоса.

Из выражения (4) следует, что, если

$$R_{pez} \cdot m_n = R_{45}^y \cdot X'_{45} - R_{45}^x \cdot Y'_{45} \quad (6)$$

то $Y_m \cdot L_n = 0$ и, следовательно, реакция на опорном колесе равна нулю.

Подставим выражения (5) в правую часть выражения (6)

$$R_{45}^y \cdot X'_{45} - R_{45}^x \cdot Y'_{45} = R_{45} \cdot (X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4)$$

В результате определим модуль силы, действующей со стороны раскоса на нижнюю тягу МН, достаточный для обеспечения нулевой реакции на опорном колесе НП.

$$R_{45} = \frac{R_{pez} \cdot m_n}{X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4} \quad (7)$$

Далее следует отметить, что сила, действующая со стороны поворотного рычага на раскос по величине и направлению равна силе, действующей со стороны раскоса на нижнюю тягу, $\vec{R}_{34} = \vec{R}_{45}$. По аналогии с R_{45} определяем R_{34} .

$$R_{45} \cdot (X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4) = R_{34} \cdot (X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34})$$

$$R_{34} = R_{45} \cdot \frac{X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4}{X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}} = R_{45} \cdot K_{45}$$

На основании того, что силы R_{34} и R_{23} входят в состав одного крутящего момента на поворотном рычаге МН можно составить уравнение:

$$R_{34} \cdot (X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}) = R_{23} \cdot (X'_{23} \cdot \cos \varphi_3 - Y'_{23} \cdot \sin \varphi_3), \text{ откуда}$$

$$R_{23} = R_{34} \cdot \frac{X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}}{X'_{23} \cdot \cos \varphi_3 - Y'_{23} \cdot \sin \varphi_3} = R_{34} \cdot K_{34}$$

Подставляя вместо R_{34} его развернутое выражение, получим аналитическое выражение для приведенной к штоку гидроцилиндра нагрузки:

$$R_{23} = R_{45} \cdot \frac{X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4}{X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}} \cdot \frac{X'_{34} \cdot \cos \varphi_{34} - Y'_{34} \cdot \sin \varphi_{34}}{X'_{23} \cdot \cos \varphi_3 - Y'_{23} \cdot \sin \varphi_3}$$

Приведенная к штоку гидроцилиндра нагрузка компенсируется развиваемым на штоке гидроцилиндра противодействием, равным произведению давления рабочей жидкости на площадь поршня ($p_{cy} \cdot F_{cy}$) со стороны напорной гидромагистрали. В результате имеем:

$$p_{cy} = \frac{R_{45}}{F_{cy}} \cdot K_{34} \cdot K_{45} \quad \text{или} \quad p_{cy} = \frac{R_{pez} \cdot m_n}{F_{cy} \cdot (X'_{45} \cdot \cos \varphi_4 - Y'_{45} \cdot \sin \varphi_4)} \cdot K_{34} \cdot K_{45}$$

Углы $\varphi_4, \varphi_{34}, \varphi_3$, характеризующие положение соответствующих звеньев МН, определяем из результатов геометрического анализа [3].

Регулируя напорное давление в гидроцилиндре, мы корректируем реакцию на опорном колесе.

Библиографический список

1. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства - учебники для студентов высш. учеб. заведений / Г.М. Кутьков – М.: КолосС, 2004. – 504 с.: ил.
2. Шарипов, В.М. Тракторы и автомобили: Учебник для студентов вузов обучающихся по специальности “Автомобиле - и тракторостроение” / В.М. Шарипов, М.К. Бирюков, Ю.В. Дементьев [и др.], под общей ред. В.М. Шарипова – М.: издательский дом “Спектр”, 2010. – 351 с. ил.
3. Попов, В.Б. Функциональная математическая модель анализа подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В.Б. Попов // Механика – 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике, Минск, 2011 г. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. Минск, 2011. – т.1., – С. 169-176.

УДК 631.3-52

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ НА КОЛЕСАХ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

Попов Виктор Борисович, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, Учреждение образования Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого

Аннотация: *Представлена методика расчета сил инерции, сосредоточенных в центрах тяжести: МТА, навесного плуга и балласта. Силы инерции перераспределяют нагрузку на колеса пахотного агрегата в процессе транспортного переезда и могут спровоцировать потерю управляемости МТА и превышение допустимой грузоподъемности шин.*

Ключевые слова: *пахотный агрегат, управляемость, балласт, максимальный вес агрегата, грузоподъемность шин.*

Во время транспортного переезда машинно-тракторный агрегат (МТА), состоящий из сельскохозяйственного трактора и поднятого задненавесного плуга (рис. 1), колеблется в результате кинематического возбуждения, поступающего со стороны опорной поверхности. Обеспечение управляемости МТА, при динамическом перераспределении нагрузки на мостах трактора, связано с расчетом переменных сил инерции, сосредоточенных в характерных точках МТА.

Схема динамической модели МТА представленная на рис.1, сформирована для случая, когда колебания осей заднего и переднего мостов трактора можно считать несвязанными [1, 2], поскольку значение коэффициента распределения масс ε находится в пределах $0.8 \leq \varepsilon \leq 1.2$.

За обобщенные координаты принимаем вертикальные перемещения центра масс z_0 и угловые перемещения остова α трактора: Обобщенные координаты

связаны с вертикальными колебаниями осей заднего и переднего мостов (рис.1) следующими зависимостями:

$$z_0 = \frac{z_1 L_2 + z_2 L_1}{L_B}; \quad \alpha = (z_2 - z_1) / L_B,$$

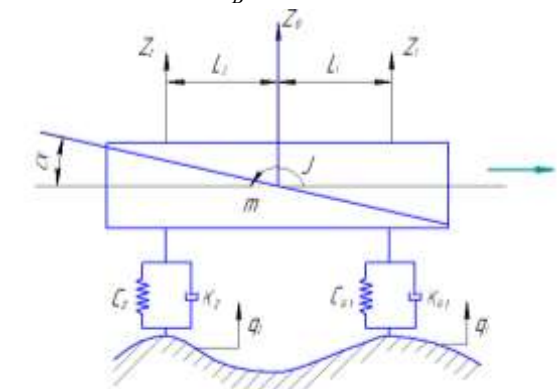


Рисунок 1 – Схема динамической модели МТА

Функциональная математическая модель (ФММ) движущегося МТА представляется обыкновенными дифференциальными уравнениями (ОДУ).

$$m_1 \ddot{z}_1 + k_{u1} \dot{z}_1 + c_{u1} z_1 = k_{u1} \dot{q}_1 + c_{u1} q_1; \quad (1)$$

$$m_2 \ddot{z}_2 + k_2 \dot{z}_2 + c_2 z_2 = k_2 \dot{q}_2 + c_2 q_2. \quad (2)$$

где, c_{u1}, c_2 - упругие и демпфирующие элементы k_{u1}, k_2 заднего и переднего колес, воспринимающих толчки со стороны сельскохозяйственного фона (q_1, q_2).

Разделив уравнения на соответствующую часть общей массы МТА, получим ФММ транспортного переезда МТА, описываемую дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами:

$$\ddot{z}_1 + 2h_{u1} \dot{z}_1 + \omega_{c1}^2 z_1 = 2h_{u1} \dot{q}_1 + \omega_{c1}^2 q_1; \quad (1a)$$

$$\ddot{z}_2 + 2h_2 \dot{z}_2 + \omega_{c2}^2 z_2 = 2h_2 \dot{q}_2 + \omega_{c2}^2 q_2. \quad (2a)$$

где z_i – вертикальные перемещения заднего и переднего мостов трактора; q_i, \dot{q}_i – характеристики неровности опорной поверхности; ω_{ci} – частоты собственных колебаний заднего и переднего мостов трактора; h_i – коэффициенты демпфирования.

Преобразованные по Лапласу при нулевых начальных условиях уравнения колебаний передней и задней частей остова трактора принимают вид:

$$(S^2 + 2 \cdot h_{u1} \cdot S + \omega_{c1}^2) \cdot Z_1(S) = (2 \cdot h_{u1} \cdot S + \omega_{c1}^2) \cdot Q_1(S) \quad (1б)$$

$$(S^2 + 2 \cdot h_2 \cdot S + \omega_{c2}^2) \cdot Z_2(S) = (2 \cdot h_2 \cdot S + \omega_{c2}^2) \cdot Q_2(S), \quad (2б)$$

Из этих выражений определяются передаточные функции - $W_{z1}(S)$ и $W_{z2}(S)$.

Для заднего моста передаточная функция (ПФ) принимает вид:

$$W_{z1}(S) = \frac{Z_1(S)}{Q_1(S)} = \frac{2h_{u1}S + \omega_{c1}^2}{S^2 + 2h_{u1}S + \omega_{c1}^2} = \frac{b_1S + 1}{a_1^2S^2 + b_1S + 1}; \quad (4)$$

где, $a_1 = 1/\omega_{c1}$; $b_1 = 2h_{u1}/\omega_{c1}^2$.

ПФ для переднего моста имеет аналогичную структуру:

$$W_{z2}(S) = \frac{Z_2(S)}{Q_2(S)} = \frac{2h_2S + \omega_{c2}^2}{S^2 + 2h_2S + \omega_{c2}^2} = \frac{b_2S + 1}{a_2^2S^2 + b_2S + 1} \quad (5)$$

В качестве характеристики динамической модели (рис.1) удобно принять ее амплитудно-частотную характеристику (АЧХ), а воздействие задавать спектральной плотностью случайной функции сельскохозяйственного фона. В результате посредством АЧХ связываются спектральные плотности характеристик неровностей с/х фона и параметры вибрации остова трактора:

$$S_{z_1}(\omega) = A_{z_1}(\omega)^2 S_{q_1}(\omega); \quad S_{z_2}(\omega) = A_{z_2}(\omega)^2 S_{q_2}(\omega); \quad (6)$$

где $S_{q_i}(\omega)$ – спектральные плотности характеристик неровностей СХФ; $S_{z_1}(\omega)$, $S_{z_2}(\omega)$ - спектральные плотности ускорений от характеристик неровностей для заднего и переднего мостов, $A_{z_1}(\omega)$, $A_{z_2}(\omega)$ – АЧХ ускорений от неровностей.

Из теории автоматического управления известно [3, 4], что АЧХ динамического звена равна модулю его передаточной функции, т. е.

$$A_{z_i}(\omega) = |W_{z_i}(j\omega)|,$$

Необходимо получить соответствующие АЧХ $|W_{z_i}(j\omega)|$ для передней и задней частей остова трактора, заменив в ПФ (4), (5) S на $j\omega$, а затем избавимся от j в знаменателях дробно-рациональных функций (4) и (5).

Среднеквадратичные вертикальные ускорения заднего и переднего мостов трактора определяются по известному из [2] выражению:

$$\sigma_{z_i} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_{z_i}(\omega) d\omega} \quad (6)$$

Перевод плуга в транспортное положение смещает центр тяжести МТА - S' относительно центра тяжести трактора - S (рис.2).

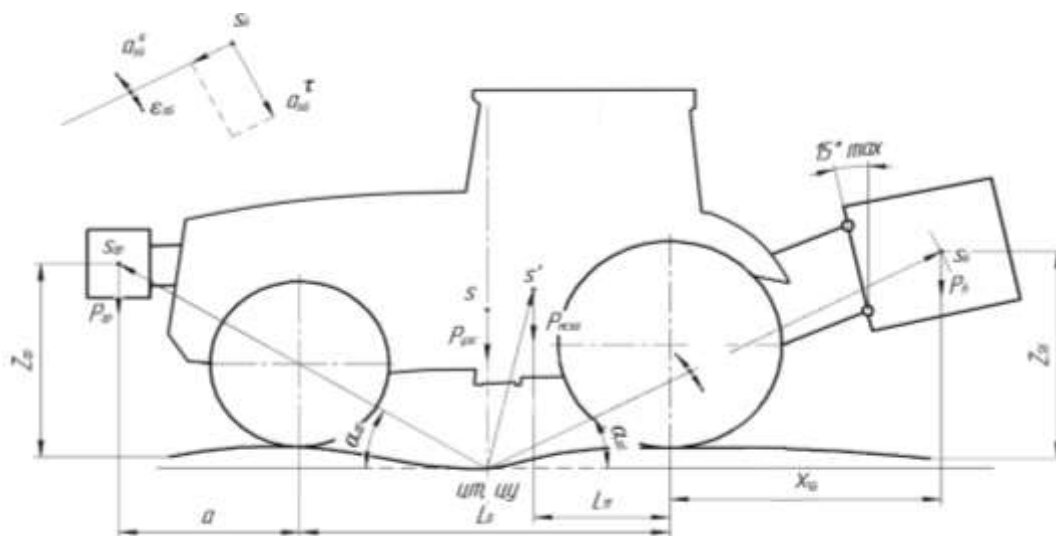


Рисунок 2 – Колебания характерных точек пахотного МТА во время транспортного переезда

Колебания мостов трактора связаны с колебаниями центра тяжести МТА и далее через механизм навески с колебаниями центра тяжести навесного плуга и грузов балласта. Вертикальные колебания осей заднего и переднего мостов и z_2 сопровождаются связанными с ними колебаниями центра тяжести МТА - $z_{S'}$, навесной машины - z_{S6} и центра крепления балласта - $z_{гр}$ (рис. 2).

Среднеквадратичные ускорения, совершающих плоское движение характерных точек МТА, определяются по известному из [4] выражению:

$$\ddot{Z}_{Si} = \vec{a}_{um} + \vec{a}_{Si}^n + \vec{a}_{Si}^{\tau}, \quad (7)$$

где \vec{a}_{um} - среднеквадратичное ускорение центра тяжести МТА; \vec{a}_{Si}^n , \vec{a}_{Si}^{τ} - соответственно нормальное и тангенциальное среднеквадратичные ускорения характерной точки.

Среднеквадратичные линейное и угловое ускорения центра тяжести МТА определяются по выражениям:

$$\ddot{z}_0 = \frac{\ddot{z}_1 L_2 + \ddot{z}_2 L_1}{L_B}; \quad \ddot{\alpha} = (\ddot{z}_2 - \ddot{z}_1) / L_B \quad (8)$$

Нормальные и тангенциальные среднеквадратичные ускорения характерных точек определяются по известным из [4] выражениям:

$$\vec{a}_{Si}^n = \dot{\alpha}_{Si}^2 \cdot L_{Si} \cdot \sin \beta_{Si} \quad \vec{a}_{Si}^{\tau} = \ddot{\alpha}_{Si} \cdot L_{Si} \cdot \sin \beta_{Si}$$

где $\dot{\alpha}_{Si}$ и $\ddot{\alpha}_{Si}$ соответственно среднеквадратичные угловые скорость и ускорения характерных точек; L_{Si} – расстояние от центра упругости до характерной точки; β_{Si} – угол, образуемый L_{Si} с горизонтом.

Среднеквадратичные угловые ускорения характерных точек определяются по выражениям:

$$\ddot{\alpha}_{гр} = \ddot{\alpha} \cdot \frac{L_{гр}}{L_{S'}}; \quad \ddot{\alpha}_{S6} = \ddot{\alpha} \cdot \frac{L_{S6}}{L_{S'}}.$$

Величины среднеквадратичных ускорений характерных точек однозначно определяют соответствующие силы инерции во время транспортного переезда. Возникающие колебания сил инерции, которые сосредоточены в характерных точках МТА следует оценивать, так как они способны спровоцировать потерю управляемости МТА и превышение грузоподъемности шин.

Из опыта эксплуатации МТА известно, что для обеспечения безопасности транспортного переезда передняя ось трактора всегда должна быть нагружена как минимум на 20% от общей массы МТА, а задняя ось как минимум на 40%.

При навешивании балласта, навесных машин или орудий на передний и задний МН запрещено превышение: допустимой общей массы МТА, допустимых нагрузок на оси и грузоподъемности шин трактора.

Библиографический список

1. Бойков, В.П. Многоцелевые гусеничные и колесные машины. Теория: учеб. пособие / В.П. Бойков [и др.]; под общей ред. д-ра тех.наук, проф. В.П. Бойкова. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА – М, 2012. – 543 с. ил. – (Высшее образование).
2. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства - учебники для студентов высш. учеб. заведений / Г.М. Кутьков – М.: КолосС, 2004. – 504 с.: ил.
3. Гюнтер, М. Теория автоматического управления: Учебное пособие / М. Гюнтер. - СПб.: Лань, – 2016. – 224 с.
4. Васько, Н.Г. Теоретическая механика: Учебник / Н.Г. Васько, В.А. Волосухин, А.Н. Кабельков. - Рн/Д: Феникс, 2012. – 234 с.

УДК 631.171

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ И МЕТОДАМИ КОНТРОЛЯ

Алдошин Николай Васильевич, заведующий кафедрой сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
Мосяков Максим Александрович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Проведен анализ параметров, показателей технологических и экологических требований, определение необходимого набора интеллектуальных средств и методов контроля за операциями обработки почвы. Рассмотрены приборы, предназначенные для испытания и эксплуатации почвообрабатывающих машин и программное обеспечение.

Ключевые слова: обработка почвы, методы контроля, интеллектуальные технологии, средства контроля

Обработка почвы является самым энергоемким и ресурсозатратным приемом земледелия. На нее приходится около 40% энергетических и 25% трудовых затрат от общего объема полевых работ по возделыванию и уборке культуры. С учетом всех приемов почвообработки, включая вспашку, требуется ежегодно переместить 6000 т почвы на каждом гектаре. На это затрачивается большое количество необходимого топлива.

Для снижения материально-энергетических затрат, обеспечения повышения производительности труда, повышение качества работы машин и соблюдения экологических требований применительно к технологиям обработки почвы, необходимо внедрение агротехнологических средств механизации с элементами цифрового контроля и регулирования параметров рабочих органов.

Так за последние пять лет в Новокубанском филиале ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ) разработано и изготовлено более 20 различных средств приборного оборудования и программного обеспечения для испытаний, среди которых как измерительные устройства для определения конкретной величины, так и универсальные технические средства используются не только при проведении испытаний и определении потребительских свойств сельскохозяйственной техники, но и сельскохозяйственными вузами при подготовке высококвалифицированных специалистов.

Кроме специализированных приборов, используемых во время испытаний почвообрабатывающей техники при проведении технической экспертизы, агротехнической и эксплуатационно-технологической видах оценок, во время энергетической оценки, безопасности, оценки надежности и экономической оценки конструкции, применяются универсальные приборы, используемые на испытаниях практически всех сельхозмашин и тракторов.

Для исследований новых образцов отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники, а также проверки вновь создаваемой приборной аппаратуры, в НТЦ КубНИИТиМ организован валидационный полигон с набором типичных для центральной зоны Краснодарского края сельскохозяйственных культур [1]. Все разработанные в НТЦ приборы проверяются и используются в соответствии со специальными программами для конкретных технологических видов оценок, разработанными с использованием программ для ЭВМ «Глубокая обработка почвы» от 05.06.2015 № 2015616310, «Поверхностная обработка почвы» от 05.06.2015 №2015616308, к СТО АИСТ 4.3-2010 «Машины и орудия для обработки пропашных культур. Методы оценки функциональных показателей», программа «MEGDUR Obr» от 14.04.2017 № 20176114407, «Эксплуатационно-технологическая оценка сельскохозяйственной техники» (ЕТО) от 12.09.2017 № 2017660904, «Энергетическая оценка», «Уровень безопасности труда», а также статистическими программами «Логиста», «TFakt», «Sigma», «Фактор», «Statistic», «Определение объема выборки» от 28.09.2015 № 2015660308. Для сравнительной экономической оценки технологий и технических средств была разработана программа «Технолог» от 13.12.2012 № 2012661372.

Наземные исследования не всегда позволяют в полном объеме проанализировать и оценить состояние сельскохозяйственных угодий и проконтролировать процесс посева и уборки урожая. Наиболее рентабельным и действенным в данном случае является осуществление аэрофото- и видеосъемки с помощью БПЛА участков сельского хозяйства, и растительного покрова. Наиболее дорогостоящими и сложными по конструкции, но и наиболее перспективными являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), получившие за рубежом широкое распространение ввиду их универсальности и технических возможностей для применения [2].

Сельское хозяйство является одной из перспективных сфер, применяющих беспилотные летательные аппараты для эффективного управления

сельскохозяйственным производством и мониторинга производства агропродовольствия.

На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты ZALA AERO (концерн Калашников) успешно применяются в крупнейших агрохолдингах России. Благодаря данным о состоянии сельхозугодий, получаемым в режиме реального времени, БПЛА позволяют контролировать посевные и уборочные работы на территории целых регионов одновременно. Получаемые видеоизображения служат основой для принятия решений по рациональному использованию природных и сельскохозяйственных ресурсов. Фотоснимки высокого разрешения обрабатываются в специализированном программном обеспечении и формируют базу для создания цифровых моделей местности [3].

Цифровая информация о физических свойствах почвы, толщине обработанного слоя, состоянии с плужной подошвой способствует ресурсосберегающей обработке поля, а также позволяет подобрать оптимальную глубину обработки в данный период. Для этого иногда используются сканеры почвы, с помощью которых сканируется почва на глубину обработки и получается готовая картина, согласно которой можно спланировать предстоящие работы.

В наиболее распространенных на рынке сканерах почвы используется один и тот же принцип электромагнитной индукция (ЭМИ), позволяющей при помощи излучения электромагнитных полей, помогающих определить электропроводность почвы. Сегодня наибольшее распространение получили три основные системы, которые позволяют сканировать почву: Geonics EM-38, Veris и Topsoil Mapper.

Сканеры позволяют фиксировать уплотнение, структуру и влажность почвы практически в режиме реального времени, определять электропроводность, количество органического вещества, кислотность почвы и емкость катионного обмена [4].

Для повышения эффективности применения удобрений и сохранения почвенного плодородия перед проведением посевной кампании проводится комплексное исследование почв, выявляющее ресурс поля и причины, ограничивающие формирование высокой продуктивности растений [5].

Теоретические основы культурной вспашки плугом с предплужником, разработанные академиком В.Р. Вильямсом, основаны на том, что наряду с борьбой с сорняками и вредителями, эффективное плодородие повышается за счёт перемещения верхнего слоя вниз на глубину 0,2 м, а нижнего – вверх, меняя, таким образом, утратившую структуру верхнего слоя на оструктуренную в нижнем слое.

Для осуществления контроля качества основной обработки почвы необходимо придерживаться алгоритма (рис. 1).

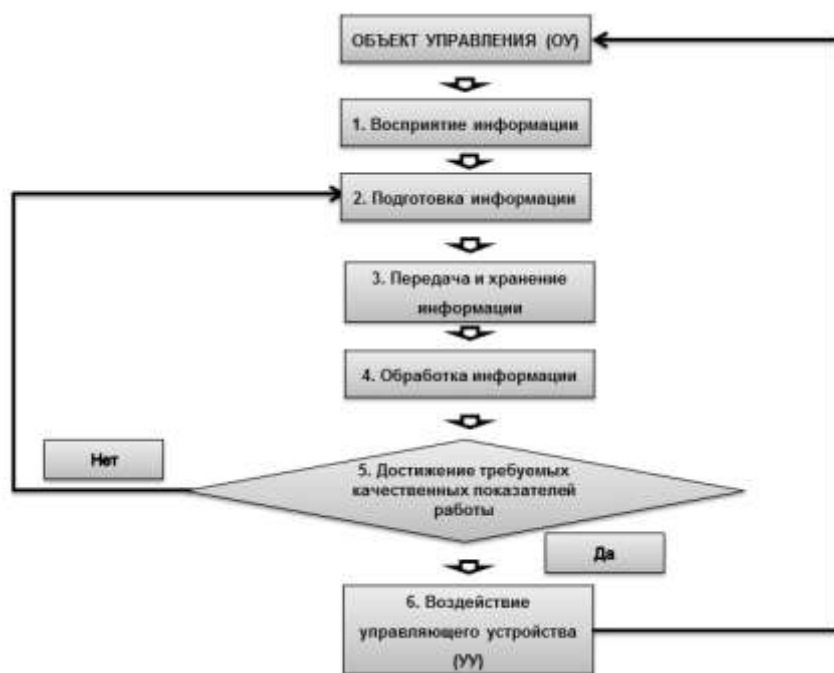


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для контроля и управления глубиной хода рабочих органов

Данный алгоритм реализован в структурной схеме управления технологическим процессом основной обработки почвы с устройством для контроля и управления глубиной хода рабочих органов (рис. 2) [4, 5].

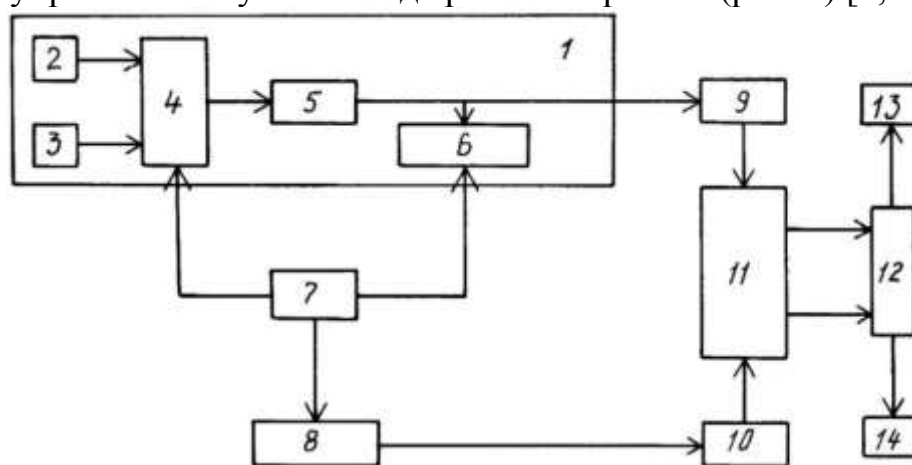


Рисунок 2 – Общая структурная схема управления технологическим процессом, включающим регулировку глубины хода рабочего органа:

1 – датчик потенциала; 2, 3 – схемы разрешения; 4 – генератор; 5 – блок памяти; 6 – счетчик; 7 – реверсивный счетчик; 8 – блок информации; 9 – блок выходного сигнала; 10 – блок контроля; 11 – блок регулирования глубины хода рабочих органов

Устройство автоматического контроля заданной глубины обработки почвы содержит датчик 1 первичной информации с двум чувствительными элементами 2, 3, один из которых – переменный конденсатор 2, другой – переменный резистор 3, включенные в разные цепи цифрового RC-генератора

прямоугольных импульсов 4, соединенного последовательно с делителем частоты 5 и с частотомером 6. Блок управления 7, формирователь опорного сигнала 8, два дифференциальных усилителя 9, 10, демодулятор 11, схема сравнения 12 и два исполнительных механизма 13, 14. Блок управления 7 связан с РС-генератором прямоугольных импульсов 4 и с частотомером 6, и с формирователем опорного сигнала 8. Каждый исполнительный механизм 13, 14 соединен схемой сравнения 12 с демодулятором 11, входы которого соединены через дифференциальные усилители 9, 10 с делителем частоты 5 и с формирователем опорного сигнала 8. Первый чувствительный элемент 2 представляет собой прямоточный переменный конденсатор, роторные пластины которого имеют ось вращения, оборудованную механизмом передачи.

На основании анализа агротехнических и экологических требований на базовые машинные технологические операции по обработке почвы и уходу за зерновыми и пропашными культурами, определен потенциальный круг измеряемых параметров (около 15 наименований), требующих использования современных способов определения и передачи цифровой информации с применяемого измерительного оборудования. Использование подобных технологий позволяет повысить производительность труда в сельском хозяйстве и облегчить работу операторов машин.

Дополнительно к этому можно отметить, что широкое внедрение цифровых технологий в конкретные почвообрабатывающие машины, позволяет обеспечить конкурентоспособность производимой сельскохозяйственной техники за счет малых издержек на техническое обслуживание и ремонт.

С экологических позиций, оборудование почвообрабатывающей техники устройствами цифрового контроля позволит сохранить почвенное плодородие и экологическое равновесие формируемых агроландшафтов.

Библиографический список

1. Шеин, Е.В. Приборы для изучения физических свойств почв / Е.В. Шеин, Е.Ю. Милановский и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 5 (115). – 2014. С. 44-48.
2. Gestrin M.V., Staudt J. The digital economy, multinational enterprises and international investment policy. Paris, 2018.
3. Дэвид Нильсон, Юань-Тин Мэн, Анна Буйволова, Артавазд Акопян. Раскрытие потенциала цифровых технологий в сельском хозяйстве России и поиск перспектив для малых фермерских хозяйств практика по сельскому хозяйству // International Bank for Reconstruction and Development // The World Bank. 2018.
4. Зволинский, В.Н. Автоматизация управления работой садовой фрезы / В.Н. Зволинский, М.А. Мосяков // Сельскохозяйственные машины и технологии. – № 6. – 2018. – С. 15-19.
5. Патент RU 2258341 A01B 69/04, H03M 1/60. Устройство автоматического контроля заданной глубины обработки почвы / Ю.А. Тырнов, А.Н. Агапов. № 2004102792/09; Оpubл. 20.08.2005. Бюл. №23.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ОВОЩЕВОДСТВЕ РФ

Мосяков Максим Александрович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
Сазонов Николай Викторович, аспирант, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Аннотация: Рассмотрены основные компоненты и элементы, позволяющие оценить уровень интеллектуализации машинно-технологических комплексов на производстве овощных культур. Представлена форма для сбора статистической информации с хозяйствующими субъектами РФ.

Ключевые слова: интеллектуальный машинно-технологический комплекс, овощеводство, цифровое обеспечение

Интеллектуальный машинно-технологический комплекс – это комплекс технических средств с высоким уровнем организации процессов управления, контроля и диагностики, эффективным человеко-машинным и телекоммуникационным интерфейсами, адаптивный к изменяющимся условиям выполнения работ и гармонично взаимодействующая с системами энергоснабжения, транспорта и автоматизированного управления предприятием [1].

К основным компонентам машинно-технологического комплекса следует отнести: мехатронные комплексы с усовершенствованными алгоритмами управления; системы интеллектуальной защиты оборудования и персонала; информационно-диагностические системы; средства и системы телекоммуникаций; эффективный человеко-машинный интерфейс; программные комплексы обработки, представления и хранения данных.

Все локальные подсистемы машинно-технологического комплекса объединены в единое информационное пространство. Это позволяет устройствам управления различного уровня выполнять свои функции с учетом событий, происходящих в других подсистемах. Одновременно с этим, выполняется наращивание функциональных возможностей каждой локальной подсистемы в отдельности [2].

Атрибутом интеллектуального машинно-технологического комплекса является взаимодействие с единым информационным пространством предприятия, в котором находятся другие машины агропромышленного комплекса и персонал.

Первым признаком «умного» машинно-технологического мехатронного комплекса с усовершенствованными алгоритмами управления является наличие электропривода главного движения с высоким уровнем организации процессов управления. Это подразумевает реализацию принципов управления, обеспечивающего наилучшее взаимодействие всех компонентов системы,

применение адаптивных регуляторов и алгоритмов самонастройки в мехатронных системах, коррекцию и предупреждение ошибочных действий машиниста, защиту от ударов и перегрузки, эффективное энергопотребление.

Способы мониторинга интеллектуальной информационно-диагностической системы выполнения конкретного технологического процесса направлены на сбор данных и обеспечивают общее предупреждение о прогнозируемом отказе оборудования. Традиционно специалисты оценивают имеющиеся данные на основании технологических тенденций и личного опыта [1, 2].

Решение о ремонте или выполнении технического обслуживания принимается на основании оценки надежности в соответствии с субъективным мнением эксперта. Во многих случаях оценивание ресурса основывается только на количестве часов работы оборудования с момента начала эксплуатации или последнего технического обслуживания.

Анализ данных оператором или другими специалистами, в том числе с помощью удаленного мониторинга, не обеспечивает желаемой эффективности из-за большого объема информации.

Интеллектуальная обработка данных и представление результатов в виде решений и заключений позволяет автоматизировать процессы контроля и диагностики и организовать эксплуатацию машины при минимальных затратах на поиск и обнаружение неисправностей, ремонты и восстановление.

Обработка данных о состоянии, нарушениях и прогнозировании дальнейшей работы, а также остаточном ресурсе опирается на физические и математические модели рабочих процессов.

Математические описания разных компонентов и подсистем объекта (двигатели, преобразователи, трансформаторы и др.) имеют принципиально различные структуры, а в машинно-технологических комплексах (почвообрабатывающие, посевные, посадочные и уборочные машины) используются десятки подсистем и сотни групп оборудования.

Разработка адекватных моделей для разных компонентов машины с учетом специфики их работы в конкретных условиях составляет основную задачу при построении интеллектуальной диагностической системы.

Все основное и вспомогательное оборудование машинно-технологического комплекса оснащается подсистемами расширенного мониторинга с полным набором первичных датчиков, программных и технических средств сбора диагностической информации и интеграции в информационно-диагностическую систему [3].

Локальные подсистемы расширенного мониторинга для разных компонентов комплектуются вместе с оборудованием и используют подстанционные средства визуализации, архивирования и документирования.

Телекоммуникационная система – это единое информационное пространство, которое представляет собой совокупность баз данных, технологий их ведения и использования, функционирующих на основе единых принципов и

по общим правилам, обеспечивающим информационное взаимодействие входящих в него подсистем.

В результате рассмотрения проблем интеллектуализации машинно-технологических комплексов в качестве принципиального признака выделена замена кинематических связей информационными параметрами в том числе применение алгоритмов и определений нечеткой логики [4, 5].

Предложена 4-х степенная классификация интеллектуальных машинно-технологических комплексов по объему применения мехатронных модулей для решения технологических задач возделывания и уборки овощных культур (рис. 1.).

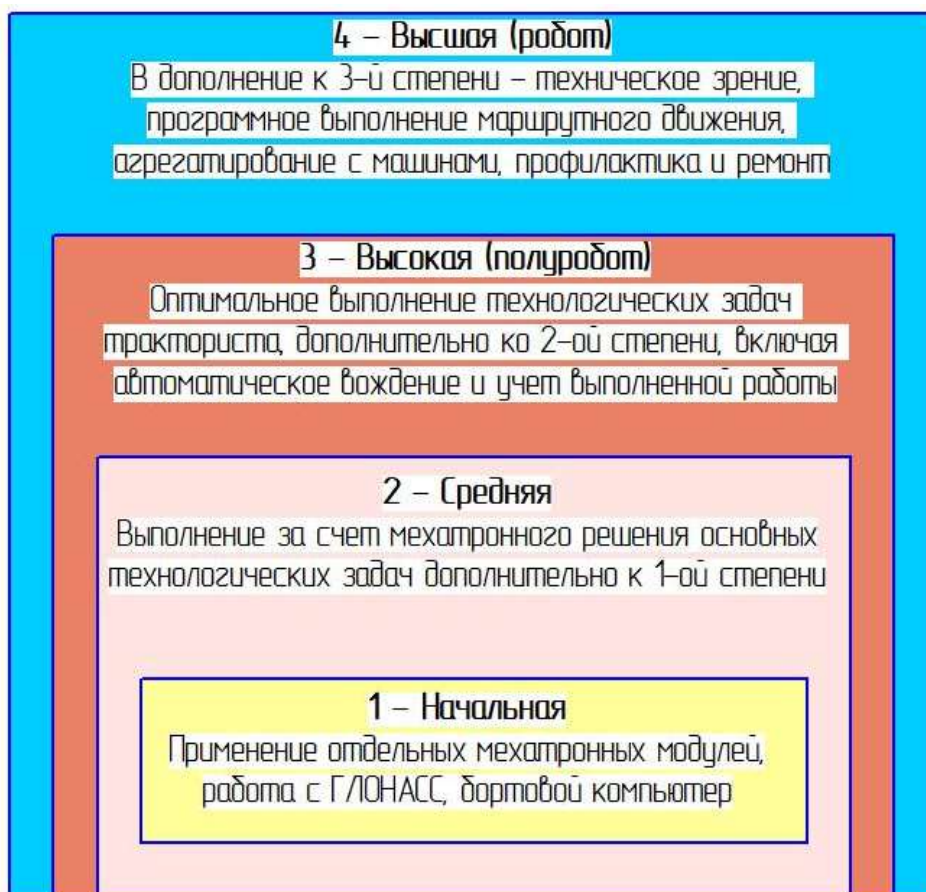


Рисунок 1 – 4-х степенная классификация интеллектуальных машинно-технологических комплексов

Анализ результатов исследований технического, технологического и цифрового обеспечения комплексов машин для производства овощных культур позволил выдвинуть предложения по новому классификационному признаку интеллектуализации машинно-технологических комплексов для производства овощных культур, в которых приведены основные кинематические связи, подлежащие замене на информационные и представленные в таблице 1.

Замена в машинно-технологических комплексах механических параметров информационными

Объект управления	Механический параметр	Информационный параметр
Функционирующий элемент	Глубина обработки, частота вращения, поступательная скорость движения	Влажность, твердость, скважность, липкость гранулометрический состав почвы
Трансмиссия механическая	Частота вращения ведущих колес	Буксование, скорость движения, крутящий момент
ВОМ механический	Передаточное отношение (ступенчато)	Частота вращения
Гидрообъемная трансмиссия	Частота вращения ведущих колес	Скорость движения
Электрическая трансмиссия	Частота вращения ведущих колес	Скорость движения
Гидронавесная система	Глубина обработки	Тяговое усилие
Ходовая часть	Вес балласта	Положение центра тяжести
Подвеска	Деформация	Горизонтирование остова
Колесо	Угол поворота	Площадь пятна контакта, траектория движения, уровень колебаний

С целью формирования научно-обоснованного прогноза по определению уровня интеллектуализации машинно-технологических комплексов при производстве овощных культур, основанного на достижениях информационных технологий, использовании системы автоматического управления и регулирования сельскохозяйственными машинами и оборудованием, сенсорной техники и общей компьютеризации всех процессов сельскохозяйственного производства необходимо иметь информацию о хозяйствах РФ, использующих новые технологии [4, 5].

Для сбора статистической информации с хозяйствующих субъектов при оценке уровня интеллектуализации машинно-технологических комплексов на производстве овощных культур разработаны показатели интеллектуализации, представленные в таблице 2.

Таким образом, результаты проведенных предпосылок по уровню интеллектуализации машинно-технологических комплексов позволяют сделать вывод о том, что интеллектуализация машинно-технологических средств АПК – это актуальная и современная задача, которой занимаются множество ведущих научных учреждений и производственных предприятий.

Использование элементов интеллектуализации машинно-технологических комплексов при производстве овощных культур

Наименование организации	Район	Площадь, га	Используемые элементы интеллектуализации
			Определение границ полей с использованием спутниковых систем навигации
			Локальный отбор проб почвы в системе координат
			Параллельное вождение
			Спутниковый мониторинг транспортных средств
			Дифференцированное опрыскивание сорняков
			Дифференцированное внесение удобрений
			Дифференцированный посев
			Дифференцированное орошение
			Дифференцированная обработка почвы по почвенным картам
			Мониторинг состояния посевов с использованием дистанционного зондирования (аэро- или спутниковая фотосъемка)
			Составление цифровых карт урожайности
			Составление карт электропроводности почв
			Регулирование режимных и технологических параметров машинно-технологических комплексов с использованием современных информационных технологий

Анализируя совокупность достоинств и недостатков цифрового обеспечения комплексов машин для производства овощных культур можно сделать достаточно очевидный вывод о необходимости определения взаимоувязанной рациональной совокупности согласованных показателей прогрессивных технических средств серийно выпускаемых, находящихся на рынке, создаваемых и готовящихся к производству в период ее действия, потенциально обеспечивающих в рамках устанавливаемых материально-технических ресурсов наибольший эффект при производстве требуемого количества продуктов питания и сырья для промышленности по заданной совокупности технологий с применением прогрессивных (инновационных) форм труда и использования техники.

Библиографический список

1. Федоренко, В.Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве: научный аналитический обзор / В.Ф. Федоренко. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 223 с.
2. Черноиванов, В.И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства: науч. изд. / В.И. Черноиванов, А.А. Ежевский, В.Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 284 с

3. Аксенов, А.Г. Обеспеченность техникой для овощеводства» / А.Г. Аксенов, А.В. Сибирёв, П.А. Емельянов // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 8. – С. 25 – 30.

4. Барталев, С.А. Опыт и перспективы разработки автоматизированных методов обработки спутниковых данных дистанционного зондирования для решения задач мониторинга сельского хозяйства. Материалы Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве» / С.А. Барталев, Е.А. Лупян, Д.Е. Плотников, С.А. Хвостиков. - Санкт-Петербург, 2015. – 196 с.

5. Воронков И.В. Разработка методов и аппаратно-программных средств автоматизированного мониторинга и контроля выполнения посевных работ [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Воронков Илья Владимирович. – Москва, 2017. – 150 с.

УДК 631.334

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ПОЛОСНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Мударисов Салават Гумерович, заведующий кафедрой строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

Аминов Раушан Ильдарович, аспирант кафедры строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

Фархутдинов Ильдар Мавлярович, доцент кафедры строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ

Аннотация. В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению энергетических и качественных показателей работы культиватора для полосной обработки почвы.

Ключевые слова: Strip-Till, полосная обработка почвы, качество обработки, крошение, тяговое сопротивление.

В настоящее время в Российской Федерации выгодными и ценными культурами с экономической точки зрения являются технические культуры, а именно подсолнечник, как масличная культура, и кукуруза на семена. Наиболее выгодными способами повышения эффективности возделывания технических культур являются внедрение технологии Strip-till. Для этого необходимо разработать новые рабочие органы для подготовки почвы с одновременным внесением основной дозы удобрений [1].

В связи с этим, нами на кафедре строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ разработана и

создана экспериментальная рабочая секция для полосной обработки почвы с разноуровневым внесением удобрений. На рисунке 1 представлена секция культиватора для полосной обработки почвы при полевых испытаниях [2, 3].

Для энергетической и качественной оценки разработанного культиватора были проведены лабораторно-полевые эксперименты в условиях реального предприятия.

Для энергетической оценки были установлены следующие технологические параметры: глубина хода стойки рыхлителя 15, 20 и 25 см, скорость движения агрегата в пределах 3,7...9,5 км/ч. Исходное состояние почвы: плотность почвы 1290...1380 кг/м³, влажность 20-25%. Результаты экспериментов представлены ниже.

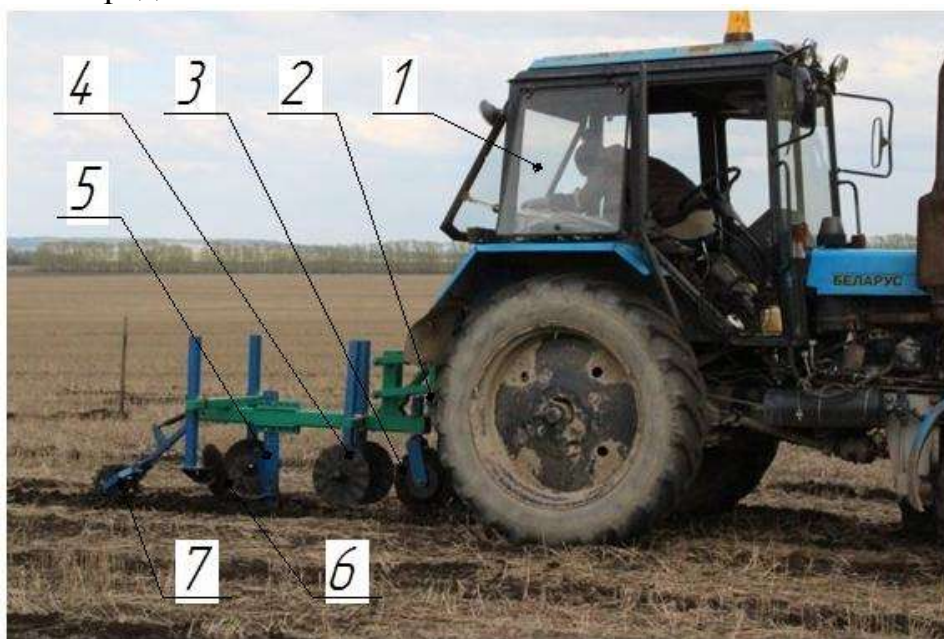


Рисунок 1 – Экспериментальная секция культиватора для полосной обработки почвы

1 – трактор МТЗ-82; 2 – тензозвено; 3 – разрезной диск; 4 – подрезные диски; 5 – рыхлитель с открывками для внесения удобрений; 6 – сферические диски; 7 – планчатый прикатывающий каток

В таблице 1 представлены полученные значения тягового сопротивления испытуемого культиватора, а на рисунке 1 – графические зависимости тягового сопротивления от глубины хода и скорости движения.

Таблица 1

Зависимость тягового сопротивления рыхлителя от глубины хода и скорости движения

Глубина хода рыхлителя, см	Скорость, км/ч				
	5,30	6,50	7,10	8,40	9,50
15	1250,8	1310,2	1390,5	1680,8	1900,1
20	1300,8	1450,8	1700,9	1911,3	2080,7
25	1390,1	1590,4	1810,7	1988,2	228,9

Для оценки качества крошения выполнили просеивание через набор сит диаметрами отверстий 10; 7; 3; 2; 1 и 0,5 мм не растертую сухую почву массой 0,25-2,5 кг с последующим взвешиванием массы каждой фракции почвы на ситах. Результаты замеров представлены в таблице 2.

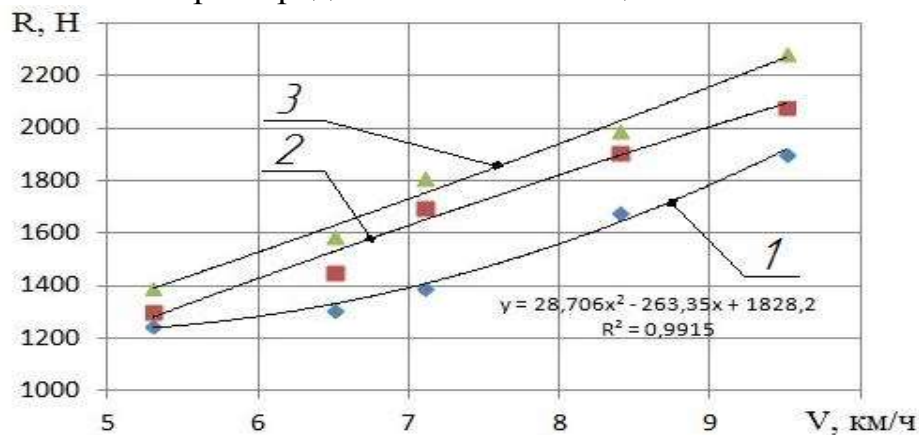


Рисунок 2 – Зависимость тягового сопротивления рыхлителя от глубины хода и скорости движения

1 – при глубине хода рыхлителя 15 см; 2 – при глубине хода рыхлителя 20 см; 3 – при глубине хода рыхлителя 25 см

Таблица 2

Результаты оценки структурного состояния почвы

Скорость движения культиватора, км/ч	5,30	6,50	7,10	8,40	9,50
Степень крошения, %	90	90	93	93	94
Глыбистость, %	10	10	7	7	6

Из таблицы 2 видно, что наибольшее крошение происходит на скоростях 8,4...9,5 км/ч. Во всем диапазоне рабочих скоростей качество крошения удовлетворяет агротехническим требованиям.

Согласно полученным результатам разработанная схема секция культиватора для полосовой обработки вполне работоспособна и соответствует агротехническим требованиям к полосовой обработке почвы.

Библиографический список

1. Тихонов, В.В. Обзор и обоснование конструктивной схемы рабочего органа для полосовой обработки почвы под технические культуры / В.В. Тихонов, И.М. Фархутдинов, Р.Ф. Юсупов, И.Э. Валиуллин. // В сборнике: Совершенствование конструкции, эксплуатации и технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники Материалы Международной научно-практической конференции, г. Уфа, 19-20 дек. 2013. – С. 358-364.

2. Аминов, Р.И. Рабочий орган для разноуровневого внесения жидких удобрений: патент на полезную модель RUS № 169547 МПК *A01B 49/06* / Аминов Р.И., Мударисов С.Г., Тихонов В.В., Рахимов З.С., Фархутдинов И.М., Ямалетдинов М.М. № 2016121546; заявл. 31.05.2016; опубл. 22.03.2017, бюл. № 9.

3. Патент на полезную модель RUS №152987 Мударисов, С.Г. Рабочая секция для полосовой обработки почвы: Патент на полезную модель RUS №152987 / Мударисов С.Г., Рахимов З.С., Юсупов Р.Ф., Валиуллин И.Э., Тихонов В.В., Фархутдинов И.М., Ямалетдинов М.М. №2015107078/13; заявл. 02.03.2015; опубл. 27.06.2015, бюл. № 18.

УДК 631.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Усманов Абдукарим Сулеевич, член-корреспондент академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, ТОО «Научно-производственный центр Агроинженерии»

Шарипов Зариф Шарипович, доцент, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Ли Афанасий, доцент, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Аннотация. Проведен анализ текущей ситуации технического оснащения и повышения эффективности применения, имеющихся в хозяйствах ограниченных технических средств АПК, разработаны предложения по созданию и функционированию комплекса машин для АПК.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, техническое оснащение, система технологий и машин, инновационные технологии, сельскохозяйственная техника, сельскохозяйственное машиностроение.

В агропромышленном комплексе (АПК) стран СНГ в результате проведенных реформ в сельском хозяйстве произошли существенные изменения в структуре и количестве агроформирований. Если до реформ в АПК имелось крупные колхозы и совхозы, то в настоящее время число агроформирований увеличилось на мелкие фермерские (ФХ) и крестьянские хозяйства (КХ), имеющих небольшие посевные площади. Средние размеры посевных площадей ФХ составляют от 25 до 200 га. Эти хозяйства не в состоянии приобретать современную дорогую высокопроизводительную технику. Поэтому они возделывают сельскохозяйственные культуры по упрощенным технологиям. Технологические операции выполняются не в агросроки, что приводит к низкой урожайности и большим потерям продукции.

Обоснование и разработка предложений по созданию и функционированию комплекса машин для АПК, ускоренное обновление и повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники и оборудования, обеспечивают повышение производительности труда в 1,5-2 раза.

На основе анализа современного уровня технической оснащенности АПК стран СНГ, обобщения отечественного и зарубежного опыта использования

средств механизации, а также прогнозирования тенденций приобретения хозяйствами новой техники сформулированы основные концептуальные положения повышения эффективности применения имеющихся в хозяйствах ограниченных технических средств [1-3].

Во-первых, в связи с тем, что особенности воспроизводственного процесса проявляются в сельскохозяйственных предприятиях дифференцированно, т.е. производство в них ведется на основе расширенного или простого, или суженного типа воспроизводства, можно провести следующую классификацию моделей машиноиспользования.

Первая модель – это хозяйства, которые располагают техникой пятого поколения, как правило, ведущих зарубежных фирм (оборудована компьютерным управлением, имеет многофункциональное назначение) и применяют конкурентоспособные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. В стратегии развития машинно-тракторного парка (МТП) эти хозяйства делают ставку на приобретение в основном новшеств зарубежной и отечественной техники, так как по экономической эффективности соотношение цена/качество оправдывает себя. Они являются лидерами, «точками роста» в отрасли, их доля от общего количества составляет примерно 2-5%.

Вторая модель – это хозяйства, которые полностью обеспечены конкурентоспособной техникой СНГ. По объемам производства они намного уступают первой модели, однако по отдаче от вложенных средств находятся примерно на одинаковом уровне. Главная цель в стратегии развития этой группы хозяйств – следование за лидерами, поэтому они начинают приобретать проверенную на опыте передовых хозяйств зарубежную технику средней мощности и современные образцы отечественного машиностроения. Таких предприятий примерно 7-10% от общего количества.

Третья модель – эта группа предприятий, занимающая примерно 1/3 от общего количества хозяйств. Их МТП за последние 8 лет обновлялся не более чем на 10-15%. Причем замена средств механизации производится путем приобретения изношенной техники в рядом находящихся хозяйствах, где прекратилось производство, или путем обмена временно неиспользуемых машин. Здесь широко распространена аренда технических средств или совместное их использование. В связи с неплатежеспособностью и неудовлетворительным состоянием баланса доступ к лизинговым фондам для них ограничен. В стратегии развития МТП этой модели предприятий – продление срока службы техники, совместное ее использование с близлежащими хозяйствами, аренда дорогостоящих машин. При сохранении нынешнего положения большинству хозяйств этой группы грозит потеря технического потенциала.

К четвертой модели относятся остальные хозяйства, т.е. более половины от общего количества сельскохозяйственных предприятий которые за последние 8 лет новую технику почти не приобретали, а износ имеющейся составляет около 80%. Их технический потенциал практически утрачен, частично средства

механизации этой группы СХТП приобретаются хозяйствами, относящимися ко второй и третьей моделям. Хранится техника на личном подворье механизаторов, ремонтные мастерские разукomплектованы, брошены и находятся в аварийном состоянии. В целом стратегия развития МТП предприятий данной модели, как правило, отсутствует. Вторая половина аналогичных хозяйств при условии реструктуризации задолженности, реализации мер антикризисного управления имеет шансы восстановить технический потенциал для ограниченного объема производства. Для этого потребуется обеспечить им финансовую помощь, доступ к федеральным и областным лизинговым фондам, включить в региональные целевые программы развития.

Таким образом, грамотная техническая политика в зависимости от уровня технической оснащенности хозяйств обеспечит дифференцированный подход. Поэтому проходящему в современных условиях стихийному процессу адаптации хозяйств к условиям технического потенциала необходимо придать управляемый целенаправленный характер на основе разработки и реализации в каждом регионе целевой комплексной программы по технической и технологической перестройке сельского хозяйства и ресурсосбережению.

Во-вторых, для компенсации недостатка сельскохозяйственной техники необходимо обеспечить ее коллективное использование, в том числе на основе машинно-технологических станций (МТС). В зависимости от источника формирования парка машин возможны два варианта организации МТС: на основе кооперации предприятий, когда техника объединяется для совместного использования; путем организации самостоятельного предприятия, которое приобретает машины по лизингу, за счет кредитов и других средств.

Необходимо создание системы базовых хозяйств, рассматриваемых в качестве «точек роста», и головных предприятий производственных систем, в которые будут входить большинство остальных хозяйств. Базовые хозяйства могут также выполнять функции МТС. При этом МТС формируются на основе имеющегося МТП указанных предприятий, их машинных дворов и ремонтных мастерских. МТП предприятий укрепляется техникой, поступающей по лизингу, и может оказывать услуги фермерам и населению.

На межрайонной основе возможна организация дилерских пунктов заводов-изготовителей. Ориентировочные затраты на создание дилерского пункта на базе существующего ремонтно-технического предприятия (РТП).

На базе районных РТП, МТС или ремонтных мастерских и машинных дворов крупных сельхозпредприятий может быть создана система прокатных пунктов.

Целесообразно создание на базе ремонтных предприятий специальных пунктов, покупающих изношенную технику, восстанавливающих ее и продающих по цене на 20 ... 70% ниже, чем на новые машины и оборудование.

В-третьих, в зависимости от конкретных организационно-экономических условий функционирования хозяйства (размеров производства, парка и его структуры, доступности услуг МТС, формы собственности и т.д.) возможны следующие варианты использования техники.

1) Выполнение работ собственными силами и средствами на собственной базе:

-полная децентрализация имеющейся в хозяйстве техники, т.е. ее закрепление за бригадами и звеньями;

-частичная децентрализация техники с ее централизованным использованием в период напряженных полевых работ;

-централизованное использование технических средств путем организации в хозяйстве хозрасчетного механизированного отряда на базе машинного двора.

2) Выполнение работ собственными силами на собственной технической базе с частичным привлечением средств механизации со стороны:

-полная децентрализация имеющейся в хозяйстве техники, т.е. ее закрепление за бригадами и звеньями;

-частичная децентрализация техники с ее централизованным использованием в период напряженных полевых работ;

-централизованное использование технических средств путем организации в хозяйстве хозрасчетного механизированного отряда на базе машинного двора;

-аренда технических средств;

-прокат техники.

3) Смешанный вариант, обеспечивающий СХТП возможность использования собственной технической базы, а также привлечение не только техники, но и услуг сторонних организаций:

-децентрализованное или централизованное использование имеющейся в хозяйстве техники;

-создание межхозяйственной МТС путем кооперации нескольких хозяйств на базе более технически оснащенного хозяйства;

-создание МТС на государственной основе за счет средств регионального и республиканского бюджетов; за счет средств ремонтно-технических и близких им по профилю предприятий, а также на базе кооперации хозяйств с ремонтно-техническими и другими собственниками основных средств;

-аренда технических средств;

-прокат техники.

4) Использование техники для услуг сторонних организаций:

-аренда и прокат технических средств;

-использование услуг СХП или МТС. Данный вариант характерен для фермерских хозяйств, хозяйств населения (личных подсобных хозяйств) и некоторых депрессивных коллективных предприятий.

В-четвертых, на уровне региональных органов управления АПК необходим регулярный технологический и технический мониторинг для объективной оценки сложившейся ситуации и оперативного внесения корректив в систему пополнения парка машин и их использования.

Агроформированиям следует определить экономическую целесообразность приобретения новых машин и привлечения сторонних исполнителей, выявить наличие или отсутствие возможности выполнения работы собственными силами при обязательной организации хозрасчетных

отношений между подразделениями для стимулирования экономии издержек при применении технических средств.

Изложенные концептуальные подходы могут служить основой для пересмотра направлений технической и технологической политики в агроформированиях и региональных АПК.

Библиографический список

1. Федоренко, В.Ф. Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка в современных условиях / В.Ф. Федоренко, А.А. Ежевский, С.А. Соловьев, В.И. Черноиванов. - М.: Росинформагротех. – 2015. – 336 с.

2. Федоренко, В.Ф. Средства механизации для производства и переработки сельскохозяйственной продукции в малых формах хозяйствования. Каталог / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, Н.П. Мишуров и др. -М.: ФГНУ «Росинформагротех». – 2008. – 260 с.

3. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 г. -М.: ФГБНУ Росинформагротех. -2009. – 80 с.

УДК 631.363

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМА

Вендин Сергей Владимирович, заведующий кафедрой электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина

Саенко Юрий Васильевич, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина

Аннотация: На свиноводческих фермах затраты на подготовку и раздачу корма являются наиболее значимыми. С целью снижения ресурсов и энергозатрат при раздаче корма на свиноводческих комплексах нами разработана установка, которая обеспечивает приготовление влажной мешанки в момент ее поступления в кормушку, обеспечивая влажность корма 70-75%.

Ключевые слова: дозирование, смешивание, раздача корма, влажный корм.

Затраты кормов на производство животноводческой продукции в России значительно превышают показатели развитых стран мира. Низкая эффективность использования кормовой базы сказывается на увеличении себестоимости продукции животноводства и снижении ее конкурентоспособности на мировом продовольственном рынке [1, 2].

Улучшение качества и удешевление затрат на приготовление кормов, совершенствование структуры кормопроизводства являются важнейшим ресурсом повышения конкурентоспособности отечественного животноводства.

Опыт эксплуатации гидротранспортных установок на крупных животноводческих комплексах показал, что этот способ транспортировки продукта по трубам является наиболее экономичным, с высоким коэффициентом эксплуатационной надежности. Трубопроводная система проста по устройству, гигиенична, удобна в эксплуатации и легко поддается автоматизации.

В условиях высокой концентрации и специализации животноводства трубопроводная транспортировка корма все шире применяется в хозяйствах. На крупных животноводческих комплексах приходится транспортировать большие массы сухих, или жидких кормов.

В настоящее время в Белгородской области ведется интенсивная эксплуатация свиноводческих комплексов. Одним из основных поставщиков оборудования для кормления животных является фирма Big Dutchman. Она поставляет оборудование для приготовления и раздачи сухих и жидких кормов.

Система раздачи Hidromix предназначена для автоматизированного приготовления и раздачи жидкого корма. После процесса кормораздачи, трубопровод промывается водой, а один раз в месяц дезинфицирующим раствором. Это ведет к непроизводительному расходу воды, дезинфицирующих средств и увеличению эксплуатационных затрат.

Установка DryRapid, предназначена для раздачи сухого корма, недостатком которого является то, что у животных могут возникать заболевания желудочно-кишечного тракта, или органов дыхания.

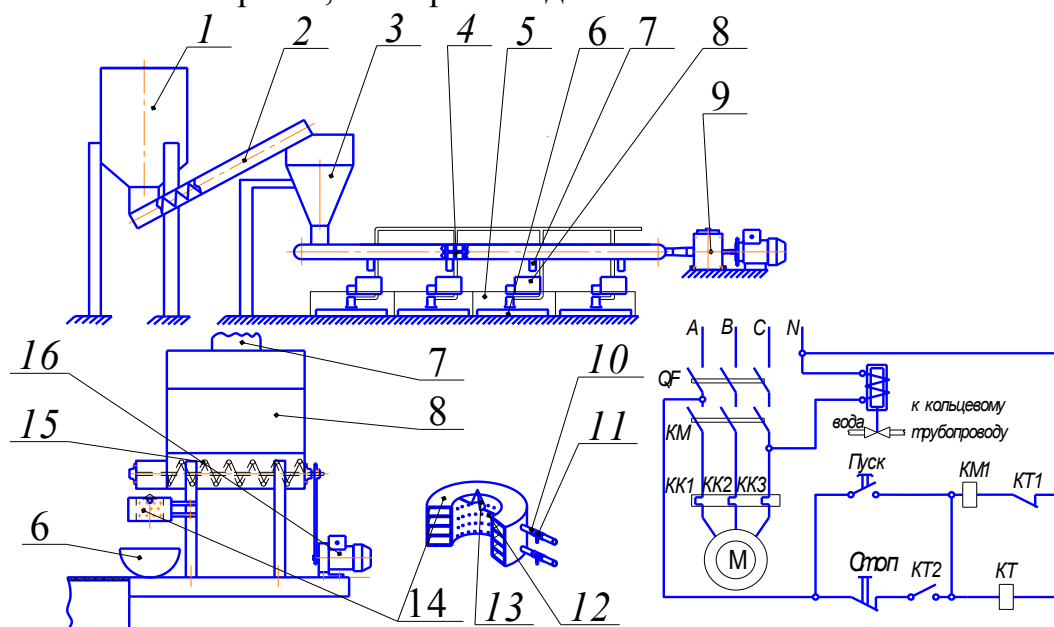


Рисунок 1– Установка для приготовления и раздачи влажной мешанки:

1-загрузочный бункер, 2-спиральный транспортер, 3-бункер-питатель, 4-тросово-шайбовый конвейер, 5-групповая клетка для содержания свиней, 6-кормушка, 7-окно, 8-бункер-дозатор, 9-электродвигатель с редуктором, 10-подводящий трубопровод для воды, 11-перекрывающий кран, 12-отверстия, 13-рассекатель, 14-кольцевой трубопровод, 15-спиральный транспортер, 16-мотор-редуктор с цепной передачей.

Проведенный нами анализ технических средств, приготовления и раздачи влажных кормов позволил установить, что наиболее перспективными являются установки, которые готовят влажный корм непосредственно перед выдачей его в кормушку и частично лишены недостатков эксплуатируемого оборудования.

На кафедре машин и оборудования в агробизнесе инженерного факультета Белгородского ГАУ разработана установка, которая приготавливает влажный корм непосредственно перед подачей его в кормушку (рис. 1) [3, 4]. Установка состоит из бункера, в котором размещен спиральный транспортёр. Ниже бункера установлен кольцевой трубопровод с отверстиями на внутренней поверхности.

По середине кольцевого трубопровода выполнен рассекатель. Работает установка так. Сухой комбикорм, который находится в бункере, с помощью спирального транспортёра подается на рассекатель и распадается на кольцевой поток, который падает в кольцевой трубопровод, где его пробивают струями воды. Готовый корм влажностью 70-75% падает в кормушку.

Выводы

1. Улучшение качества и удешевление затрат на приготовления кормов, совершенствование структуры кормопроизводства являются важнейшим ресурсом повышения конкурентоспособности отечественного животноводства.

2. Оборудование для раздачи корма, применяемое на свиноводческих комплексах не лишено недостатков, связанных с эксплуатационными расходами.

3. На кафедре машин и оборудования в агробизнесе инженерного факультета Белгородского ГАУ разработана установка, которая приготавливает влажный корм для свиней непосредственно перед подачей его в кормушку. Установка позволяет транспортировать сухой комбикорм по трубопроводу и приготавливать влажный корм непосредственно перед выдачей в кормушку.

4. Применение разработанной конструкции кормораздаточного оборудования позволит исключить промывку трубопроводного транспорта после раздачи корма и, следовательно, снизить эксплуатационные затраты.

Библиографический список

1. Макаренко, А.Н. Машины и оборудование в животноводстве / Макаренко А.Н., Мачкарин А.В., Рыжков А.В., Чехунов О.А., Саенко Ю.В. Майский: Белгородский ГАУ, 2016. – С. 116.

2. Походня, Г.С. Свиноводство и технология производства свинины: Сборник научных трудов научной школы профессора Г.С. Походни (Специальный выпуск №2: Использование проращенного зерна в рационах свиней) / Г.С. Походня. – Белгород. – 2009. – 68 с.

3. Походня, Г.С. Повышение продуктивности маточного стада свиней / Г.С. Походня, А.И. Гришин, Р.А. Стрельников, Е.Г. Федорчук, В.В. Шабловский. - Белгород: Константа, 2013. – 448 с.

4. Патент 2434381 Российская Федерация, А 01 К 5/02. Технологическая линия для приготовления и раздачи влажных кормов / Саенко Ю.В., Булавин С.А., Головин А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА. – №2009142626/12; заявл. 18.11.2009; опубл. 27.11.2011. - 10 с.: ил.

ПУТИ УСКОРЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ

Лылин Николай Алексеевич, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. В статье рассматриваются особенности использования измельченной соломы в качестве органического удобрения. Перечислены факторы, влияющие на минерализацию растительных остатков. Показано устройство комбинированного агрегата, позволяющего интенсифицировать процесс разложения соломы, тем самым повысить плодородие почвы.

Ключевые слова: использование соломы, деструктор стерни, сидераты, комбинированный агрегат, плодородие почвы.

Солома – важнейший источник органического вещества. Ее широко используют в отечественной и зарубежной сельскохозяйственной практике, в хозяйствах, специализирующихся на производстве зерна и обеспечивающих прочную кормовую базу для животноводства. По содержанию органического вещества одна тонна соломы равноценна 3,5-4 тоннам навоза, по содержанию азота – 15 кг аммиачной селитры.

Интенсивность разложения соломы микроорганизмами в почве и ее удобрительная ценность определяется, прежде всего, ее химическим составом, который довольно широко изменяется в зависимости от почвенных и погодных условий, а также применяемых удобрений. В среднем солома содержит 14% воды и 86% сухих веществ (табл. 1). Основная часть соломы овса, ячменя, озимой пшеницы представлена целлюлозой (33-35%), пентозанами и гемицеллюлозой (21%) и лигнином (19-21%). В состав соломы этих культур входит также сырой протеин (3-5%), декстрины (0,7-2%), зола (4,5-5,5%), а также воск [1].

Таблица 1

Химический состав соломы зерновых и зернобобовых культур [1]

Солома	Сухое вещество	Органическое вещество	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Отношение C:N
			% к сырой массе					
Пшеничная	86	82	0,45	0,07	0,64	0,21	0,07	80-90
Ржаная	86	82	0,34	0,07	0,52	0,33	0,05	100-110
Овсяная	86	80	0,42	0,13	1,12	0,24	0,07	80-90
Ячменная	86	82	0,50	0,18	0,94	0,28	0,05	70-80
Кукурузная	86	82	0,46	0,16	1,26	0,32	0,14	60-80
Рапсовая	86	80	0,53	0,11	0,85	0,81	0,16	60-70
Гречишная	86	80	1,36	0,51	2,95	0,86	0,16	24-27
Зернобобовых культур	86	80	1,44	0,23	1,96	0,91	0,16	20-25

Скорость разложения соломы в почве определяется многими факторами: наличием источников питания для микроорганизмов, их численностью, видовым

составом и активностью, типом почвы, ее окультуренностью, температурой, влажностью, аэрацией и др.

Солома хорошо разлагается во влажных, хорошо окультуренных почвах. Особенно быстро этот процесс идет в начальный период, когда почвенные микроорганизмы располагают значительным количеством легкодоступного углерода и элементов питания. На нейтральных почвах, хорошо обеспеченных питательными веществами, солома разлагается в течение 3-4, на кислых тяжелых почвах – 4-5 лет. Большое влияние на активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов оказывает аэрация почвы.

Интенсивность разложения целлюлозы велика в верхней части пахотного слоя, особенно при влажности почвы 70% от полной влагоемкости. Целлюлозоразрушающие микроорганизмы испытывают сравнительно высокую потребность в азоте. Так как содержание азота в соломе низкое микроорганизмы поглощают его и из почвы (иммобилизуют), до тех пор, пока отношение C : N не приблизится к 20. Если иммобилизация по времени совпадает с периодом усвоения питательных веществ, то растения могут испытывать недостаток азота. Поэтому в год внесения соломы положительный эффект может отсутствовать или быть отрицательным. Еще в начале 19-го века начались первые попытки использования соломы в качестве удобрения, но были получены отрицательные результаты, так как следующая культура снижала урожайность [2].

Эффективность соломы в год внесения возрастает при дополнительном внесении азота (от 3,5 до 15 кг на 1 т соломы) и достижении соотношения C : N = 20. Вместо минерального азота можно использовать жидкий навоз (не менее 3-5 т на 1 т соломы), или бобовые сидеральные культуры.

Исходя из особенностей процессов минерализации соломы требуется ее измельчить, равномерно распределить по поверхности поля, заделать в верхний слой почвы, обеспечить оптимальное соотношение углерода к азоту (C : N = 20) для активации деятельности микроорганизмов, разлагающих солому.

В настоящий момент наиболее распространенным способом уборки незерновой части урожая зерновых культур является способ, при котором зерноуборочный комбайн измельчает солому и равномерно ее разбрасывает на ширину захвата жатки. Далее осуществляется обработка почвы. В зависимости от применяемой технологии обработка почвы выполняется луцильниками (дисковыми или режущими лемешными) или дисковыми боронами с последующей зяблевой вспашкой (интенсивные технологии возделывания) или стерневыми культиваторами-глубококорыхлителями (ресурсосберегающие технологии). После вспашки солома заделывается на значительную глубину и оказывается в анаэробных условиях, что значительно увеличивает время разложения соломы.

Для ускорения минерализации соломы известно несколько агроприемов [3]. Среди них основными являются внесение навоза или навозной жижи перед вспашкой, внесение азотных минеральных удобрений, обработку пожнивных остатков биопрепаратами (деструкторами стерни), высев сидеральных культур. Описанные способы предполагают использование большого количества

техники, неоднократные проходы машинно-тракторных агрегатов, описанные процессы трудоемки и растянуты во времени.

Описанная проблема решается применением комбинированного агрегата, который за один проход обрабатывает пожнивные остатки водным раствором биодеструктора, рыхлит верхний слой почвы и заделывает растительные остатки, высевает сидеральную культуру и прикатывает посеvy.

Агрегат составляется путем навешивания на переднюю навесную систему трактора штангового опрыскивателя, при этом привод насоса опрыскивателя может быть осуществлен от переднего вала отбора мощности или от гидросистемы трактора, а на заднюю навесную систему – дисковую борону, с установленной на ее раме пневматической или механической сеялкой, привод высевашего аппарата которой может быть осуществлен от заднего вала отбора мощности или от гидросистемы трактора (рис. 1). Ширина захвата штанги опрыскивателя соответствует ширине захвата дисковой бороны. Для уменьшения потерь деструктора на снос и испарение штанга с распылителями устанавливается на высоту, которая определяется высотой стерни убранный зерновой культуры. Такая конструкция позволяет наносить раствор деструктора на растительные остатки и сразу же их заделывать в почву секциями дисков. Это предотвращает гибель микроорганизмов деструктора от действия солнечных лучей. Секции дисков осуществляют рыхление почвы и перемешивание растительных остатков в почве на глубину до 10 см, а высевашие аппараты сеялки через семяпроводы подают семена сидеральной культуры на поверхность поля, на которые воздействует каток [4].

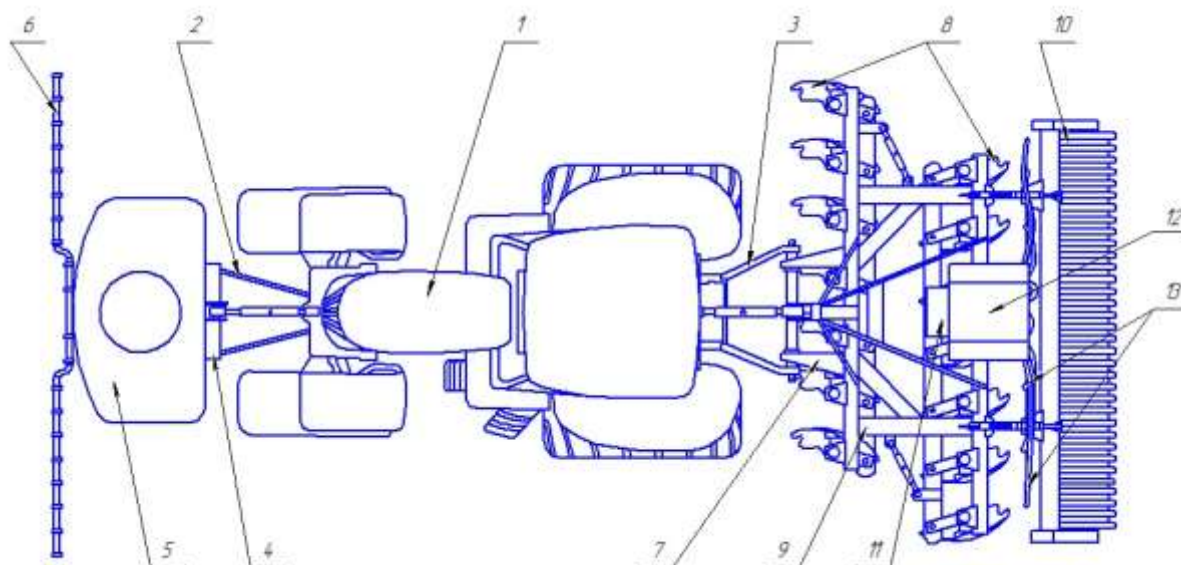


Рисунок 1 – Состав комбинированного почвообрабатывающего агрегата

Предлагаемое устройство состоит из тягово-энергетического средства 1, снабженного передней 2 и задней 3 навесными системами. На передней навесной системе 2 установлен штанговый опрыскиватель 4 с баком 5, насосом (не изображен) и штангой 6 с распылителями. На задней навесной системе 3 установлена дисковая борона 7 с секциями дисков 8, рамой 9 и опорным катком

10. На раме 9 дисковой бороны 7 смонтирована сеялка 11 для сидератов с бункером 12 для семян, высевающими аппаратами (не изображены) и семяпроводами 13.

Работает устройство следующим образом. При движении тягово-энергетического средства 1 раствор деструктора поступает из бака 5 опрыскивателя 4 к штанге 6 с распылителями и наносится на пожнивные остатки зерновой культуры на поверхности поля. Секции 8 дисковой бороны 7 производят рыхление верхнего слоя почвы, измельчение обработанных деструктором растительных остатков и их заделку в почву. Поступающие из бункера 12 сеялки 11 семена сидеративной культуры через семяпроводы 13 подаются в область между дисковыми секциями 8 и опорным катком 10. Опорный каток 10 уплотняет посеы сидеративной культуры.

В результате почвенная микрофлора обогащается микроорганизмами, ускоряющими минерализацию растительных остатков, растительные остатки заделываются в верхний слой почвы, где создаются благоприятные условия для деятельности этих микроорганизмов – отсутствие солнечного света и аэробные условия. Высев сидеральной культуры, желательны бобовых, способствует накоплению в почве азота, благодаря ассоциативной или симбиотической азотфиксации. Таким образом растительные остатки разлагаются за короткое время до легкоусваиваемых растениями веществ.

Библиографический список

1. Самсонова, Н.Е. Использование соломы в качестве органического удобрения: учебно-методическое пособие / Н.Е. Самсонова. – Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 16 с.

2. Груздева, Я.В. Биологическая активность и плодородие чернозема обыкновенного при внесении соломы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 03.02.13 / Я.В. Груздева. – Воронеж, 2011. – 26 с.

3. Лылин, Н.А. Уборка смешанных посевов зерновых культур методом очёса / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, А.С. Цыгуткин, Н.А. Лылин, Малла Бахаа // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – № 1 (71). – 2016. – С. 7-13.

4. Патент РФ № 162755, МПК А01В49/04, А01В21/08 Агрегат для внесения деструктора и посева сидератов / Лукомец В.М., Алдошин Н.В., Золотов А.А., Цыгуткин А.С., Лылин Н.А., Панов А.И., Манохина А.А. – опубл. 27.06.2016. – Бюл. №8.

УДК: 62- 251:631.348:633.49

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДЕКАПИТАЦИИ КАРТОФЕЛЯ

Щиголев Сергей Викторович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Определены конструктивные и технологические параметры ротационного режущего аппарата используемого в устройстве для декапитации картофеля.*

Ключевые слова: *режущий аппарат, декапитация, бесподпорный срез.*

Одной из операций, выполняемых при уборке значительного количества сельскохозяйственных культур, является срез стеблей. Для ее выполнения используются режущие аппараты различных конструкций и принципов действия.

В работе [1] предложено использовать режущий аппарат для реализации ресурсосберегающей технологии возделывания картофеля, подразумевающей повышение его урожайности за счет использования внутренних резервов культуры. Эта технология предусматривает выполнение технического приема названного декапитацией и заключающегося в стимулировании роста площади листовых пластин в результате отсечения макушечной части побегов. Такая технология, по утверждению автора, может обеспечить повышение урожайности картофеля на 18%, причем без применения дополнительных удобрений. Для получения указанного эффекта необходимо обеспечить охват декапитацией не менее 40% побегов.

Для реализации рассматриваемой технологии в работе [2] предложено механизированное устройство, которое обеспечивает вертикальное выравнивание стеблей, усечение их верхушечной части и обработку места среза дезинфицирующим раствором.

Для обрезания побегов в указанном устройстве предложено применить ротационный режущий аппарат, который наряду с простотой конструкции может, при правильном подборе конструктивных параметров и режима работы, обеспечить высокое качество среза стеблей. Кроме этого, применение ротационного режущего аппарата позволит обеспечить возможность секционного исполнения предложенного устройства, что при использовании аппаратов с возвратно-поступательным движением ножа сложно реализовать из-за значительных размеров или высокой стоимости применяемых в настоящее время приводов их ножей [3].

В работе [4] получена зависимость для определения взаимосвязи длины h_n и количества z_n режущих кромок лезвий режущего ротора устройства для

декапитации от скорости V_M движения машины, окружной скорости ($U_H = V_p + V_M$) и радиуса r_0 расположения оснований режущих лезвий ротора

$$z_H h_H \geq \frac{2\pi r_0 V_M}{V_p + V_M},$$

где V_p – скорость ножа, обеспечивающая уверенный бесподпорный срез стеблей.

Радиус r_0 в работе [4] предложено определить из условия надежного среза стеблей при наиболее неблагоприятном положении режущего лезвия

$$V_{\min} = \omega r_0 - V_M \geq V_p.$$

Скорость V_M можно принять равной 2...2,2 м/с, что соответствует значениям, рекомендуемым для движения агрегата в междурядье с учетом соблюдения защитной зоны [5].

Длину режущей кромки h_H можно определить через радиусы расположения вершин r_1 и оснований r_0 ротора из выражения $h_H = r_1 - r_0$.

Внешний диаметр ножей определяется размером кустов картофеля и агротехническими требованиями на его посадку, допускающими отклонение ширины основных междурядий от заданных значений на величину ± 4 см, а для стыковых междурядий – ± 5 см. В работе [4] его величину предлагается принять равной 0,35 м.

На роторе целесообразно использовать 2 или 3 режущие кромки, поскольку меньшее их количество усложняет балансировку ротора, а большее ведёт к загромождению площади всасывающего канала пневматического стеблеподъемника, что скажется на его работоспособности.

Для определения скорости V_p была использована лабораторная установка в виде маятникового копра и выполнены исследования. Результаты опытов показали, что для обеспечения бесподпорного среза побегов картофеля при выполнении декапитации нож должен иметь линейную скорость свыше 5,5 м/с [2].

В работе [5] указано, что при расчете роторных режущих аппаратов скорость V_{\min} следует принимать больше значения V_p чтобы обеспечить снижение удельного усилия резания.

С учетом вышеизложенного построен график (рис. 1) зависимости наружного диаметра ротора от частоты его вращения и числа, расположенных на нём, ножей при поступательной скорости агрегата $V_M = 2,2$ м/с и при условии обеспечения скорости $V_{\min} = 2V_p = 11$ м/с.

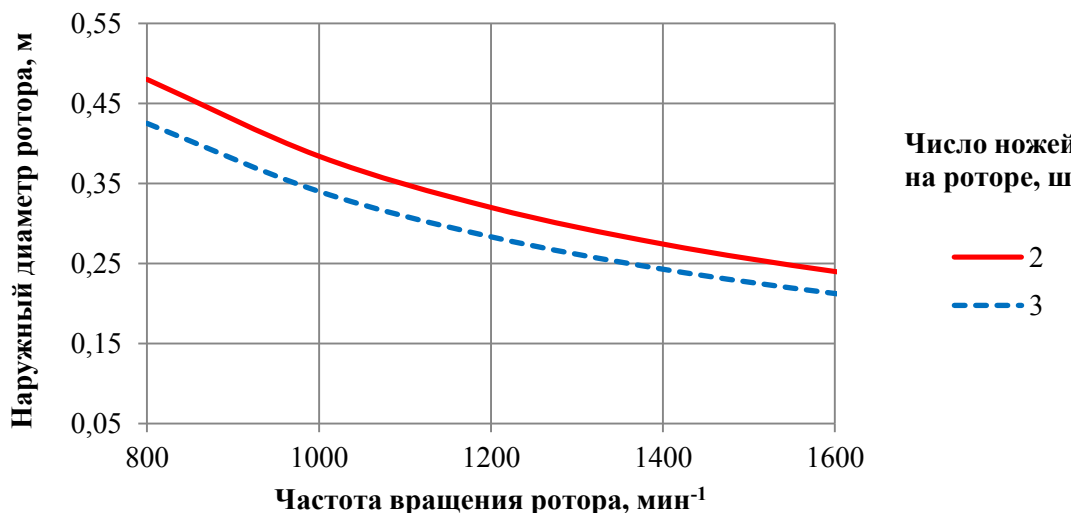


Рисунок 1 – Зависимость наружного диаметра режущего ротора от частоты его вращения и количества режущих кромок

Полученный результат позволяет сделать вывод о том, что для успешного использования в устройстве для декапитации картофеля ротационного режущего аппарата необходимо, чтобы при скорости агрегата до 2,2 м/с его ротор с внешним диаметром 0,35 м имел частоту вращения 1100 мин⁻¹ при использовании двух, или 1000 мин⁻¹ при использовании трех режущих кромок длиной 0,06 и 0,05 м соответственно.

Библиографический список

1. Гаспарян, И.Н. Теоретические и практические основы повышения продуктивности посадок картофеля с использованием декапитации в Нечерноземной зоне Российской Федерации: дис. ... докт. с.-х. наук: 05.20.01 / И.Н. Гаспарян. – Москва, 2015. – 250 с.
2. Бицоев, Б.А. Обоснование параметров и режимов работы устройства для декапитации картофеля: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Б.А. Бицоев. – Москва, 2019. – 147 с.
3. Ломакин, С.Г. Особенности расчета сегментно-пальцевых режущих аппаратов с приводом ножа механизмами качающейся шайбы и планетарным / С.Г. Ломакин, С.В. Щиголов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. – 2013. – № 3 (59). – С.13-16.
4. Бицоев, Б.А. Определение параметров режимов работы режущего аппарата устройства для декапитации картофеля / Б.А. Бицоев, А.Г. Левшин, С.В. Щиголов [и др.] // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – 2019. – №2 (90). – С. 24-29.
5. Долгов, И.А. Сельскохозяйственные машины: теория, расчет, конструкция, использование. Машины для уборки сельскохозяйственных культур / И.А. Долгов. – Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2011. – Т. 4. – Кн. 1. – 582 с.

УДК 629.017

К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ШИН ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА ПОЛОЖЕНИЕ ЕГО ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ КРЕНЕ

Щиголев Сергей Викторович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Рассмотрена особенность изменения координат центра тяжести машин с балансирным мостом управляемых колес в результате нормальной и боковой деформаций шин при поперечном крене.*

***Ключевые слова:** поперечная устойчивость, деформация шин, зерноуборочный комбайн.*

Обеспечение безопасности при работе сельскохозяйственной техники является одной из актуальнейших проблем. Проектируя сельхозмашину, конструктор решает не только задачу обеспечения технологического процесса, но и прорабатывает вопросы безопасности ее использования, причем принятые технические решения должны соответствовать требованиям государственных стандартов.

Одним из критериев безопасности самоходных сельскохозяйственных машин, оцениваемым при прохождении государственных испытаний, является угол их поперечной статической устойчивости, величина которого для разных видов машин регламентирована ГОСТ 12.2.019-2005 «Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности». Его значение может быть определено экспериментально (по ГОСТ 12.2.002-91 «Система стандартов безопасности труда. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности») или расчетным путем (по ГОСТ 33691-2015 «Испытания сельскохозяйственной техники. Метод определения угла поперечной статической устойчивости»).

В научной и учебной литературе представлен ряд методик аналитического определения угла поперечной статической устойчивости. Их анализ показал, что величина искомого угла зависит от координат центра тяжести машины, ее геометрических параметров и типа ходовой части.

Рассматривая зерноуборочные комбайны можно сделать вывод о том, что эти машины имеют определенные особенности конструкции ходовой части, влияющие на их поперечную устойчивость. К ним следует отнести: применение в конструкции ходовой части моста управляемых колес балансирного типа, использование шин ведущих колес большого диаметра.

Известно [1], что при поперечном крене машины, изменяются нагрузки на ее колеса, а значит и деформации шин противоположных бортов. При этом из-за нормальной деформации шин происходит перемещение центра тяжести машины

по дуге окружности радиуса R (рис.1) [2, 3], центр которой (т. O) смещен на величину δ в сторону нагружаемого колеса, что обусловлено различной интенсивностью изменения нормальной деформации противоположных колес одного моста [4]. В результате бокового прогиба шин центр тяжести машины также смещается в сторону оси ее опрокидывания, что отрицательно сказывается на поперечной устойчивости.

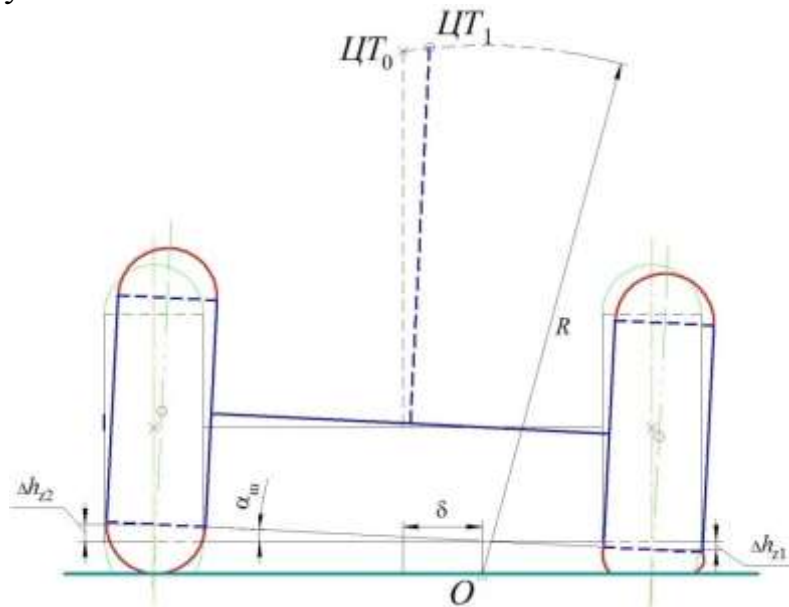


Рисунок 1 – Схема смещения ЦТ при поперечном крене в результате разной нормальной деформации шин

Рассмотрим влияние нормального прогиба шин ведущих колес на изменение координат центра тяжести остова.

Из литературы [3, 5] известно, что у машин с балансирной подвеской моста управляемых колес поперечное опрокидывание начинается с потери устойчивости остовом, т.е. с перемещения центра тяжести остова относительно оси опрокидывания, проходящей через пятно контакта ведущего колеса, расположенного ниже по склону, и шарнир качания моста управляемых колес. Такой же характер смещения центра тяжести остова будет наблюдаться и при изменении нормальной деформации шин ведущих колес, только остов будет смещаться относительно оси, проведенной через шарнир качания моста управляемых колес и точку O (рис. 2), положение которой зависит от приращений нормальных деформаций Δh_{z1} и Δh_{z2} шин ведущих колес. Положение точки O , а точнее ее смещение δ относительно продольной плоскости машины, можно определить по зависимости:

$$\delta = \frac{b(\Delta h_{z2} - \Delta h_{z1})}{2(\Delta h_{z1} + \Delta h_{z2})}, \quad 1)$$

где b – колея ведущих колес.

Кроме этого, через величины приращений Δh_{z1} и Δh_{z2} можно определить угол крена остова в результате деформации шин, используя зависимость:

$$\alpha_{ш} = \arctg \frac{\Delta h_{z1} + \Delta h_{z2}}{b}. \quad 2)$$

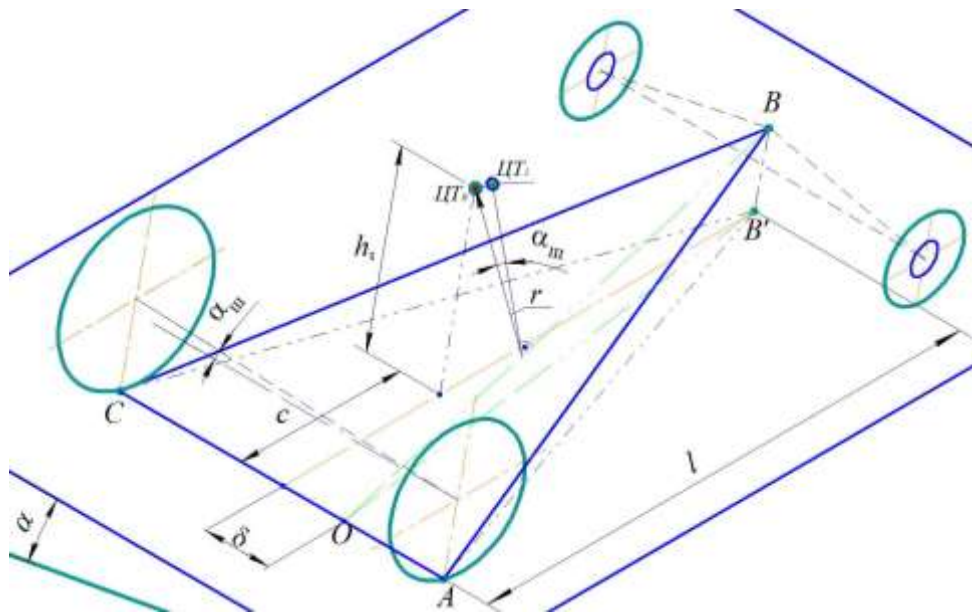


Рисунок 2 – К определению смещения ЦТ при деформации шин

Представленные схемы, позволили получить зависимости для расчета изменения координат (в трех плоскостях) центра тяжести машины, оборудованной балансирным мостом управляемых колес в зависимости от нормальной и боковой деформации шин. Используя их, с учетом постепенного изменения нормальной и боковой деформации шин, а также возникающего в связи с этим крена остова, в среде MS Excel были выполнены расчеты изменения координат центра тяжести для самоходных молотилок нескольких марок зерноуборочных комбайнов (Acros, Torum, GS-12 «Десна-Полесье») в зависимости от угла поперечного уклона опорной поверхности.

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что в результате деформации шин, при поперечном статическом крене происходит, в основном, изменение лишь поперечной координаты центра тяжести остова машины, а продольная и вертикальная координаты практически не меняются. При этом средние расчетные значения (крен влево-вправо) углов поперечной статической устойчивости рассмотренных самоходных молотилок, в результате деформации шин, уменьшаются примерно на 10...14%, относительно значений, определенных без её учета.

Библиографический список

1. Щиголев, С.В. Определение нагрузок на колеса зерноуборочного комбайна, находящегося на поперечном склоне / С.В. Щиголев, С.Г. Ломакин // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – № 3 (79). – 2017. – С. 24-30.
2. Горшков, Ю.Г. Повышение эффективности и безопасности движения колесных машин в условиях сельского хозяйства : монография / Ю.Г. Горшков

[и др.]; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Департамент науч.-технол. политики, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Юж.-Урал. гос. аграр. ун-т». - Челябинск: типография «Сити-Принт», ИП Мякотин И.В., 2016. - 484 с.

3. Щиголев, С.В. Исследование поперечной устойчивости самоходных сельскохозяйственных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.В. Щиголев. – Москва, 2018. – 187 с.

4. Щиголев, С.В. Влияние деформации шин на поперечную статическую устойчивость зерноуборочного комбайна / С.В. Щиголев, С.Г. Ломакин // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. – № 5 (81). – 2017. – С. 22-28.

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

УДК 631.354.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Золотов Александр Анисимович, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Вольф Николай Владимирович, инженер кафедры сельскохозяйственных машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация.** Сепарация зерна в ветро-решетных очистках во многом обуславливается их конструктивными и кинематическими параметрами, а также величиной и равномерностью воздушного потока как по ширине, так и по длине решет очистки.*

***Ключевые слова:** Зерноуборочный комбайн, молотильно сепарирующее устройство, вентилятор, транспортная доска, очистка, жалюзийные решета, воздушный поток, мелкий ворох, солома, влажность соломы, зерна, вымолот, пропускная способность, потери зерна*

Производительность зерноуборочных комбайнов связана с интенсификацией работы всех его рабочих органов. Внешние условия и свойства убираемых культур не одинаково влияют на технологические возможности отдельных его рабочих органов. Низкая влажность и малое содержание соломы ведет к возрастанию в 1,5...2 раза загрузки очистки соломистой составляющей в мелком ворохе, а значит и к не пропорциональному в сравнении с другими рабочими органами росту потерь зерна. Несмотря на значительные положительные изменения конструкции, режимов работы очисток, результаты

испытаний показывает высокую зависимость показателей работы её от условий работы и свойств убираемых культур.

В мировой практике сельхозмашиностроения зерноуборочный комбайн (ЗУК) среди всех известных является наиболее сложной и наукоемкой сельскохозяйственной машиной. Долгие годы основное направление развития комбайнов, связанное с повышением производительности, решалось в основном за счет совершенствования молотильно – сепарирующей системы, что привело к созданию много роторных (РСМ-161 – 5 роторов), аксиально-роторных (Торум-740) и комбинированных (РСМ-171) молотилок в нашей стране и подобных комбайнов за рубежом.

Применение таких молотилок позволило поднять пропускную способность молотилок с 5...8 до 10...12 кг/сек и более, при этом значительно увеличилась их способность к сепарации зерна из грубого вороха в пределах молотильных устройств тем самым значительно снижена загрузка соломотряса с примерно 20% до 10% свободного зерна в «классической» схеме. Однако интенсификация процессов обмолота и сепарации привела к сильному измельчению соломы, особенно в наших южных зонах возделывания зерновых культур, в результате чего увеличилось в 1,5 ...2 раза поступление солоmistых примесей на очистку, чем при «классической» схеме работы молотилки. Из-за чего на очистку поступает на 40...50% больше измельченной соломы, что вызывает перегрузку рабочего процесса.

По данным Алферова С.А., удельная нагрузка на 1 м² воздушно-решетных очисток достигает 3 кг/с и выше при содержании солоmistых примесей в мелком зерновом ворохе 40...50% и более. При этом толщина плотного слоя мелкого зернового вороха, перемещающегося по транспортной доске на первое жалюзийное решето очистки, достигает 300 мм.

Для работы очистки в таких условиях при выполнении агротехнических требований по чистоте зерна и потерям в последних моделях ЗУК, таких как РСМ-161 проведены значительные изменения в конструкцию очистки:

- применен 6-ти секционный вентилятор с регулируемыми делителями воздушного потока, обеспечившего равномерную скорость воздушного потока по ширине решет (рис.1, табл.);

- каждая секция вентилятора оснащена литым рабочим колесом с двусторонне расположенными относительно среднего сплошного диска с 32-мя криволинейными лопастями;

- подача воздуха от вентилятора в камеру очистки осуществляется по двум каналам по нижнему, основному, снизу под нижнее и верхнее решета разрыхляется ворох по верхнему, вспомогательному осуществляется продувка перепадов и предварительное решето с функцией транспортировки выделенных примесей по продольной оси комбайна к выходу из молотилки:

- установлено решето предварительной очистки, разгрузившее верхнее решето от крупных и солоmistых частиц;

-использована система динамического выравнивания слоя мелкого вороха на решетках, обеспечившая стабильную работу очистки на поперечных склонах до 18°.

На Кубанской МИС [1] испытания комбайна РСМ-161 проводились в комплектации с жаткой РСМ-161.27-31 шириной захвата 9 м на прямом комбайнировании озимой пшеницы сорта «Иришка» урожайностью в среднем 47,7 ц/га, влажностью 7,8...8% с соотношением массы зерна к массе соломы 1:0,6 (по ТЗ -1:1,5). При лабораторно-полевых испытаниях пропускная способность комбайна получена равной - 5,49 кг/с, по ТЗ – не менее 10 кг/с.

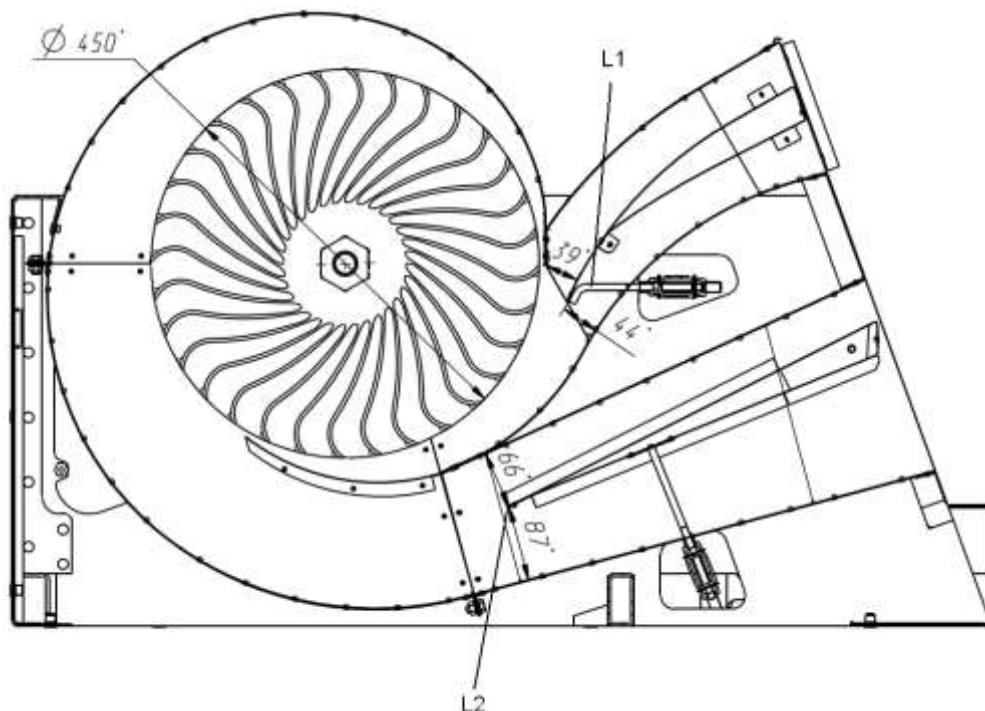


Рисунок 1 – Вид сбоку на одну из секций радиального вентилятора с указанием положения регулируемых делителей (L1 и L2) воздушных потоков в верхнем и нижнем основном каналах

Таблица 1

Основные характеристики вентилятора ЗУК РСМ=161 приведены в таблице. Характеристики вентилятора ЗУК РСМ-161

Параметр	Величина параметра
Ширина вентилятора, мм	1600
Количество секций	6
Диаметр ротора, мм	450
Ширина ротора, мм	126
Количество лопастей ротора	32
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	300...1500

Во всем диапазоне приведенных подач от 4,0 до 6,5 кг/с потери зерна недомолотом в соломе не превысили 0,11% и увеличились примерно в 4 раза. В то же время за очисткой потери достигли 1,1%, увеличившись примерно в 11 раз от своего минимального значения. Малая влажность хлебной массы, режим работы молотильно-сепарирующего устройства вызвали перегрузку очистки

перебитыми солоmistыми частицами, что и привело к непропорциональному по сравнению с молотильно-сепарирующим устройством. росту потерь зерна за очисткой. Одной из причин таких показателей работы очистки может и неравномерность скорости воздушного потока по длине решет очистки.

В тоже время испытания РСМ-161 при влажности соломы 16,4%, зерна 13,3% в условиях Алтайского края [2] пропускная способность молотилки достигла 12,8 кг/с, что превысило ТЗ на 2,8 кг/с.

Для оценки этого показателя на «Ростсельмаше» проведены исследования воздушных потоков камеры очистки над поверхностями всех решет и перепадов между ними.

Все замеры проводились в среднем положении решет очистки при скорости вращения вентилятора 850-860 об/мин

Регулировки зазоров между гребенками:

- предварительного решета – 10-12 мм;
- верхнего решета – 10-12 мм;
- удлинителя верхнего решета – 14-16 мм;
- нижнего решета – 5-7 мм.

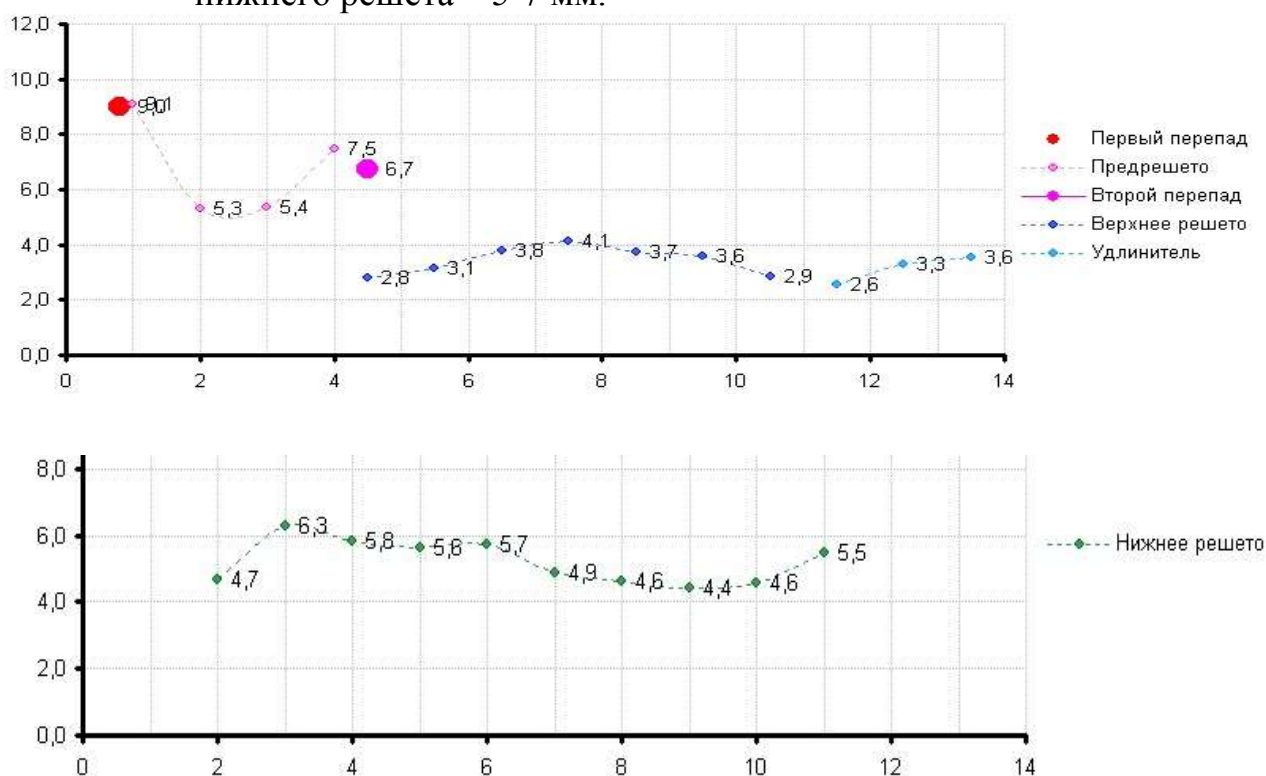


Рисунок 2 – Распределение скоростей воздуха вдоль решет (наиболее удачный опыт)

Полученные данные [3, 4] результатов опытов сравнивали с величинами скорости воздушных потоков полученными при исследовании аэродинамических свойств частиц, содержащихся в мелком ворохе и практике использования очисток других комбайнов, так на первом и втором перепаде

скорость воздуха должна быть в пределах 8...10, над решетом предварительной очистки 5...7, над верхним решетом вначале 5...7 в конце 3...4 и над нижним решетом 3...4 м/с.

Как видно из рис.2 скорость воздушного потока над каждым решетом величина не постоянная и значительно изменяется по их длине над предварительным решетом от 5,3 до 9 м/с над верхним от 2,6 до 4,1 м/с, над нижнем от 4,4 до 6,3 м/с.

По сравнению с желаемым распределением скоростей воздушных потоков недостатком полученного в опытах распределения является низкая скорость воздуха на верхнем решете (во всех опытах) при некотором превышении скорости на нижнем решете.

Опускание передней части делителя в нижнем раструбе L2 (рис. 1) (с целью снижения объёма воздуха, подаваемого под нижнее решето и соответствующего увеличения подачи воздуха во второй перепад и под верхнее решето) – приводит к снижению скорости в хвосте нижнего решета и, особенно – в хвосте верхнего решета и на удлинителе при отсутствии изменений в начале решет.

Низкая и неравномерная скорость воздуха над верхним решетом при повышенной подачи мелкого вороха в условиях пониженной влажности способствует росту потерь за очисткой.

Библиографический список

1. Протокол № 07-26-2012 г. Сравнительных испытаний комбайна самоходного зерноуборочного опытного комбайна и NEW HOLLAND CX 8080. Новокубанск 2012 г.

3. Протокол № 01-53-13 (4060062) от 14 ноября 2013 года приемочных испытаний комбайна зерноуборочного самоходного РСМ-161. Алтайская Государственная зональная машиноиспытательная станция, с. Поспелиха, 2013.

4. Акт испытаний №200-111-3-0106/2013. Поля скоростей воздушного потока над очисткой комбайна РСМ-161. Ростов-на- Дону 2013.

УДК 631.354

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

*Пляка Валерий Иванович, доцент кафедры сельскохозяйственных машин,
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

Аннотация. Аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство, в сравнении с «классическим», имеет большее количество регулировочных параметров, позволяющих приспособиться к изменяющимся условиям уборки урожая.

Ключевые слова: ротор, кожух, заходная часть, молотильно-сепарирующая часть, соломоотделитель, полнота использования площади кожуха, встречное и попутное вращение кожуха.

Основные части МСУ роторного типа это заходная, молотильно-сепарирующая, соломоотделительная и соломоотводная [1]. Для эффективной работы молотильно-сепарирующего устройства при уборке различных культур в полевых условиях регулируют частоту вращения ротора, зазор между ротором и кожухом, угол наклона направителей на поверхности кожуха. Кожух бывает неподвижным или вращающимся.

Производство зерноуборочных комбайнов с аксиально-роторным молотильно-сепарирующим устройством, как в России, так и за рубежом, сопровождается непрерывными исследованиями данной конструкции.

Так при исследовании процессов обмолота и сепарации стеблей пшеницы в заходной части роторной схемы, установлено, что при попутном вращении кожуха заходной части роторного МСУ, полнота использования λ площади кожуха возрастает. Замена гладкого кожуха приемной камеры решетчатым увеличивает сопротивление протаскиванию хлебной массы лопастями ротора по его поверхности. Попутное вращение кожуха заходной части меняет кинематические характеристики движения стеблевой массы в приемной камере. Поток стеблей расширяется. Толщина слоя хлебной массы и скорость потока стеблей в заходной части снижается. С увеличением λ лопасти ротора наносят удары по более тонкому и разреженному слою стеблей, число ударов наносимых по хлебной массе лопастями ротора увеличивается, что повышает вымолот и сепарацию зерна.

Повысить полноту выделения зерна в молотильно-сепарирующей части, можно увеличив число ударов по слою стеблей, не повышая при этом скорости потока стеблевой массы или площади сепарирующей поверхности. Аксиально-роторное МСУ в отличие от классического обладает в этом отношении значительно большими возможностями.

В молотильно-сепарирующей части при попутном вращении ротора и кожуха полнота выделения зерна возрастает, как за счет изменения кинематических характеристик движения стеблевой массы в молотильном пространстве и более эффективной работы сепарирующих поверхностей, так и от большего числа ударов по массе.

При работе аксиально-роторного соломоотделителя увеличение скорости U сепарации зерна – одно из важнейших направлений повышения эффективности работы сепаратора соломистого вороха. Расчеты показывают, что увеличение U в 1,5 раза снижает в 2-3 раза показатель схода зерна с соломоотделителя. Наряду с увеличением скорости U , необходимо повышать и скорость движения всего потока стеблевой массы V в рабочем пространстве сепаратора, с целью уменьшения толщины слоя стеблей. Одновременное увеличение U и V повышает интенсивность выделения зерна из вороха в

устройстве. В соломосепараторе роторного типа скорость движения вороха, при перемещении его к выходу из устройства, снижается. Это объясняется тем, что по мере продвижения массы к выходу из соломоотделителя, большое количество соломистой фракции выделяется вместе с зерном через отверстия сепарирующих решеток (кожух соломоотделителя имеет большую площадь живого сечения, чем кожух молотильно-сепарирующей части, а солома значительно измельчена), тем самым уменьшая количество вороха в сепарирующем пространстве. Расчетами установлено, что вращение кожуха с частотой 30-60 мин⁻¹ навстречу ротору увеличивает (по сравнению с неподвижным) среднюю абсолютную скорость движения потока вороха в соломоотделителе на 1,2-2,5 м/с. При этом уменьшается число ударов планок ротора по элементу вороха в 1,15-1,3 раза. Несмотря на снижение числа ударов, уменьшение сепарирующей способности соломоотделителя не должно быть, поскольку встречное вращение кожуха улучшает условия протекания процесса сепарации в устройстве: за счет увеличения скорости движения потока, процесс идет более ровно и надежно и уменьшается толщина слоя вороха в рабочем пространстве соломоотделителя, что повышает вероятность прохождения зерна через слой массы.

Вращение кожуха облегчает очистку сепарирующих решеток в случае их залипания, при работе комбайна на влажной, засоренной массе установкой металлической щетки в межпанельном пространстве.

Следовательно, наилучшие результаты для данных условий работы аксиально-роторного МСУ получены при попутном вращении ротора и кожухов заходной и молотильно-сепарирующей частей, а также при встречном вращении ротора и кожуха соломоотделителя.

Аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство [2] позволяет расширить возможности роторной схемы при работе в различных условиях. Кожухи составных частей роторной схемы отделены друг от друга и имеют самостоятельный привод. Независимое вращение частей кожуха, которые свободно соединены друг с другом, позволяет беспрепятственное перемещение стеблевой массы от одной части кожуха к другой, а также изменение скорости и направления вращения составных частей кожуха относительно вращения ротора, обеспечивая попутное или встречное вращение.

Устройство позволяет повысить пропускную способность за счет независимого вращения частей решетчатого кожуха, а также существенно снизить энергозатраты, дробление зерна.

Возможность выбора направления вращения заходного решетчатого кожуха, молотильно-сепарирующего, соломоотделительного и для отвода соломы кожухов как вместе, так и по отдельности, способствует расширению выбора режимов работы устройства в зависимости от вида и состояния убираемой культуры и упрощению очистки устройства в случае забивания растительной массой.

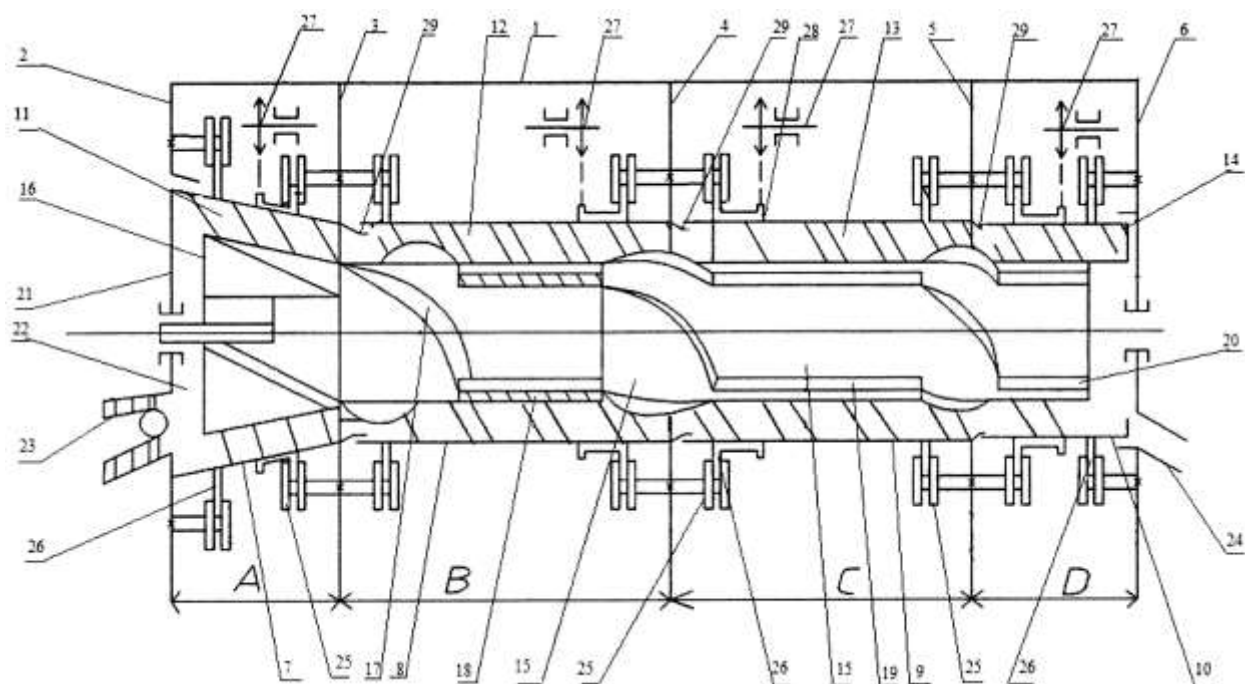


Рисунок 1 – Схема аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства

1 – корпус; 2, 3, 4, 5 и 6 – перегородки; 7 – заходный решетчатый конус; 8, 9 и 10 – молотильно-сепарирующий, соломоотделительный и для отвода соломы кожухи; 11, 12, 13 и 14 – направители; 15 – ротор; 16 – лопастная крыльчатка; 17, 18, 19 и 20 – бичи; 21 – передняя стенка; 22 – загрузочное окно; 23 – питающий транспортер; 24 – выгрузное окно; 25 – опоры качения; 26 – опорные элементы; 27 – привод; 28 – ведомый элемент; 29 – кольцевой зазор; А, В, С и Д – заходная, молотильно-сепарирующая, соломоотделительная и соломоотводная части ротора и кожуха.

Библиографический список

1. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные машины: книга / Н.И. Кленин, А.Г. Левшин, С.Н. Киселев. – Москва: «КолосС», 2008. – 816 с.
2. Патент РФ №165246 U1, МПК А01F 7/06. Аксиально-роторное молотильно-сепарирующее устройство / В.И. Пляка, Б.А. Бицоев, А.А. Золотов, А.И. Панов (РФ). – Патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (RU).- №2016114675/13, заявлено 15.04.2016; опубл. 10.10.2016. Бюл. № 28. – 7 с.

УДК 633.521:631.358.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДБИРАЮЩЕГО АППАРАТА ЛЬНОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Ковалев Михаил Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, ФГБНУ ФНЦ ЛК

Перов Геннадий Анатольевич, ведущий научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий, ФГБНУ ФНЦ ЛК

Перов Михаил Геннадьевич, аспирант, ФГБОУ ВО ТГСХА

Аннотация: Разработан подбирающий аппарат обеспечивающий снижение повреждения стеблей (открытый излом). Проведен теоретический анализ взаимодействия его звеньев с поднимаемыми стеблями ленты льна. Экспериментальными исследованиями определены основные параметры подбирающего аппарата.

Ключевые слова: подбирающий аппарат, скорость, барабан с зубьями, повреждения, стебли льна.

Заключительным этапом возделывания льна-долгунца является – уборка. Независимо от способа уборки или применяемой технологии, часть стеблей льна повреждается. При ручном тереблении повреждения стеблей составляли 8-14 %, которые включали обрыв технической длины стебля, его открытый излом, сильное расплющивание и др. Эти повреждения стеблей при их переработке уменьшают выход длинного волокна. Кроме ручного теребления все остальные технологии реализуются льноуборочными машинами, в том числе и подбирающими аппаратами которые во время работы наносят повреждения стеблям льна.

Как в России, так и за границей на льноуборочных машинах применяются барабанные подбирающие аппараты с неподвижным или с вращающимся кожухом и убирающимися пружинными или жесткими пальцами. Однако, эти подбирающие аппараты, по ряду конструктивных и технических недостатков, не всегда обеспечивают требуемое качество подбираемой ленты, что сказывается на уменьшении выхода длинного волокна.

Таким образом, дальнейшее совершенствование технологического процесса и устройств для подбора ленты льна, обеспечивающих повышение выхода длинного волокна, является актуальной задачей.

Ниже приводится анализ взаимодействия звеньев подбирающего аппарата с поднимаемыми стеблями ленты льна.

На рис. 1 представлена схема подбирающего аппарата, воздействующего на лежащие на земле стебли.

Подбирающий аппарат вместе с трактором движется вправо со скоростью v_M , равной скорости v_0 оси O_1 аппарата, а барабан с зубьями вращается вокруг

этой же оси O_1 . Определим, условия повышения эффективности работы барабана с зубьями [1-3].

Это может быть достигнуто, если конец изогнутого зуба DAB (рис. 1) переместить вперед со скоростью v_B , которая представляет собой скорость точки В зуба. Верхний конец D зуба присоединен к барабану, который вращается вокруг оси O_1 .

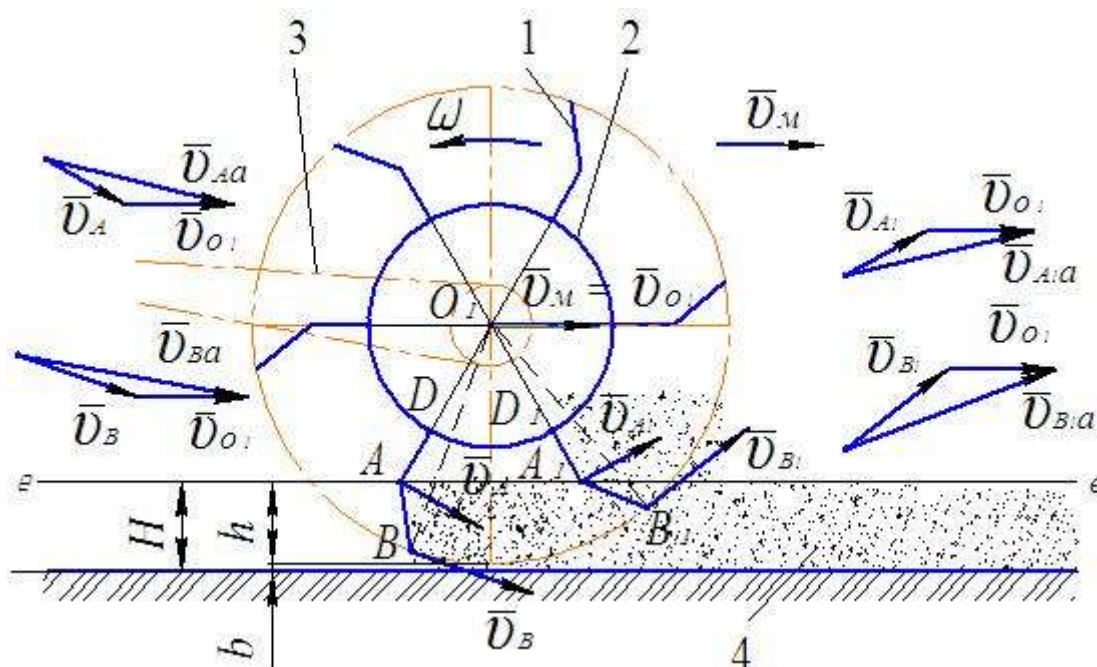


Рисунок 1 – Схема к анализу взаимодействия зубьев подбирающего аппарата с лентой льна:

1 – зубья; 2 – барабан; 3 – привод; 4 – лента стеблей

Зуб DAB представляет собою твердое тело, которое может вращаться вокруг оси O_1 и двигаться вместе с этой осью O_1 со скоростью v_M . При вращении зуба вокруг оси O_1 против часовой стрелки с угловой скоростью ω линейная скорость v_A какой-либо точки А равна $\omega \cdot l_{O_1A}$, где l_{O_1A} – радиус вращения равный O_1A . У точки В линейная скорость v_B будет $\omega \cdot l_{O_1B}$, где l_{O_1B} – радиус вращения равный O_1B . Скорости v_A и v_B направлены перпендикулярно радиусам вращения O_1A и O_1B . С этими скоростями точки А и В зуба действуют на стебли, без учета скорости центра O_1 . С учетом v_{O_1} скорости движения барабана с зубьями относительно стеблей, скорости v_{Aa} и v_{Ba} точек А и В зубьев в абсолютном движении будут равны:

$$\begin{aligned} v_{Aa} &= v_A + v_{O_1}; \\ v_{Ba} &= v_B + v_{O_1}, \end{aligned} \quad (1)$$

где v_{Aa} и v_{Ba} – скорости точек А и В в абсолютном движении.

По векторным уравнениям (1) слева (в начале подбора ленты льна) на рис. 1 построены векторные треугольники скоростей точек А и В и показаны направления абсолютных скоростей точек А и В зуба. Видим, что из-за движения машины со скоростью v_M , равной v_{O_1} , абсолютные скорости точек А и В зубьев направлены вниз и вправо. При этом ниже оказались скорости v_{O_1} , а сами

векторы v_{Aa} и v_{Ba} ближе к горизонтальному направлению, чем векторы v_A и v_B . Подхваченные зубьями стебли сдвигаются вперед и поднимаются вверх.

Такие же векторные треугольники скоростей построены на рис. 1 справа для случая подъема ленты льна зубьями после их воздействия на ленту и ее сдвига в правую сторону. В этом случае точка А в новом положении будет A_1 , а точка В зуба в новом положении будет B_1 , ввиду чего векторные уравнения, подобные равенствам (1), примут вид:

$$\begin{aligned} v_{A1a} &= v_{A1} + v_{O1}; \\ v_{B1a} &= v_{B1} + v_{O1}, \end{aligned} \quad (2)$$

где v_{A1a} и v_{B1a} – скорости точек A_1 и B_1 в абсолютном движении.

По этим уравнениям построены векторы скоростей для случая, показанного на рис. 1, справа.

Следует отметить, что эти векторные построения представляют собою планы скоростей плоских фигур O_1AB и $O_1A_1B_1$ подборщика, приведенного на рис. 1. Зубья через каждые 60° своего поворота занимают такие же положения, какие уже показаны для них в зонах нахождения слоя стеблей, т.е. ниже линии e-e.

Скорость v_A точки зуба будет

$$v_A = \omega \cdot l_{O1A}, \quad (3)$$

а скорость v_B точки В зуба определится по формуле

$$v_B = \omega \cdot l_{O1B}, \quad (4)$$

где l_{O1A} и l_{O1B} – длины расстояний соответственно O_1A и O_1B ;

ω – угловая скорость вращения барабана с зубьями (угловая скорость вращения звездочки вокруг оси O_1).

Аналогично находятся линейные скорости v_{A1} и v_{B1} зубьев, показанные на рис. 1:

$$\begin{aligned} v_{A1} &= \omega \cdot l_{O1A1}; \\ v_{B1} &= \omega \cdot l_{O1B1}, \end{aligned} \quad (5)$$

где l_{O1A1} и l_{O1B1} – длины расстояний соответственно O_1A_1 и O_1B_1 .

Обобщая изложенное выше о влиянии скорости точек $A;A_1$ и $B;B_1$ в абсолютном движении на сдвигаемую стебельную ленту, можно сделать вывод что, ее направление и величина оказывают значительное влияние на показатели качества работы и повреждения стеблей.

Для проверки теоретических исследований были изготовлены: полевая установка с подбирающим аппаратом [4]; различной формы зубья и набор звездочек.

В соответствии с поставленной задачей предусматривалось изучение факторов: X_1 – скорости агрегата v_M ; X_2 – показателя кинематического режима λ ; X_3 – угла α° формы зуба, влияющих на повреждение стеблей.

Для изучения влияния трех независимых факторов и определения их оптимального сочетания в рабочем процессе подбирающего аппарата был поставлен полный факторный эксперимент 2^3 (табл.1) [5].

В результате расчета получены уравнения регрессии для описания повреждения стеблей в кодированных факторах, действительные для условий эксперимента.

1. Открытый излом стеблей

$$P_{и} = 15,5 - 19,7X_1 - 25,9X_2 + 87,4X_3 - 3,21X_1X_2 - 0,101X_1X_3 + 0,0138X_2X_3 + 6,04X_1^2 + 15,9X_2^2 - 44,4X_3^2, \quad (6)$$

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

№ п/п	Значение факторов в натуральном виде			Значение факторов в кодированном виде			Чистота подбора, %	Повреждение стеблей, % открытый излом, %
	V _м , км/час (м/с)	λ	α °	X ₁	X ₂	X ₃		
	8,90/2,47	1	70	Нижний (-)				
	10,54/2,93	1,5	90	Основной (0)				
	12,34/3,43	2	110	Верхний (+)				
	1,72 (0,48)	0,5	20	интервал варьирования (Δ Xi)				
1	3,43	2	110	+1	+1	+1	100	9,5
2.	3,43	2	110	-1	+1	+1	98,72	32,87
3.	3,43	2	110	+1	-1	+1	100	4,71
4	3,43	2	110	-1	-1	+1	98,99	14,84
5	2,47	1	70	+1	+1	-1	99,51	11,42
6	2,47	1	70	-1	+1	-1	98,31	33,99
7	2,47	1	70	+1	-1	-1	97,38	6,29
8	2,47	1	70	-1	-1	-1	97,01	16,41
9.	2,93	1,5	90	+1	0	0	99,92	7,87
10	2,93	1,5	90	-1	0	0	98,43	17,85
11	2,93	1,5	90	0	+1	0	99,99	23,07
12	2,93	1,5	90	0	-1	0	98,09	9,78
13	3,43	2	110	0	0	+1	99,12	10,24
14	2,47	1	70	0	0	-1	98,45	18,12

Для перехода от кодированных значений факторов к натуральным использованы зависимости:

$$X_1 = \frac{v_M - 2,93}{0,48}; \quad X_2 = \frac{\lambda - 1,5}{0,5}; \quad X_3 = \frac{\alpha - 90}{20}$$

Проверка значимости рассчитанных коэффициентов по t – критерию (критерию Стьюдента) показала, что все коэффициенты статистически значимы, так как $t_{расч} > t_{0,05}^{табл}$.

Поскольку табличное значение F критерия при 5%-ном уровне значимости больше вычисленного, то модель (6) адекватна номиналу второго порядка.

По полученным данным в кодированных значениях был построен график (рис.2) изменения повреждения стеблей льнотресты в зависимости от показателя кинематического режима (X₂) при фиксированных значениях факторов X₁, X₃.

Из рисунка 2 следует, что с ростом скорости агрегата (X₁) открытый излом стеблей P_и значительно уменьшается. В тоже время увеличение показателя кинематического режима (фактор X₂) до верхнего уровня X₂ = 1 приводит к увеличению повреждения стеблей, причем при меньших скоростях агрегата этот процесс наиболее выражен. Значительную роль на открытый излом стеблей оказывает и угол формы зуба (X₃).

При верхнем уровне фактора в $X_3 = 1$ и $X_1 = 1$ процесс подбора ленты льнотресты происходит с наименьшими повреждениями стеблей.

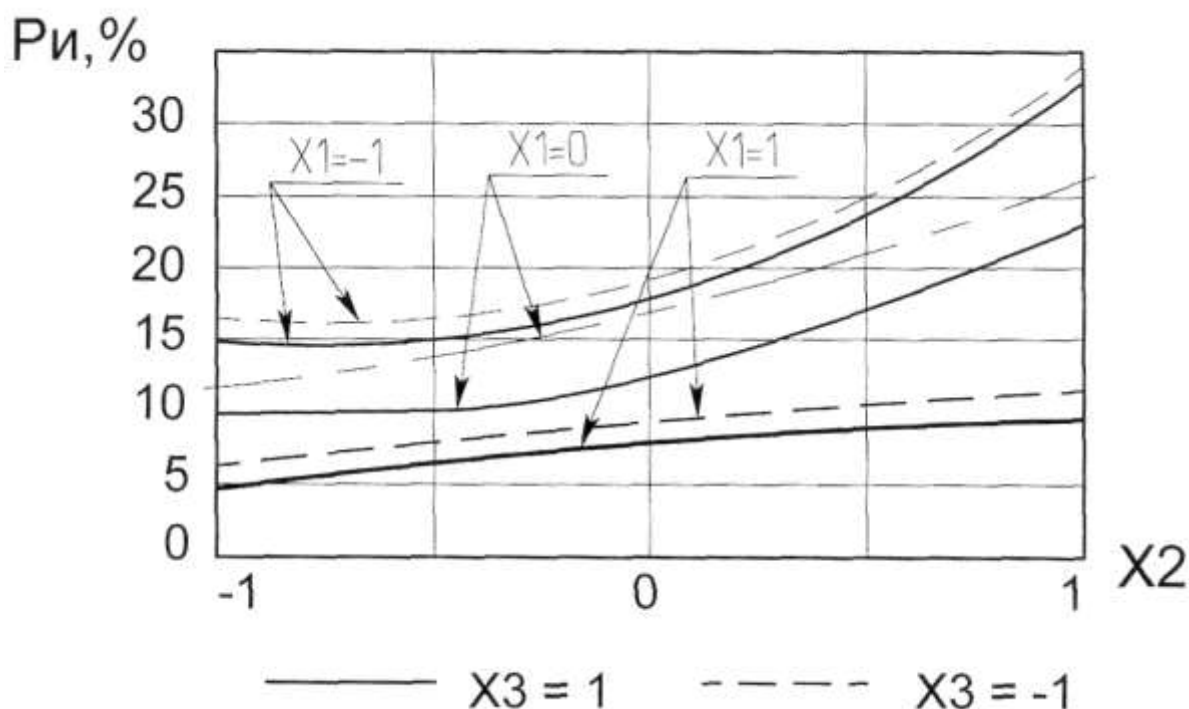


Рисунок 2 – Зависимость открытого излома стеблей $R_{и}$ от показателя кинематического режима (X_2) при фиксированных значениях факторов X_1 и X_3

Библиографический список

1. Лачуга, Ю.Ф. Теоретическая механика. – 3-е изд., перераб. и доп. / Ю.Ф. Лачуга, В.А. Ксендзов // – М.: КолосС, 2010. – 576 с.; ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
2. Особов, В.И. Механическая технология кормов / В.И. Особов. – М.: Колос, 2009. – 344 стр. с цв. вклейкой.
3. Хайлис, Г.А. Теория льноуборочных машин / Г.А. Хайлис. – М.: ФГБНУ «Росинфорагротех», 2011. – 322 стр.
4. Патент 103699 Российская Федерация, МПК А01D 45/06 (2006/01). Подбирающий аппарат рулонного пресс-подборщика / Перов Г.А., Черников В.Г., Ковалев М.М., Кукушкин С.И., Ростовцев Р.А., Козлов С.П., Романенко В.Ю.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», ГНУ «Всероссийский науч.-исслед. ин-т механизации льноводства» Россельхозакадемии. – № 2010146061/21; заявл. 11.11.2010; опубл. 27.04.2011, Бюл. № 12. – 6 с.: ил.
5. Кулаичев, А.П. Методы и средства комплексного анализа данных. 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2006. – 512с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕМАТИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Кумхала Франтишек, профессор кафедры сельскохозяйственной техники, Чешский университет естественных наук в Праге

Кроулик Милан, доцент кафедры сельскохозяйственной техники, Чешский университет естественных наук в Праге

Петрасек Станислав, преподаватель кафедры сельскохозяйственной техники, Чешский университет естественных наук в Праге

Аннотация: *Статья посвящена оптимизации траектории движения сельскохозяйственной техники по участкам поля разного типа и размера, которые проводились сравнением рабочих и нерабочих длин проездов между и модельными и реальными азимутальными траекториям. По результатам экспериментальных исследований были определены оптимальные траектории движения техники по участкам поля.*

Ключевые слова: *телематика, геоинформационные системы, спутниковая навигация, оптимизация траектории*

Введение. Все больше сельскохозяйственных ферм оснащают свою технику системами для спутникового управления техникой и другими телематическими системами, позволяющими сбор параметров о движении и настройке техники. С ростом доступности технологий точного земледелия многие предприятия также рассматривают возможность их приобретения [1]. Эффективное использование является одним из важных и иногда недооцененных критериев. Если мы ориентируемся на оптимизацию рабочих проездов, то, помимо уровня вариабельности состояния земли, необходимо обратить внимание на форму и размер участка. Это связано также с количеством поворотов техники на участке и ростом уплотнения почвы повторным нанесением удобрений ит.д. Эти факторы могут быть представлены в записях датчиков рабочих органов машины, которые были записаны и сохранены во время работы машины вместе с записью из системы навигации [2].

Данные записи телематических параметров могут показать другой подход к технологической дисциплине операторов, но также показывать влияние различных условий труда, также с учетом размера и формы участка [3].

Материал и методы. Доказано, что с увеличением площади поля количество более оптимальных форм участков уменьшается в пользу более сложных форм. Это увеличивает требования для оптимизации поездок или также для разделения блоков участков.

Для сбора данных для оценки эффективности движения использовались телематические средства для записи траектории движения техники по полю. Выбранные машины были оснащены контрольными блоками ITineris. Вторым источником данных была рабочая запись траектории трактора, движущихся с

разбрасывателем удобрений, поскольку рабочая запись машины сохраняется для последующей документации и оценки работы. Запись также была сделана во время посева. Был получен обзор выбранных направлений траекторий движения и продолжительности рабочих и нерабочих поездок.

На основе формы участка были смоделированы траектории поездок и найдены подходящие направления поездок с точки зрения соотношения рабочих и нерабочих переездов. Оптимизированные траектории были затем перенесены на устройства навигации трактора.

Были получены реальные траектории движения техники, основанные на реальной записи движения. Выбор траектории при записи движения всегда основывался на опыте оператора или традиции. Запись о траектории была сделана во время нанесения удобрений. Поскольку технологические колеи создаются во время посева, траектории применения были разработаны для сеялки шириной 6м. Для расчета траекторий требуются только границы участка, полученные из базы данных LPIS, радиус сцепления с машиной и радиус поворота, а также количество поездок на развороте в конце поля. Показаны формы участков с записью реальных траекторий (рис.1), полученных из реального движения во время нанесения удобрений.

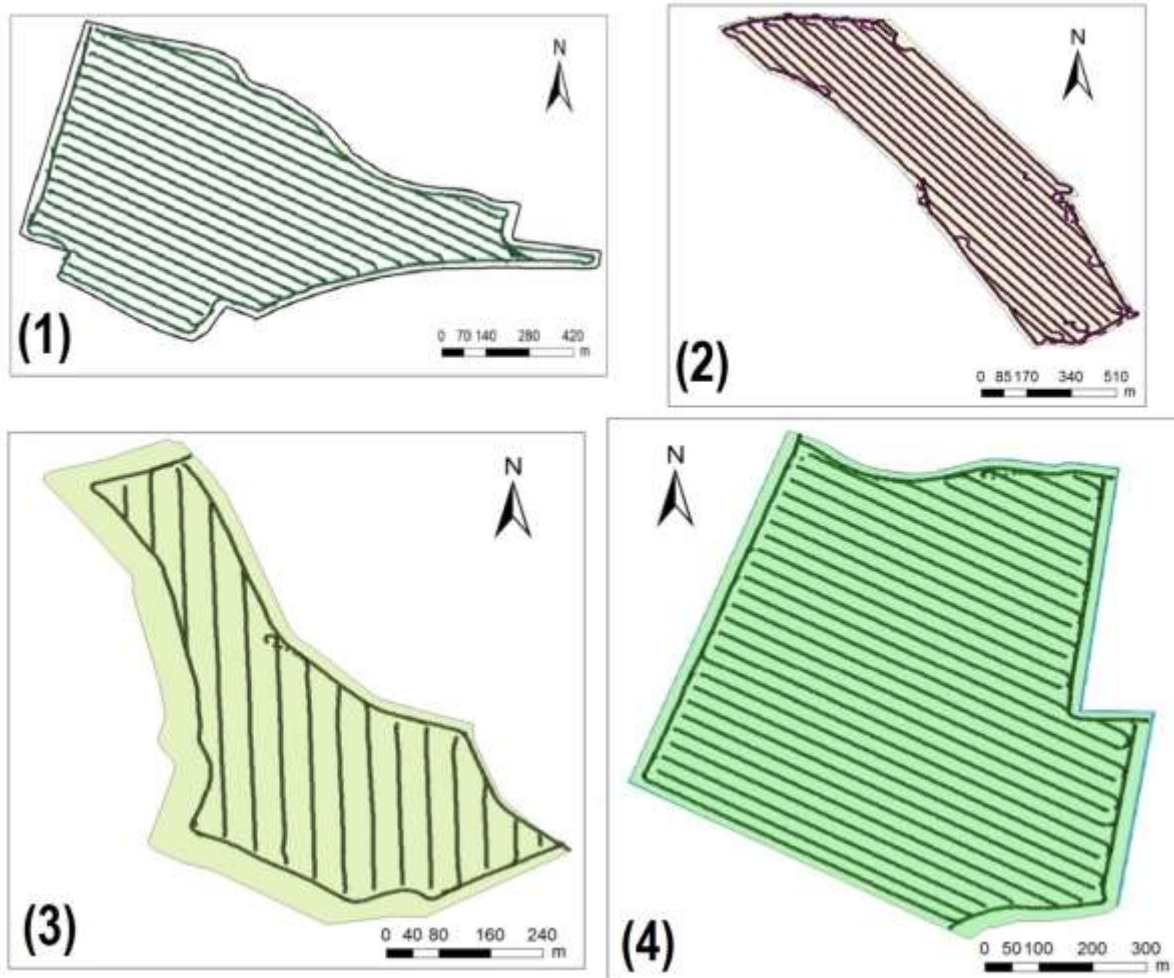


Рисунок 1 – Записи реальных траекторий

Следующим шагом было моделирование траекторий для отдельных участков. Для моделирования траекторий использовался OptiTrail (LeadingFarmers a.s., Чешская Республика). Для каждого участка блока земли сделано 180 направлений движения, то есть с интервалом в 1°. Для отдельных траекторий были рассчитаны длины рабочих и нерабочих переездов, количество оборотов и длины поездок после разворота. Исходя из длины поездок, был выбран наиболее подходящий вариант, который затем сравнивался с вариантом, который был идентичен направлению поездок в соответствии с записью реальной траектории. В нашем случае основной мерой была общая продолжительность поездок.

Результаты и обсуждение. Сравнение рабочих и нерабочих длин переездов между и модельными и реальными азимутальными траекториями показаны в таблице. Из таблицы видно, что даже минимальное изменение направления движения может привести к общему сокращению общей продолжительности поездки. Из рисунка 2 видно, каким образом поменялся угол траектории (представлены участки 1 и 4).

Таблица

Сравнение рабочих и нерабочих длин переездов между и модельными и реальными азимутальными траекториями

	Азимут (°)	Общая длина переездов (м)	Длина рабочих переездов (м)	Длина поворотов (м)	Количество поворотов	Длина окраин поля (м)	Переезды (м)	Соотношение рабочих и нерабочих поездок (%)
Участок 1 модель траектории	100	89445.67	68588.39	4452.01	123	16405.28	0.00	15.4
Участок 1 запись реальной траектории	112	91084.98	69465.78	3981.47	110	16405.28	1232.45	13.3
Участок 2 модель траектории	159	79204.14	58993.99	3076.59	85	16822.32	311.24	17.4
Участок 2 запись реальной траектории	132	79764.96	59250.73	3691.91	102	16822.32	0.00	16
Участок 3 модель траектории	2	32683.14	20022.02	2750.83	76	9910.29	0.00	7.2
Участок 3 запись реальной траектории	178	33102.33	20512.82	2497.47	69	9910.29	181.75	7.6
Участок 4 модель траектории	7	75022.16	58230.30	3257.57	90	13403.90	130.38	17.1
Участок 4 запись реальной траектории	154	76528.14	58427.93	4452.01	123	13403.90	244.31	12.4

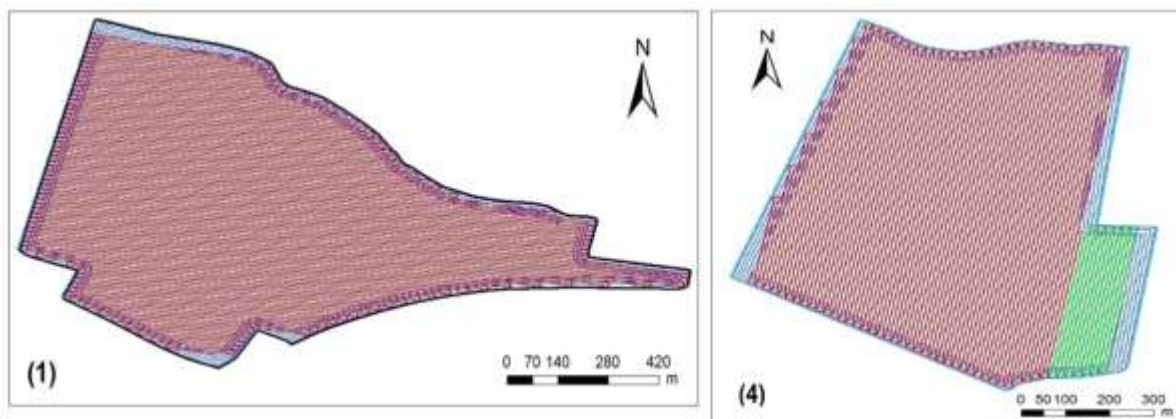


Рисунок 2 – Модель траектории движения (участок 1 и 4)

Практическим результатом оптимизации является подготовка и экспорт контрольной кривой, которая затем переносится в навигацию трактора. Из результатов стало очевидно, что, особенно в случае более сложных участков, оптимизация позволила значительно сократить количество нерабочих переездов и поворотов по сравнению с первоначально выбранными направлениями движения. Экономия времени также играет свою роль.

Другим примером преимуществ технологии является обеспечение точности соединения при посеве, когда сокращение нерабочих переездов позволило снизить ошибки от соединений, которые переносятся на другие работы, такие как нанесение удобрений и химической защиты.

Библиографический список

1. Ojha T., Misra S., Raghuwanshi N. S. (2017): Sensing-cloud: Leveraging the benefits for agricultural applications. *Computers and electronics in agriculture*, 135, 96-107.
2. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M. J. (2017): Big data in SmartFarming—a review. *Agricultural Systems*, 153. – 69-80.
3. Schönfeld M., V., Heil R., Bittner, L. (2018): Big Data on a Farm—SmartFarming. In: Hoeren T., Kolany-Raiser B., Eds. *Big Data in Context*, – pp.109-120.
4. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M. J. (2017): Big data in SmartFarming—a review. *Agricultural Systems*, 153. – 69-80.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПО КРИТЕРИЮ КАЧЕСТВА

Ганичева Антонина Валериановна, доцент кафедры физико-математических дисциплин и информационных технологий, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Калинин Илья Сергеевич, инженер кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Кудрявцев Андрей Васильевич, профессор кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Голубев Вячеслав Викторович, доцент кафедры технологических и транспортных машин и комплексов, ФГБОУ ВО Тверская ГСХА

Аннотация: На основании предложенного синтеза технологических процессов и рабочих органов почвообрабатывающих машин для освоения залежных земель предложена методика определения качественного признака. Составленная модель, основанная на методе Лагранжа, позволяет оптимизировать выбор вариантов рабочих органов при проведении культуртехнической мелиорации.

Ключевые слова: освоение залежи, культуртехническая мелиорация, критерий оптимизации, качество обработки почвы, почвообрабатывающие рабочие органы

Обоснование технологических процессов при выполнении основной и дополнительной обработки почвы является основополагающим аспектом для оптимального выбора рабочих органов и почвообрабатывающих адаптеров в различных технологиях возделывания сельскохозяйственной растениеводческой продукции.

При освоении залежных земель, когда не имеется чёткого ограничения по исходным данным полевых характеристик, для оптимизации качества выполнения технологического процесса и снижения его трудоёмкости математическое моделирование встаёт на первый этап. На основании анализа предъявляемых агротехнических требований к качественному выполнению технологических процессов при начальном этапе освоения залежных земель [1] и культуртехнической мелиорации, засорённость которых характеризуется высокостебельными сорняками в виде камыша, тростника и борщевика Сосновского (БС), требуется определение различных вариантов обработки почвенного покрова.

Возможно несколько направлений исследований по определению оптимальной последовательности и необходимого состава машинно-тракторных агрегатов, оснащённых различным комплектом рабочих органов, среди которых можно выявить экспериментальный, имитационный, теоретическо-эмпирический. По нашему мнению наиболее трудоёмкий, но позволяющий многосторонне исследовать процесс освоения земель является

экспериментальный [2, 3], а в меньшей степени имитационный. Однако, для снижения трудоёмкости проведения экспериментальных исследований, используем теоретическо-эмпирический метод.

На основании аналитических исследований [4] предложена методологическая основа создания новой сельскохозяйственной техники, где выделено 4 основных уровня, последним из которых является «синтез процесса проектирования сельхозтехники на основе систем автоматизированного проектирования (САПР)».

Для реализации предложенного уровня, нами предложены несколько вариантов технологических процессов в рамках технологии освоения залежных земель [5] под многолетние травы и зерновых культуры. Полевой опыт предполагается проводить на сельскохозяйственных угодьях ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, закреплённых за инженерным факультетом.

Первый вариант технологических процессов – использование дискования с культивацией и боронованием поверхностного слоя. Второй вариант – применение вертикальной фрезы, исключающей многократное количество проходов, однако основным ограничением будет являться засорённость поля камнями. Третий вариант – применение инновационного рабочего органа, позволяющего совмещать технологические операции по скашиванию и фрезерованию.

Для сравнения представленных вариантов технологических процессов предложено математическое моделирование, исходя из критерия качества обработки почвы [4]

$$K_i \leq [K_i] \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $[K_i]$ - установленное по агротехническим требованиям значение показателя качества обработки почвы по всем измеренным свойствам почвенного профиля.

Оценивая отдельные технологические процессы, выполненные рабочими органами для обработки почвы, примем, что x_{ij} - число технологических операций j -ого типа, назначенных на i -ый рабочий орган ($i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$); P_{ij}^{II} - вероятность выполнения j -ой операции, связанной с i -ым рабочим органом для наилучшего варианта P_j^{II} и b_j^{II} . В этом случае средний эффект по качеству обработки почвы можно рассмотреть как математическое ожидание числа использованных рабочих органов. При этом

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m x_j = N_i, & i = \overline{1, n}, \\ \sum_{i=1}^n x_j = M_j, & j = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (2)$$

Технологические операции разбиваются на m разнородных групп по N_i операций в группе, и рабочие органы разбиваются, соответственно, на n групп по M_j органов в каждой группе. Средний эффект будет вычисляться по формуле

$$\varepsilon = \sum_{j=1}^n b_j^{\Pi} \left[1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_j^{\Pi})^{x_{ij}} \right]. \quad (3)$$

Затем, используя метод Лагранжа, находим частные производные, приравняем их к нулю. После преобразований получим

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} \ln(1 - p_j^{\Pi}) = \ln[(\lambda_i + \mu_j) / (-b_j \ln(1 - p_j^{\Pi}))], \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = N_i, \quad \sum_{i=1}^m x_{ij} = M_j, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (4)$$

Отсюда находим неизвестные величины x_{ij} .

Можно отметить, что в точке P , координата которой удовлетворяют равенствам (4), имеется максимум, что и определит наилучшее качество обработки почвы соответствующими рабочими органами.

Следующим этапом исследований является реализация отдельных составляющих моделей для более полной формализации математической модели с дальнейшим автоматизированным проектированием рабочих органов, в зависимости от исходных условий их функционирования – состояния почвы, засорённости различными сорняками. Проведение полнофакторного эксперимента типа 3^3 с учётом вышеперечисленных факторов позволит реализовать представленную модель для проектирования рабочих органов с применением САПР.

Библиографический список

1. ГОСТ 28516-90 Фрезы почвообрабатывающие. Общие технические требования. М.: Стандартинформ. – 2005. – 3 с. Режим доступа: <https://www.rags.ru/gosts/gost/4057/>
2. Кудрявцев, А.В. Обработка залежных земель активными рабочими органами / А.Г. Серов, А.В. Кудрявцев, В.В. Голубев // В сборнике: Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов. Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. – 2019. – С. 234 – 238.
3. Мазитов, Н.К. Почвообрабатывающе-посевной комплекс для энерго-, ресурсосберегающего производства продукции растениеводства / Н.В. Краснощёков, Н.К. Мазитов // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 5. – С. 43 – 46.
4. Добринов, А.В. Методологический подход к современному проектированию сельскохозяйственных машин / А.В. Добринов // Сборник научных трудов ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии. – вып. 80. – 2008. – С. 177 – 185.
5. Мутиков, В.М. Возврат заброшенных земель в пашню и освоение ресурсосберегающих технологий / В.М. Мутиков, А.В. Хорошавин, В.Н. Григорьев // Техника и оборудование для села. – № 4. – 2011. – С. 9 – 12.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЗА РУБЕЖОМ

Катаев Юрий Владимирович, доцент кафедры инженерной и компьютерной графики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Рассмотрена организация технического обслуживания тракторов в сельскохозяйственных организациях в зарубежных странах. Отличительной особенностью является то, что изготовитель несет полную ответственность за проведение ТО и ремонта техники, включая предпродажное, гарантийное и последующее обслуживание.

Ключевые слова: техническое обслуживание, снабжение, техника, эксплуатационные материалы, фирма-изготовитель.

В современных условиях острой конкурентной борьбы на мировом рынке обязательным условием успешного выступления фирмы является создание развернутой и хорошо организованной сети технического обслуживания (ТО): консультационных пунктов, станций техобслуживания, складов запасных частей, учебных центров, ремонтных мастерских и т.п.

Система ТО фирмы включает весь комплекс услуг: снабжение запасными частями, технической документацией, обеспечение ремонтными работами, обучение специалистов, изучение эффективности работы машин и оборудования, проведение модернизации обслуживающего оборудования и т.п. [1]

В зарубежных странах прежде, чем начать выпуск новых машин, фирмы сами или через посредников организуют пункты техобслуживания, консультируют потребителей по обслуживанию машин.

В США, Канаде, Великобритании, Австралии, Новой Зеландии действует сеть дилерских фирм, входящих в состав фирм с.-х. машиностроения, юридически не зависящих от них, но связанных договорными отношениями.

В США организационные формы обслуживания автомобилей и тракторов различны, но основаны на ряде общих принципов.

Основным и важнейшим принципом ТО машин является то, что ответственность за техническое состояние с.-х. техники в течение всего срока ее эксплуатации несет фирма-изготовитель через широкую систему дилеров. Причем этот принцип в США подкреплен соответствующим законодательством, который запрещает продажу техники без организации ее технического обслуживания.

Необходимо отметить, что фирмы не уклоняются от организации ТО, а, наоборот, они заинтересованы в проведении ТО, т.к. каждый доллар, вложенный в сферу обслуживания, обеспечит в 2 раза большую прибыль, чем выпуск самой техники. Это объясняется тем, что стоимость запчастей в 1,3-2,5 раза выше

стоимости тех же деталей, применяемых на линии сборки. Для машин, снятых с производства, запчасти стоят дороже в 3-10 раз [2].

Вторым важным принципом является то, что фирма-изготовитель и дилеры обеспечивают проведение ТО в течение всего периода работы машин (10-15 и более лет).

Суть третьего важного принципа заключается в организации ТО машин везде, где она (фирма) их продает путем широкой системы дилеров.

Основное правило, которому следуют все фирмы, занимающиеся производством с.-х. техники, заключается в приближении обслуживания к потребителю. В ряде случаев обслуживание проводится непосредственно на местах работы машин.

Структура организации ТО в США у всех фирм в основе почти одинакова. Отличие заключается в количестве дилеров и их технической оснащенности.

В соответствии с договором дилер проводит ТО и ремонт (в гарантийный и послегарантийный период) продаваемых машин, обеспечивая их запчастями и различными эксплуатационными материалами. В интервале между плановыми ТО работы проводятся за дополнительную плату. На ТО с.-х. техники фермеры затрачивают 10-15% общих производственных затрат. Фирмы выполняют 3 вида ТО: предпродажное, гарантийное и послегарантийное. Предпродажное и гарантийное ТО выполняют бесплатно, т.к. затраты на них входят в стоимость новых машин. Фирма-изготовитель продает машины дилерам на 25-30% дешевле продажной цены, благодаря чему дилеры получают 10-15% прибыли.

Так, у фирмы «Катерпиллар» в США имеется 100 дилеров. В составе одного дилера имеется несколько отделений (от 3 до 8), которые наряду с общими функциями по продаже и обслуживанию специализируются на ремонте одного или двух агрегатов трактора или двигателя. В фирме имеется отдел сервиса, состоящий из специалистов, находящихся в штате фирмы. Один специалист работает территориально в зоне деятельности трех дилеров, постоянно контролирует их работу и оказывает помощь в правильном обеспечении технического сервиса. Он является посредником между фирмой и дилером [3].

Дилеры, как правило, подразделяются по объему выполняемых работ.

Фирма «Джон-Дир» подразделяет дилеров на 3 категории в зависимости от объема работ: до 500 тыс. долларов, от 500 до 800 тыс. долларов и более 800 тыс. долларов.

В зависимости от объемов выполняемых работ количество сотрудников у дилеров различно и колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен. Например, у дилера Паттен фирмы «Катерпиллар» только 250 человек занимается ремонтом и ТО. Дилер имеет 7 пунктов по обслуживанию и ремонту, расположенных в различных частях обслуживаемого им района. В каждом пункте имеется ремонтная мастерская. В центральном отделении ремонтируются двигатели, гидротрансмиссии, ходовая часть тракторов.

В другой фирме «Интернэшнл Харвестер» у одного из дилеров работает 30 человек, в т.ч. 3 механика, которые все время находятся в разъездах и выявляют потребность проданных фирмой машин в техническом обслуживании.

Как правило, дилер обслуживает 300-400 ферм, находящихся в радиусе 80-100 миль. Зачастую заявки на обслуживание собираются по телефону. Обязанности работающих у дилера распределены следующим образом: 2 человека работают в управлении, 5 – на продаже машин и запчастей, 3 человека заняты работой в офисе, 7 человек – ремонтные рабочие, включая мастера. На складе дилера находятся запчасти 20 тыс. наименований. Только для удовлетворения 15% заказов на запчасти дилеру приходится обращаться в центральные склады фирмы.

В зоне обслуживания дилера работают около 1200 тракторов. Ежегодно ремонтируются 60-70 тракторов.

Необходимо отметить, что между дилерами существует сильная конкуренция, т.к. в одном районе действуют дилеры разных фирм. Поэтому их прибыль зависит от качества выполненных обслуживающих работ. Они постоянно наблюдают за работой техники и своевременно рекомендуют фермеру принимать те или иные меры по ремонту и обслуживанию.

В повседневной работе дилеров немаловажное значение имеет применение ЭВМ, с помощью которых ведется учет тракторов и с.-х. машин, проданных данной фирмой за длительный период (15-20 лет). Такая система позволяет заблаговременно оповещать хозяйства о необходимости замены тех или иных узлов и деталей в соответствии с установленным сроком их износа.

В Германии, Австрии, Швейцарии и Скандинавских странах ТО с.-х. техники фермеров выполняют мелкие предприятия, объединенные в союзы ремесленников. Предприятия заключают договоры с одной или несколькими машиностроительными фирмами и выполняют ТО и мелкий ремонт машин этих фирм. Фирмы создают региональные технические центры, в которых выполняются сложные виды ремонта с.-х. техники. На один сельский административный район Германии в среднем приходится около 18,5 предприятий по обслуживанию с.-х. техники, а на каждое такое предприятие – по 11 работников и 334 обслуживаемых трактора, т.е. один специалист обслуживает более 30 тракторов [3].

В Германии объединения по совместному использованию техники «Машинные пулы», «Общества совместного пользования техникой», «Соседская взаимопомощь» и другие обслуживают основную часть машинно-тракторного парка. В настоящее время учеными Германии рекомендуется создание небольших ремонтных мастерских непосредственно на ферме.

В Дании на долю фермерской кооперации приходится 15% объема снабжения хозяйств техникой, в Италии – 52%.

В большинстве стран Европы диагностика рассматривается как элемент ТО и выполняется одновременно с ним. В странах Америки, особенно в США, создают специализированные диагностические центры, предназначенные только для постановки диагноза без прямой связи с обслуживанием или ремонтом.

Ведущие зарубежные фирмы стремятся к снижению затрат на ТО путем повышения надежности узлов и агрегатов машин и совершенствования системы обслуживания, улучшения ее материально-технической базы, механизации работ, повышения квалификации персонала и т.д. В большинстве стран преобладают 3-4 ступенчатые системы обслуживания типа ЕТО, ТО-1, ТО-2 и СТО. Серьезное внимание уделяется условиям эксплуатации машин при назначении и корректировании нормативов ТО и ремонта. Широкое применение получает обслуживание техники по потребности (на основе диагностирования) [4].

Многие фермеры или объединения США, Англии, ФРГ и других стран после физического или морального износа машин меняют их у дилера на новые с соответствующей доплатой или продают по стоимости 25% от первоначальной цены. Купив у фермера трактор, дилер ремонтирует его и вновь продает другим фермерам по цене 40-50% ниже стоимости новой машины. Такая перепродажа выгодна для дилеров и привлекает фермеров, т.к. позволяет обновить технику [3, 5].

Таким образом, отличительной особенностью описанных выше форм проведения ТО от нашей заключается в том, что изготовитель несет полную ответственность за проведение ТО и ремонта техники, включая предпродажное, гарантийное и последующее обслуживание. Сильная конкуренция между дилерами способствует качественному проведению консультативных и обслуживающих работ. Широкое применение ЭВМ позволяет следить и качественно вести учет всего комплекса обслуживающих работ с.-х. техники до полного ее износа.

Библиографический список

1. Дидманидзе, О.Н. Технический сервис в АПК / О.Н. Дидманидзе, В.М. Корнеев. – М.: УМЦ «Триада», 2015. – 110 с.
2. Катаев, Ю.В. Роль инженерно-технического обеспечения в сельскохозяйственном производстве / Ю.В. Катаев, Е.Ф. Малыха // Наука без границ. – 2018. – №8 (25). – С. 19-23.
3. Катаев, Ю.В. Анализ зарубежного опыта организации технического сервиса сельскохозяйственной техники / Ю.В. Катаев // Доклады ТСХА – М.: Российский государственный аграрный университет-МСХА им. К.А. Тимирязева – 2019. – С. 247-250.
4. Дорохов, А.С. Технический сервис в системе инженерно-технического обеспечения АПК / А.С. Дорохов, В.М. Корнеев, Ю.В. Катаев // Сельский механизатор. – № 8. – 2016. – С. 2-5.
5. Малыха, Е.Ф. Современные формы организации технического сервиса / Е.Ф. Малыха, Ю.В. Катаев // Экономика сельского хозяйства России. – № 3. – 2018. – С. 27-33.

МЕТОДОЛОГИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Корнеев Виктор Михайлович, заведующий кафедрой технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Рассмотрены структура системы технологической подготовки и методология обеспечения технологической готовности предприятий технического сервиса.

Ключевые слова: технический сервис, технологическая подготовка, предприятие, готовность.

Деятельность предприятия по развитию его материально-технической базы, организации производства, труда и управления представляет собой технологическую подготовку производства.

Технологическая подготовка производства (ТПП) – совокупность взаимосвязанных мероприятий (процессов), обеспечивающих технологическую готовность предприятия к оказанию услуг технического сервиса регламентированного качества в соответствии с востребованностью на потребительском рынке и оптимальными значениями по срокам и ресурсам [1].

Цель – проанализировать этапы обеспечения технологической готовности производства предприятий технического сервиса.

Технологическая подготовка производства (ТПП) предприятий технического сервиса осуществляется в соответствии с требованиями стандартов Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). При этом весь комплекс работ по технологической подготовке производства регламентируется ГОСТ 14.004-83 «Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий». Настоящий стандарт действует совместно с ГОСТ Р 50995.3.1-96 «Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства» и ГОСТ Р 50995.0.1-96 «Технологическое обеспечение создания продукции. Основные положения», устанавливающие основные положения стандартов системы менеджмента качества и рекомендаций [2].

Основное назначение ЕСТПП заключается в создании системы организации и управления технологической подготовкой производства, предусматривающей широкое применение прогрессивных технологических процессов, стандартной технологической оснастки и оборудования, средств механизации и автоматизации производственных процессов, инженерно-технических и управленческих работ [3].

Порядок формирования и применения документации на методы и средства ТПП определяется отраслевыми стандартами, стандартами предприятий и

документацией различного назначения, разработанной в соответствии со стандартами ЕСТПП (рис. 1).

Разработку документации по организации технологической подготовки производства осуществляют в три стадии [4].

Разработка технического задания предусматривает организационно-технологический анализ существующих методов и средств ТПП и выработку технических предложений по их совершенствованию. На этой стадии устанавливают технические требования к документации, исполнителей, предварительные сроки разработки технического и рабочего проектов, источники финансирования и проводят ориентировочные расчёты ожидаемой технико-экономической эффективности ТПП.



Рисунок 1 – Состав документации по методам и средствам ТПП

На стадии технического проекта принимают основные принципиальные технические и организационные решения по установленным функциям и задачам ТПП. При этом разрабатывают общую структурную схему ТПП, организационную структуру служб, основные положения организации и управления ТПП, технические задания и алгоритмы для программирования задач; осуществляют унификацию и стандартизацию форм документации и т.д.

На стадии рабочего проекта создают рабочую документацию, необходимую для решения задач ТПП; разрабатывают информационную модель ТПП, документацию для решения задач на ЭВМ, технические задания и алгоритмы для программирования задач; осуществляют унификацию и стандартизацию форм документации и др.

Технологическая готовность производства – наличие на предприятии полных комплектов эксплуатационной, конструкторской, технологической, ремонтной и нормативной документации, а также средств технологического оснащения, необходимых для осуществления заданной номенклатуры и объёма услуг технического сервиса с установленными технико-экономическими

показателями при минимальных затратах. В ходе ТПП разрабатываются и внедряются новые технологии, прогрессивные методы и формы организации производства, а также проводится совершенствование существующих технологий и средств технологического оснащения. При этом конечной целью ТПП является создание технологической документации [5].

Основными этапами ТПП являются:

- научно-исследовательская работа в области совершенствования технологии ремонта и средств технологического оснащения);
- изучение дефектов и их сочетаний в деталях и сборочных единицах ремонтного фонда машин;
- разработка технологической документации по всей номенклатуре деталей и сборочных единиц и всей совокупности технологических воздействий с разработкой трудовых и материальных нормативов;
- выбор средств технологического оснащения (оборудования, оснастки, обрабатывающего и измерительного инструмента);
- приобретение промышленных и изготовление непромышленных средств технологического оснащения (СТО);
- проектирование СТО собственного изготовления;
- разработка планов расположения оборудования и подготовка производственной площади для его размещения;
- планирование сроков, трудовых и материальных затрат вспомогательного производства;



Рисунок 2 – Структура технологической подготовки предприятий технического сервиса

– создание производственных коммуникаций (подвод электроэнергии, и теплоэнергии, сжатого воздуха, технологических газов, питьевой и технической воды, установка общеобменной и местной вентиляции, прокладка канализации);

– монтаж оборудования, установка оснастки, наладка, испытание, доработка (корректировка) и ввод в эксплуатацию СТО.

Типовая схема организации ТПП приведена на рисунке 2.

Технологическую подготовку производства завершают выверкой, отладкой и внедрением в производство разработанных технологических процессов. В процессе освоения технологические процессы корректируются, а в технологическое оснащение вносятся совершенствующие его изменения.

Технологическая подготовка производства представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к оказанию услуг заданного уровня качества при установленных сроках, объёмах выпуска и затратах. Работа на всех ее стадиях регламентируется ЕСТПП.

Библиографический список

1. Корнеев, В.М. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта / В.М. Корнеев, А.А. Ивойлов, Д.И. Петровский // Труды ГОСНИТИ. – Т. 121. – 2015. – С. 94-103.

2. Кравченко, И.Н. Анализ технического сервиса машин и оборудования в агропромышленном комплексе / И.Н. Кравченко, Д.И. Петровский // Доклады ТСХА. – № 288-4. – 2016. – С. 283-286.

3. Корнеев, В.М. Технологическая подготовка предприятий технического сервиса : учеб. пособие / В.М. Корнеев, И.Н. Кравченко, Д.И. Петровский, Ю.А. Шамарин, М.Н. Ерофеев. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 260 с.

4. Корнеев, В.М. Обеспечение работоспособности техники в гарантийный период эксплуатации / В.М. Корнеев, Ю.В. Катаев, Д.Г. Вялых // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 39-40.

5. Корнеев, В.М. Система оценки качества услуг предприятий технического сервиса / В.М. Корнеев, Е.А. Петровская // Вклад молодых учёных в инновационное развитие АПК России: материалы Межд. н.-п. конференции молодых учёных (27-28 октября). – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – С. 118-121.

УДК 629.3.032:629.018

ОПЕРАТИВНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСА С ДОРОЖНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Романченко Михаил Иванович, доцент кафедры технического сервиса в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

Аннотация. Приведен анализ методов определения максимального коэффициента сцепления, или статического коэффициента трения скольжения, тел с плоской опорной поверхностью. Предложено устройство для оперативного и более точного определения коэффициента сцепления колеса в реальных условиях эксплуатации колесной машины. Устройство является достаточно простым в конструктивном исполнении и в использовании.

Ключевые слова: коэффициент сцепления, колесо, дорожная поверхность, метод.

Максимальный коэффициент сцепления колеса с дорожной или другой опорной поверхностью способствует полной реализации тяговых или тормозных свойств колесной машины в экстремальных режимах движения при ее эксплуатации в реальных условиях. Понятия, характеризующие силовое и кинематическое взаимодействие колеса при его движении по опорной поверхности, регламентированы ГОСТ.

В частности, ГОСТ 17697-72 гласит, что коэффициент сцепления колеса определяется отношением результирующей реакции в опорной плоскости к соответствующему значению нормальной реакции при данном значении коэффициента продольного скольжения. Коэффициент продольного скольжения колеса интерпретируется как отношение скорости продольного скольжения колеса к произведению его угловой скорости на радиус качения колеса без скольжения. К сожалению, в тексте этого документа скорость продольного скольжения колеса в части ее определения не поясняется.

В несколько другой интерпретации ГОСТ 27674-88 определяет коэффициент сцепления как отношение наибольшей силы трения покоя двух тел к нормальной относительно поверхностей тел трения силе, прижимающей тела друг к другу. Наибольшая сила трения покоя – сила трения покоя, любое превышение которой ведет к началу макросмещения. Трение покоя характеризуется как трение двух тел при микросмещениях без макросмещений. Предварительное смещение – относительное микросмещение двух твердых тел при трении в пределах перехода от состояния покоя к относительному движению. Скорость скольжения здесь определяется как разность скоростей тел в точках их касания при скольжении.

Кроме того, еще один ГОСТ Р 55908-2013 [1] определяет статический коэффициент трения скольжения как коэффициент трения скольжения в момент перехода пары трущихся поверхностей от состояния покоя к скольжению. Такое определение подходит под ранее приведенное понятие максимального коэффициента сцепления по ГОСТ 27674-88.

Известны различные методы определения максимального коэффициента сцепления, или статического коэффициента трения скольжения, тел, имеющих плоскую опорную поверхность, к каким можно отнести колесо, оснащенное пневматической шиной.

Например, при оценке скользкости покрытия полов в соответствии с ГОСТ Р 55908-2013 определение статического коэффициента трения скольжения базируется на определении угла скольжения рабочего эталона подошвы обуви, прикрепленного к передвижной грузовой платформе, по исследуемому образцу покрытия пола, размещенному на двухконсольной платформе испытательного стенда, при наклоне последней с определенной скоростью. Индикатором часового типа фиксируют при этом начало перемещения передвижной грузовой платформы, за которое принимают значение перемещения, равное 2 мм. Угол наклона двухконсольной платформы, определенный по уровнемеру, определяет значение угла скольжения эталонного образца подошвы обуви по исследуемому образцу покрытия пола. Однако в стандарте указывается, что этот метод не

распространяется на определение коэффициентов трения между колесом и поверхностью, по которой осуществляется перемещение тележек и напольных транспортных средств.

В этом же ГОСТ Р 55908-2013 описывается также процедура определения динамического коэффициента трения при определенной скорости передвижения рабочего эталона подошвы обуви по графику зависимости силы от перемещения, получаемому с использованием регистрирующего прибора разрывной машины (рис. 1). Однако максимальное значение сдвигающей силы, отображенное на вершине графика, никоим образом в расчет не принимается, хотя ее можно было бы отождествить со статическим коэффициентом трения. За основу же для расчета динамического коэффициента трения берётся средний отрезок графической записи, соответствующий длине скольжения 50-100 мм.

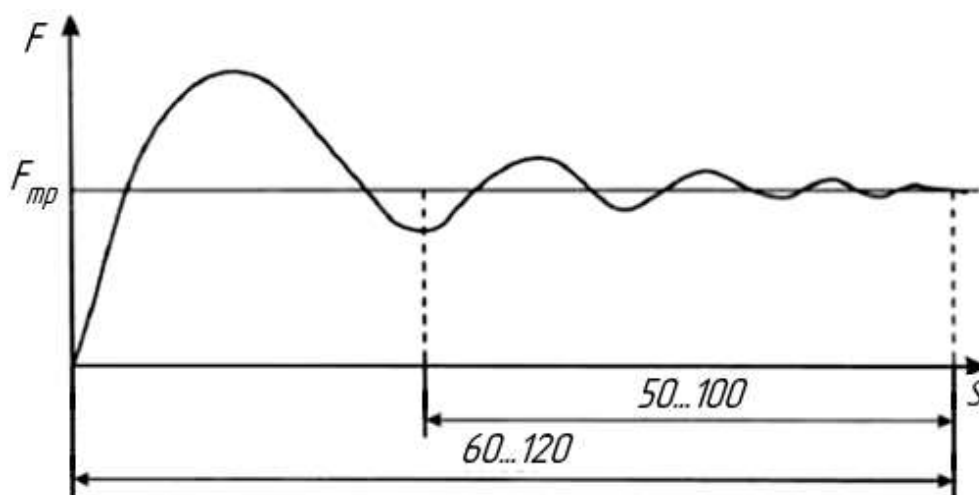


Рисунок 1 - Схема зависимости сдвигающей силы от перемещения

ГОСТ 21182-2016 [2] устанавливает метод определения статического коэффициентов трения легких конвейерных лент.

Сущность его определения заключается в том, что прикладывают к испытательной металлической пластине нормальную силу и тяговое усилие с помощью тянущего механизма, движущегося с заданной скоростью. Вычисляют значение статического коэффициента трения, используя статическую силу трения и нормальную силу. Вычисляют статический коэффициент трения, представляемый первым пиком на полученной при испытании диаграмме.

ГОСТ Р 33078-2014 [3] предусматривает в виде дополнительного варианта метод измерения коэффициента сцепления имитатора шины на дорожном покрытии с помощью портативного прибора ударного действия. В этом случае при испытании используется не колесо, а портативный прибор для измерения коэффициента сцепления дорожных покрытий типа ППК–МАДИ–ВНИИБД с диапазоном измерения коэффициента сцепления от 0,05 до 0,65.

В соответствии с ГОСТ 30413-96 и ГОСТ Р 33078-2014 коэффициент сцепления шины определяют по основному варианту отношением максимального касательного усилия, действующего вдоль дороги на площади контакта шины заблокированного измерительного стандартного колеса с дорожным покрытием, к нормальной реакции в площади контакта шины с

покрытием. Для этих целей используют прибор типа ПКРС-2 или его модификации.

Однако максимального значения коэффициент сцепления достигает не при полном скольжении заблокированного колеса, а при некотором определенном коэффициенте скольжения, который соответствует наибольшей продольной силе при торможении.

Для определения в этом режиме максимального значения коэффициента сцепления колеса требуется проведение серии последовательных тормозных испытаний колеса в диапазоне коэффициента скольжения его от нуля до единицы, что значительно увеличивает трудозатраты и существенно снижает точность измерения.

Разработанное при участии автора настоящей статьи устройство [4] для определения коэффициента сцепления колесного движителя с опорной поверхностью позволяет оперативно определять максимальное значение коэффициента сцепления колеса в реальных дорожных условиях.

Устройство содержит колесный движитель 1 с жестко закрепленным на нем валом 2, на котором жестко закреплены два рычага 3, в которых выполнены отверстия 10 для регулирования положения груза 4 относительно вала колеса посредством оси, два утяжелителя 12, жестко закрепленные на валу 2 симметрично колесному движителю 1. Также устройство содержит трос 5, шарнирно соединенный с валом 2 колесного движителя 1, динамометр 11, присоединенный к тросу 5, фиксирующий приложенную нагрузку, ведущий барабан 8, червячный редуктор 7, рукоятку 6 и основание 9 тягового механизма (рис. 2).

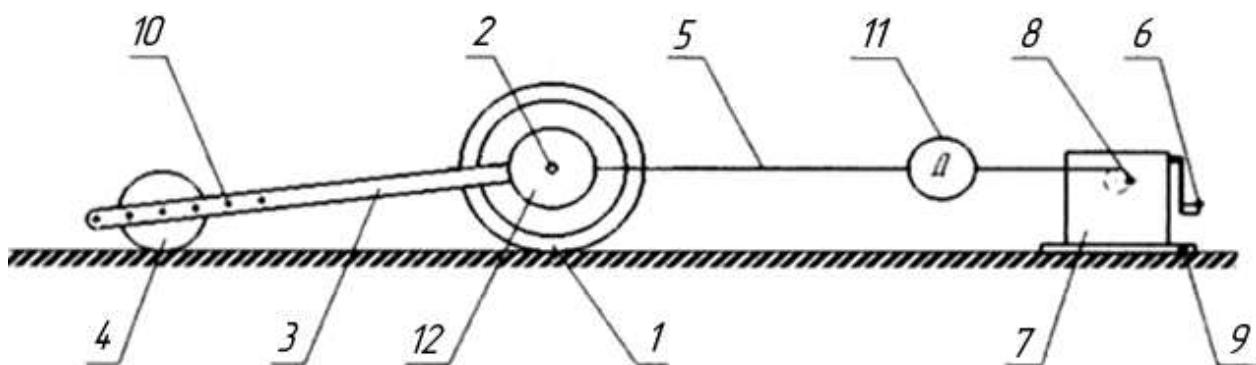


Рисунок 2 – Устройство для определения коэффициента сцепления колесного движителя с опорной поверхностью

1 – колесный движитель; 2 – вал; 3 – рычаг; 4 – груз; 5 – трос; 6 – рукоятка; 7 – червячный редуктор; 8 – ведущий барабан; 9 – основание тягового механизма; 10 – отверстие; 11 – динамометр; 12 – утяжелитель

Действие устройства основано на протягивании колеса, нагруженного возрастающим противодействующим моментом от действия веса приподнимающегося груза вследствие увеличения плеча его действия, в режиме качения с помощью тягового механизма до определенного момента, когда на мгновение прекратится качение колеса в сторону тягового механизма и начнется проскальзывание колеса на опорной поверхности в обратном направлении. В этот момент фиксируют максимальное показание динамометра. По результатам измерений определяют максимальный коэффициент сцепления колеса с дорожной поверхностью.

Положительный результат заключается в упрощении конструкции устройства для оперативного определения максимального коэффициента сцепления колеса с дорожной поверхностью в реальных условиях эксплуатации колесной машины и повышении точности измерения.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 55908-2013. Полы. Метод оценки скользкости покрытия. М.: Стандартиформ, 2014. – 16 с.
2. ГОСТ 21182-2016. Ленты конвейерные легкие. Определение коэффициента трения. М.: Стандартиформ, 2017. – 12 с.
3. ГОСТ Р 33078-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием. М.: Стандартиформ, 2016. – 16 с.
4. Патент 17243 Устройство для определения коэффициента сцепления колёсного движителя с опорной поверхностью: Рос. Федерация, МПК G01M 17/02 (2006.01), G01N 19/02 (2006.01) / Литвиненко С.А., Романченко М.И., Афанасьев С.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – № 2016117058, заявл. 28.04.2016; опубл. 11.07.2017; бюл. № 20.

УДК 631.173

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УТИЛИЗИРУЕМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Кравченко Игорь Николаевич, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Мокров Павел Анатольевич, инженер, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Установлены закономерности влияния показателей технического состояния образцов, технологичности конструктивных особенностей, материалоемкости сельскохозяйственной техники и безопасности комплектующих изделий на общий показатель утилизируемости.

Ключевые слова: показатель утилизируемости, техническое состояние, система утилизации сельскохозяйственной техники, периоды утилизации изделий, рециклинг, эффективность.

Анализ и обобщение результатов исследований по определению степени влияния групповых показателей на общий показатель утилизируемости показал [1, 2], что показатель технического состояния сельскохозяйственной техники является определяющим при оценке общего показателя утилизируемости. Следовательно, возникает необходимость определения наиболее общих факторов, влияющих на техническое состояние техники с целью эффективного проведения всего процесса утилизации.

Изменение технического состояния сельскохозяйственной техники происходит под прогрессирующим влиянием тех же факторов, которые сопровождали их на этапе эксплуатации и хранения.

Увеличение объемов сельскохозяйственной техники, подлежащей утилизации, а соответственно и материалов приводит к увеличению показателя утилизируемости по причине массовости и объема использованных при переработке однотипных средств. Существенный вклад в снижение показателя утилизируемости вносит показатель сложности технического исполнения образцов, влияние которого обусловлено трудоемкостью работ, связанных с проведением разбраковки изделий.

Результаты проведенных исследований показывают [3, 4], что в большинстве случаев на утилизируемость сельскохозяйственной техники, находящейся в течение продолжительного периода на хранении, оказывают влияние процессы старения, коррозии и другие факторы, проявляющиеся с течением времени. При этом скорость протекания данных процессов существенно зависит от качества применяемых материалов, конструкции, технологии изготовления, условий эксплуатации, а также применяемых методов и средств противокоррозионной защиты.

В этой связи нами предложена зависимость, устанавливающая закономерные связи между временем хранения подлежащей утилизации сельскохозяйственной техники и показателем утилизируемости. Для технических изделий, подлежащих утилизации, изменение показателя утилизируемости F_y в зависимости от срока хранения после списания τ_{xp} показано на рисунке 1.

В результате длительной эксплуатации или хранения изделий (в течение первого периода) происходит изменение технических характеристик со временем [3]. Это объясняется необратимыми изменениями параметров и характеристик элементов, что в конечном итоге приводит к предельным срокам эксплуатации и хранения и далее к списанию образца. Данный период характеризуется изменением параметров утилизируемости изделий с 1,0 до 0,8 отн. ед и τ_{xp} , являющийся назначенным временем эксплуатации или хранения.

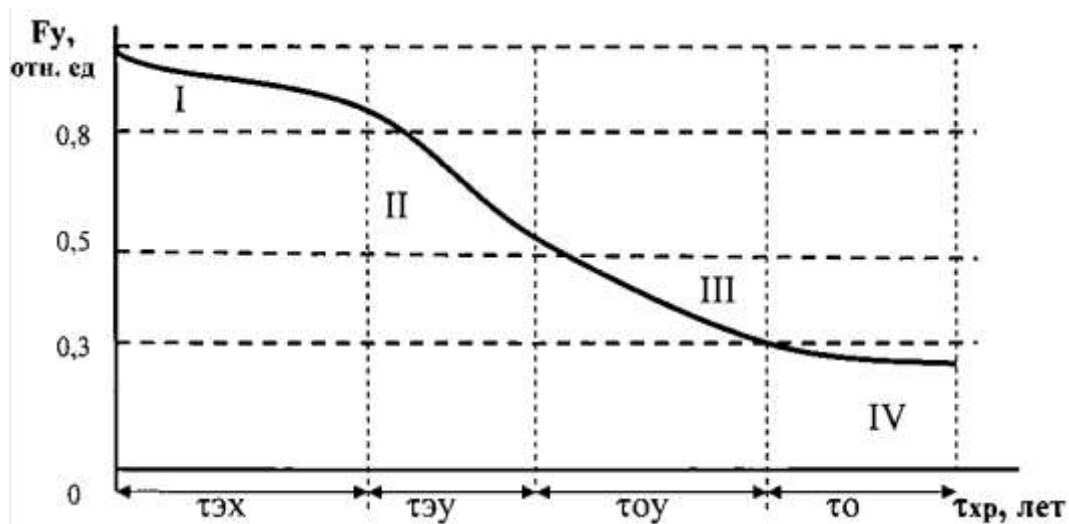


Рисунок 1 – Зависимость показателя утилизируемости от времени хранения подлежащей утилизации сельскохозяйственной техники:

I – этап эксплуатации и хранения; II – этап эффективной эксплуатации;
 III – этап остаточной утилизации; IV – этап образования отходов

На данном этапе проводят утилизацию по следующим направлениям:

- реализация, разукрупнение техники и использование составных частей для сборки нового образца (комплектующих);
- замена, ремонт некондиционных комплектующих на исправные и отправка образца на дальнейшее хранение или эксплуатацию;
- использование образца по новому назначению после проведения доработки или переоснащения.

После списания сельскохозяйственной техники наступает второй период (период эффективной утилизации), характеризующийся значительным возрастанием процессов старения элементов и резким уменьшением параметров показателя утилизируемости со временем. Данный период характеризуется изменением параметров показателя утилизируемости изделий с 0,8 до 0,5 отн. ед. и $t_{ЭУ}$, являющийся временем проведения эффективной утилизации сельскохозяйственной техники. На этом этапе проводят переработку компонентов и материалов с получением изделий для дальнейшего использования.

Если на втором этапе утилизация сельскохозяйственной техники произведена не была, наступает третий период (период остаточной утилизации $t_{ОУ}$), характеризующийся дальнейшим старением образцов. Указанный период характеризуется показателем утилизируемости с параметрами от 0,5 до 0,3 отн. ед.

Если на третьем этапе утилизация сельскохозяйственной техники произведена не была, наступает четвертый период, характеризующийся дальнейшим старением образцов и превращения их в неликвидные отходы, подлежащие уничтожению. Данный период характеризуется показателем утилизируемости с параметрами от 0,3 и ниже и временем образования неликвидных отходов $t_{ЭУ}$.

Данная модель показывает, что эффективно планировать и проводить работы по утилизации целесообразно в первые два периода, характеризующиеся более высоким уровнем сохраняемости полезных свойств изделий, а соответственно и показателя утилизированности. Анализ данных по характеру и трудоемкости работ показал [5], что технологические процессы утилизации сельскохозяйственной техники требуют наибольших затрат времени, финансовых и материально-технических ресурсов.

В целом совокупность утилизируемой сельскохозяйственной техники имеет сложную структуру по всем показателям, характеризующим образцы как объекты воздействия системы утилизации (рис. 2).

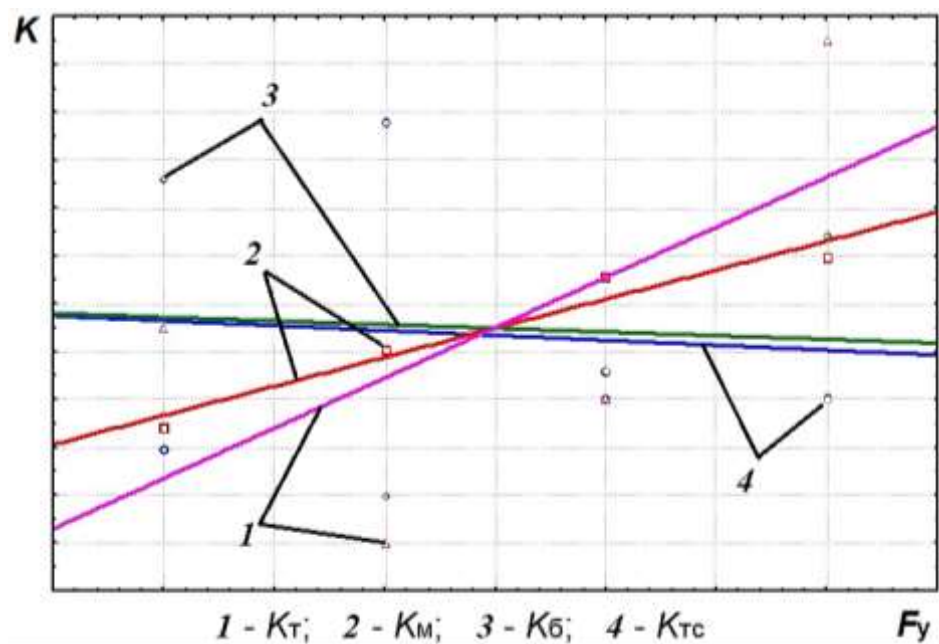


Рисунок 2 – Зависимость комплексного показателя утилизируемости от групповых показателей

По схеме полного факторного эксперимента проведены исследования закономерностей влияния основных показателей K_M , K_B , K_T и K_{TC} на комплексный показатель F_y утилизируемости. Матрица исходных данных для определения объемов утилизации сельскохозяйственной техники по выбранным направлениям и показателям представлена в таблице.

Установлено, что в качестве показателей, в большей степени определяющих способность машин к утилизации, являются K_{TC} и K_M , которые имеют прямо пропорциональный характер зависимости. При увеличении K_{TC} и K_M показатель утилизируемости возрастает.

Показатели K_B и K_T в меньшей степени будут влиять на комплексный показатель утилизируемости. Данная зависимость имеет обратный пропорциональный характер, т.е. при увеличении K_B и K_T комплексный показатель утилизируемости будет уменьшаться.

Матрица исходных данных для определения объемов утилизации сельскохозяйственной техники по выбранным направлениям и показателям

Показатели	Объем утилизации в зависимости от направления использования утилизируемой сельскохозяйственной техники, %			
	Реализация	Использование как вторресурсы	Переработка с получением продуктов	Образование отходов
Технического состояния, $K_{тс}$	25,0	16,0	22,0	37,0
Материалоемкости, K_m	20,8	24,1	27,1	27,9
Технического исполнения, K_t	19,9	33,6	23,2	22,0
Безопасности, K_b	31,2	17,9	22,0	28,8

Проведенные исследования закономерностей влияния технического состояния образцов, технологичности конструктивных особенностей, материалоемкости и безопасности комплектующих на общий показатель утилизируемости сельскохозяйственной техники позволили установить, что в зависимости от выбранного направления утилизации, номенклатурно-количественного состава, а также технического состояния машин доля утилизируемых образцов может изменяться в пределах от 63 до 78%. При этом зависимость влияния технического состояния и материалоемкости высвобождаемых образцов сельскохозяйственной техники на общий показатель утилизируемости носит прямолинейный прямопропорциональный характер зависимости. Показатели технологичности конструктивных особенностей и безопасности комплектующих влияют на показатель утилизируемости в меньшей степени, и носит прямолинейный обратно пропорциональный характер.

Анализ результатов исследований показал, что комплексное влияние климатических и эксплуатационных факторов на физическую природу процесса утилизируемости сельскохозяйственной техники сложно и разнообразно, и определяется особенностью её номенклатурного и количественного состава.

Полученные экспериментальные данные на основании предложенного комплексного показателя утилизируемости и методики оценки технического состояния выбывшей из эксплуатации сельскохозяйственной техники использованы при обосновании предложений и рекомендаций по номенклатуре и объемам высвобождаемых средств, определяющих направления их дальнейшего применения.

Выводы:

1. Обоснован обобщенный показатель утилизируемости, характеризующий способность или возможность высвобождаемых технических средств к использованию или переработке (рециклингу), а также предложена методика расчета параметров данного показателя, позволяющая решать задачи управления и определения уровня качества сельскохозяйственной техники.

2. Разработана концептуальная физическая модель утилизируемости сельскохозяйственной техники, в основу которой положен учет наиболее общих объективных факторов, обуславливающих появление и развитие в образцах процесса старения, которую следует рассматривать как динамическую модель, позволяющую прослеживать и учитывать взаимосвязь между показателем утилизируемости и временными характеристиками процессов разборки и переработки образцов техники.

3. Применение предложенной модели позволяет правильно планировать мероприятия по утилизации различных видов и образцов сельскохозяйственной техники при проведении сопоставительного анализа всего номенклатурного состава, а также определять конкретное время проведения утилизации с наибольшей эффективностью.

Библиографический список

1. Лесконог, Ю.А. Обоснование системы показателей утилизации сельскохозяйственной техники: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 // Ю.А. Лесконог. – М., 2015. – 188 с.

2. Кравченко И.Н. Методика обоснования системы показателей утилизируемости технических средств сельскохозяйственного производства / И.Н. Кравченко, Н.В. Алдошин, Ю.А. Лесконог, Ю.А. Шамарин // Техника и оборудование для села. – № 3 (237). – 2017. – С. 32-36.

3. Герасимов В.С. Основные направления и перспективы развития системы утилизации сельскохозяйственной техники / В.С. Герасимов, С.А. Соловьев // Труды ГОСНИТИ. – Т. 121. – 2015. – С. 69-75.

4. Кравченко И.Н. Моделирование процессов формирования системы утилизации выведенной из эксплуатации сельскохозяйственной техники / И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, Ю.А. Лесконог [и др.] // Техника и оборудование для села. – № 9 (243). – 2017. – С. 39-44.

5. Кравченко И.Н. Утилизация и рециклинг техники в агропромышленном комплексе / И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, В.М. Корнеев [и др.]; под ред. И.Н. Кравченко. – М.: БИБКМ, ТРАНСЛОГ, 2016. – 240 с.

УДК 631.358

ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ НАСОСОВ Д2000-21

Кравченко Игорь Николаевич, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Абдумунинова Диана Темурлановна, докторант кафедры механизации гидромелиоративных работ, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

***Аннотация:** Проанализировано современное состояние проблемы и основные направления повышения ремонтпригодности и восстановления цилиндрических деталей. Изучены технологические основы повышения ресурса изделий, проведены лабораторные испытания рабочих характеристик исследуемых деталей и сопоставлены полученные данные с теоретическими результатами.*

***Ключевые слова:** адгезия, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, восстановление, цилиндрические детали, поверхность, металл, оборудование.*

Достижение высокого качества деталей машин и оборудования, выпускаемых агропромышленностью, невозможно без применения прогрессивных, экономически выгодных технологических методов и приемов.

В большинстве случаев современные изделия эксплуатируются в жестких условиях, контактируя с коррозионными жидкостями, агрессивными газами и абразивными веществами, вызывающими интенсивную коррозию и износ.

В связи с этим возникает необходимость применения специальных приемов, обеспечивающих повышение коррозионной стойкости, износостойкости и других свойств рабочей поверхности материалов.

Увеличение срока службы можно обеспечить путем нанесения на поверхности этих деталей покрытий, обладающих необходимым уровнем эксплуатационных свойств – износостойкости, коррозионной стойкости и т.п.

Использование ремонтных композитов при восстановлении цилиндрических деталей и различных видов оборудования требует глубокого изучения адгезионных процессов, возникающих при соединении полимерных композитов с металлическими и неметаллическими поверхностями. В связи с этим проведенные эксперименты показали результаты образцов испытываемых в следующих растворах (табл. 1). Отмечено увеличение веса на 0,0047-0,075 % и незначительные изменения веса образцов (0,2 мм), а также изменение окраски образца в растворе, содержащем 500 г/л H₂SO₄ и 100 г/л HF. По результатам лабораторных и производственных испытаний сделан вывод, что покрытие устойчиво во всех растворах и может быть применено для защиты оборудования танталового производства, не подвергающегося температурным воздействиям свыше 80° С.

Таблица 1

Результаты исследования полиэтиленовых покрытий

Раствор	Вес образца, г		Изменение веса, г	Размеры образца, %					
	до испыт.	после испыт.		А до испыт.	А после испыт.	В до испыт.	В после испыт.	С до испыт.	С после испыт.
HF конц.	44,2754	44,3004	0,0564	33,50	33,30	54,10	54,10	7,00	6,70
H ₂ SO ₄ HF	42,8570	42,8783	0,0450	34,50	34,50	53,00	52,80	7,30	7,20
Маточник осажд. г/оNb	46,0676	46,0698	0,0047	54,00	54,00	34,70	34,90	8,00	7,80
ТБФ	43,4570	43,4645	0,0240	34,21	34,00	52,70	52,70	7,10	7,00
Октанол	44,1845	44,2178	0,0750	34,60	34,65	52,40	52,40	7,00	7,00

Вал насоса марки Д2000-21 (табл. 2) является базовой деталью ротора, на которую при работе насоса действует знакопеременная нагрузка. Максимальный диаметр его обычно выбирают в месте посадки рабочих колес, дальше к обоим концам ступенчато уменьшают для установки втулок и других деталей ротора. Уступ для упора рабочих колес должен быть выполнен строго перпендикулярно оси насоса. Оси шпоночных пазов должны лежать в плоскости проходящей через ось вала. В качестве заготовок для вала насоса применяют прокат или поковку.

Заготовки валов крупных насосов должны проходить дефектоскопию для выявления скрытых дефектов [1, 2].

Таблица 2

Характеристики вала насоса марки Д 2000-21

Вид детали	Материалы и твердость металла	Вес детали, кг
	Сталь 35, 40Х, 30ХМА. Нержавеющая сталь 10Х10Н9Т. НВ 10 ⁻¹ = 179 МПа	24

В условиях разнообразия методов газотермического нанесения покрытий, оборудования возникают трудности с обоснованным выбором вида и способа нанесения покрытий в зависимости от эксплуатационных требований к ним. При выборе технологического процесса нанесения полиэтилена на поверхность цилиндрических деталей наиболее важным является решения технологического процесса, причем помимо удовлетворения эксплуатационным требованиям, технологический процесс должен быть экономически эффективным.

Способы газотермического напыления отличаются более высокой производительностью (в 10-1000 раз) по сравнению с другими. Этим методом можно получать покрытия практически из любых материалов толщиной от 10⁻⁵ м до 10⁻² м и более.

В настоящее время получили развитие такие газотермические способы нанесения покрытий, как *газопламенное, плазменное напыление и др.*

При *газопламенном напылении* покрытий необходимый запас тепловой и кинетической энергии сообщается частицам порошка в процессе взаимодействия их с пламенем смеси горючий газ – кислород.

Пламя образуется в результате сгорания на срезе сопла горючей смеси, вытекающей с большой скоростью из сопловых отверстий горелки. Порошок подают, как правило, вдоль оси факела пламени, вовнутрь его. Температура достигает 3200°С, а скорость истечения 150-160 м/с. Попадая в струю, частицы порошка расплавляются или становятся высокопластичными со скоростью 20–80 м/с. Скорость полета частиц порошка зависит от соотношения кислорода и горючего газа в смеси, расхода обдувающего газа, расстояния от среза сопла, расхода вводимого в пламя порошка, его плотности и гранулометрического состава [3].

Недостаток газопламенных покрытий его низкая прочность, сцепления с материалом основы, которая не превышает 5-25 МПа, а также низкие механические свойства покрытий. Данный метод не позволяет напылять материал с высокой температурой плавления, так как температура пламени не превышает 2600°К.

Метод *плазменного напыления* покрытий с высокими технико-экономическими показателями применяется в машиностроении, энергетике, химической, нефтегазовой, дорожно-строительной, сельскохозяйственной технике, а также на предприятиях городского и коммунального хозяйства.

В плазменной струе между водоохлаждаемыми катодом и анодом зажигается электрическая сильноточная дуга от источника электропитания (рис. 1). В зависимости от конструкции плазмотрона величина тока может регулироваться от 80 до 600 А. В дуговой промежуток подается плазмообразующий газ (аргон, азот, смесь Ar-N₂, воздух или другой газ). При контакте с дугой газ нагревается, ускоряется и истекает из сопла струей низкотемпературной плазмы.

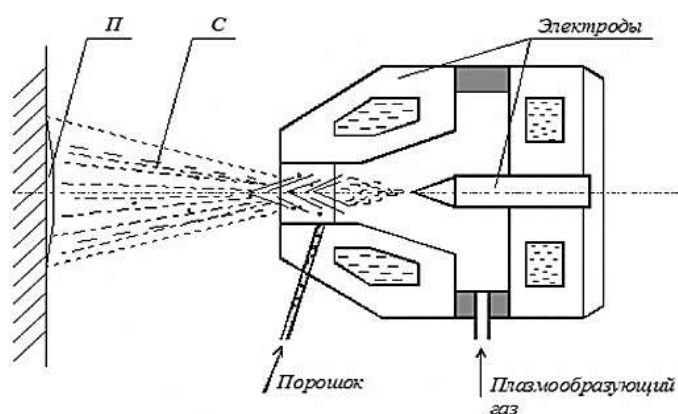


Рисунок 1 – **Схема процесса плазменного напыления**

К недостаткам метода плазменного напыления следует отнести их недостаточное сцепление (по сравнению с детонационными покрытиями) с основой, однако в последнее время плазменное напыление вытесняет детонационное даже там, где последнее уже получило развитие. Причина состоит в том, что освоение промышленностью производства мелкодисперсных порошков и применение их для плазменного напыления обеспечило возможность получения плазменных покрытий с меньшей пористостью и большей прочностью. Кроме этого, переход на воздушно-плазменное напыление позволяет существенно снизить себестоимость покрытий, что делает этот метод одним из наиболее конкурентоспособным и эффективным.

Метод электростатического осаждения применяется в основном для нанесения полимерных покрытий из порошковых эпоксидных композиций (рис. 2).

Особенностью данного метода является последующая полимеризация покрытия в печи, что связано со значительными трудностями при обработке крупногабаритных изделий.

Полиэтиленовые покрытия, нанесенные плазменным методом, имеют срок службы в 3-4 раза больше, а стоимость нанесения в 2-4 раза меньше, чем покрытия, нанесенные электростатическим и триботехническим методами.

Если при напылении порошковых эпоксидных композиций метод электростатического осаждения еще может на мелких деталях конкурировать с

плазменным, то при напылении полимерных материалов газопламенные и плазменные методы во много раз предпочтительнее. Это связано с тем, что при газопламенном и плазменном методах не требуется подогрева подложки и последующего оплавления покрытия.

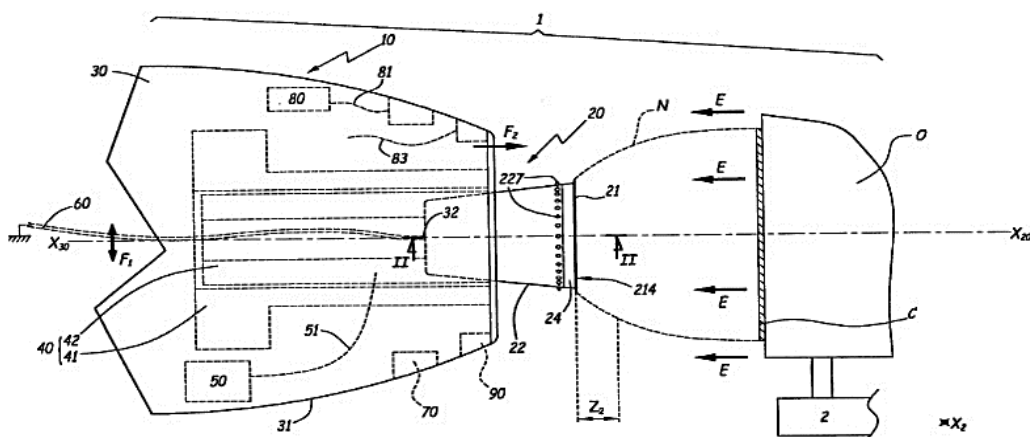


Рисунок 2 – Принцип метода электростатического осаждения

При электростатическом осаждении полимера необходимо использовать как можно более мелкие фракции порошков, а, учитывая их плохую транспортируемость необходимо решать еще и проблемы с дозирующими устройствами.

Наибольшие перспективы использования сверхвысокомолекулярного полиэтилена в чистом виде и в качестве металлополимерных покрытий могут быть рекомендованы для нанесения коррозионностойких покрытий методами газотермического напыления: цилиндрических деталей, гидротехнических сооружений, затворы гидроэлектростанций и др.

Использование сверхвысокомолекулярного полиэтилена в чистом виде и в качестве металлополимерных покрытий могут быть рекомендованы для изготовления новых или восстановления изношенных деталей и изделий с антифрикционными свойствами поверхности, обладающими повышенной стойкостью против задиrow и схватывания, стойкостью против водородного изнашивания, обеспечивающими наилучшие условия удержания смазочного материала, уменьшение времени приработки, снижение шума и вибрации. Процессы предназначены для обработки деталей из углеродистых, легированных сталей и цветных сплавов.

Эффект от реализации техпроцессов состоит в изменении физико-механических свойств новых или восстановленных рабочих поверхностных слоев; уменьшении коэффициента трения, создании сжимающих остаточных напряжений, устранение микродефектов, образовании на поверхности коррозионностойкого пленочного покрытия с низким коэффициентом теплопроводности, химической инертностью и других факторах.

В результате проведенной научно-исследовательской работы оценены с технической и экономической точек зрения методы нанесения покрытий, разработаны методики выбора рационального метода изготовления деталей с

покрытиями для единичного, мелкосерийного и серийного производства. Проведенная работа позволяет сформулировать требования к структуре и составу плазменной установки для напыления полимерных и металлополимерных покрытий на конструкции и детали машин.

Библиографический список

1. Йулдошева, З. Показатели надежности и адгезионной прочности при восстановлении деталей водяных насосов / З. Йулдошева, Д.Т. Абдумуминова // Материалы семинара молодых учёных XXII Международной научной конференции (18-21 апреля 2019 г.) «Строительство – формирование среды жизнедеятельности». – Ташкент, 2019. – С 445-451.

2. Абдумуминова, Д.Т. Технологические приемы повышения ресурса цилиндрических деталей / Д.Т. Абдумуминова, Ш.У. Юлдашев, З. Йулдашева // Журнал «Irrigatsiya va Melioratsiya». – 2019. – № 1 (15). – С 60-64.

3. Кравченко, И.Н. Плазменные методы упрочнения и восстановления рабочих органов дорожно-строительных и почвообрабатывающих машин: монография // И.Н. Кравченко, А.Ф. Пузряков, А.А. Пузряков. – М.: Изд-во «Эко-Пресс», 2013. – 326 с.

УДК631.362.62

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЭРОЗИОННОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Слизов Анатолий Федорович, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Орлов Анатолий Михайлович, старший преподаватель кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Представлен анализ различных методов, средств и технологических способов подготовки поверхностей деталей перед нанесением эрозионностойких покрытий, а также даны рекомендации по их применению.

Ключевые слова: эрозионностойкие покрытия, подготовка поверхности, прочность сцепления, коррозия, механическая обработка.

Эрозионностойкие покрытия, как правило, наносятся на поверхности деталей, которые эксплуатируются в весьма жестких условиях.

Прочность сцепления является одним из важнейших параметров, определяющих эрозионную стойкость и защитные свойства наносимых покрытий [1, 2], надежность и долговечность которых в первую очередь зависит от качественной подготовки поверхности.

Наиболее эффективными методами подготовки поверхности перед нанесением эрозионностойких покрытий являются механические методы, и в частности абразивная или гидроабразивная обработка [3].

Основными способами обработки являются: полирование; травление; фосфатирование; обработка стальной щеткой; пескоструйная обработка и др. [4]. На основании анализа сравнительных данных определения шероховатости поверхностей, обработанных различными способами, по показателям доступности выявлено [5], что удельная поверхность металла после пескоструйной обработки в 6-7 раз выше, чем после травления и фосфатирования. При этом показатель доступности представляет собой произведение амплитуды иглы профилографа на число ее колебаний, приходящееся на единицу длины.

Необходимо также подчеркнуть, что сухая пескоструйная обработка, несмотря на ее достаточное распространение в различных отраслях, в большинстве случаев не приемлема как способ подготовки поверхности перед нанесением эрозионностойких покрытий (вредное токсикологическое воздействие пыли SiO_2 , изменение геометрии и деформация деталей).

Следует отметить, что технические пески не однородны по своему химическому составу и могут содержать примеси железа, меди и других элементов, являющихся катодными добавками по отношению к легким сплавам и отрицательно влияющих на их коррозионную стойкость. В связи с этим наиболее рационально применять гидроабразивные установки и использовать в качестве абразива электрокорунд (Al_2O_3) определенной дисперсности.

Для предотвращения коррозии стальных деталей в пульпу, применяющуюся для гидроабразивной обработки, вводят пассивирующие добавки – 0,5% бихромата калия, 0,5-2% тринатрийфосфата или 0,5-1% нитрита натрия от массы пульпы. После проведения гидроабразивной обработки детали тщательно промывают, и проводится их пассивация в ванне, содержащей пассивирующие добавки в указанных выше количествах.

Поскольку обработанная поверхность чрезвычайно активно сорбирует загрязнения и окисляется, продолжительность времени между проведением этой операции и нанесением эрозионностойких покрытий должно быть минимальным (не превышать 0,5-2 ч).

В качестве абразива большое распространение получил электрокорунд. Содержание электрокорунда в пульпе для установок всасывающего типа (подача пульпы эжекцией сжатым воздухом) составляет 25-40% (по объему), а рабочее давление воздуха – 0,4-0,5 МПа.

При подготовке поверхности механическими методами в некоторых случаях происходит изменение не только микрогеометрии поверхности, но и ее химической природы. Это особенно характерно для армированных и наполненных полимерных материалов, у которых после обработки и удаления следов смазки и поверхностного слоя, обнажается поверхность волокнистых и порошкообразных (чаще всего неорганических) наполнителей. Адгезия

лакокрасочных покрытий к полимерам, содержащим неорганические наполнители, возрастает.

Наиболее простым и доступным методом механической обработки поверхности полимеров перед нанесением покрытий является зачистка ее вручную абразивными шкурками с применением кварцевого песка или корунда, закрепленных на бумажной или тканевой основе.

Ручную зачистку можно проводить также и абразивным материалом малой плотности, состоящим из переплетенных синтетических волокон, на поверхности которых с помощью высокопрочных адгезивов равномерно закреплены частицы карбида кремния или корунда, имеющих достаточно высокую микротвердость.

Кварцевый песок, карбид кремния, корунд и алмазный порошок могут быть использованы для подготовки поверхности армированных композиционных материалов с помощью механизированного инструмента. Применение механизированного инструмента с пневматическим или электрическим приводом дает возможность повысить производительность труда в 5-15 раз.

Закономерности, установленные при исследовании процессов газоабразивного и гидроабразивного изнашивания материалов, могут быть использованы для подготовки поверхности полимерных композиционных материалов.

Струйную обработку обычно применяют для очистки поверхностей сравнительно крупногабаритных изделий. При подготовке поверхности листов из стеклотекстолита марки ВФТ оптимальный результат достигается при давлении воздуха 196-245 кПа и использовании электрокорунда.

Для газоабразивной обработки используются дробеструйные и пескоструйные аппараты. Абразив может направляться на поверхность обрабатываемого изделия не только с помощью воздушной струи, но и за счет центробежных сил. Для этого используют специальные установки, снабженные вращающимися роторами с направляющими лопатками.

При изготовлении крупногабаритных изделий из полимерных композиционных материалов в процессе набора пакета перед формованием на его верхний слой накладывают слой непропитанной стеклянной или какой-либо другой ткани. После формования этот слой удаляют, сформованное изделие не имеет поверхностной смоляной пленки и следов смазки, что значительно облегчает подготовку поверхности перед нанесением покрытий.

Распространенным методом подготовки поверхности легких сплавов является анодное и химическое оксидирование. Анодное оксидирование чаще всего проводят в растворах сернокислотного электролита, реже – в растворе хромовой кислоты. Параметры анодного оксидирования в растворах сернокислотного электролита: концентрация электролита – серной кислоты 180-200 г/л; температура электролита 15-25°C; плотность тока на аноде 100–200 А/м²; общее количество пропущенного электричества 3500 (А-мин)/м²; напряжение на клеммах ванны 12-28 В. К преимуществам сернокислотного метода относятся

высокая скорость процесса, более низкая стоимость электролита, а также меньший расход электроэнергии.

Процесс анодирования включает операции химического обезжиривания в щелочных растворах, травления в щелочи и осветление в азотной кислоте.

Продолжительность анодного окисления в зависимости от плотности тока на аноде составляет 18-36 мин. В результате анодного окисления в серной кислоте на деталях образуется бесцветное прозрачное анодно-оксидное покрытие толщиной 7-12 мкм. При увеличении температуры электролита выше 25°C скорость образования анодно-оксидного покрытия растет, оно делается рыхлым и прочность пленки покрытия значительно снижается. Это абсолютно неприемлемо для последующего нанесения эрозионностойких покрытий.

Для повышения защитных свойств анодно-оксидных покрытий проводят дополнительное наполнение их в горячем растворе (90–95°C) бихромата калия концентрацией 40–50 г/л в течение 20–25 мин.

Аналогично проводится процесс анодного оксидирования в хромовой кислоте: концентрация хромового ангидрида в ванне 50-55 г/л; температура электролита 39 ± 2 °C; плотность тока на аноде 30-270 А/м². При этом толщина анодно-оксидных покрытий составляет порядка 3-4 мкм.

Химическое оксидирование, применяемое обычно для алюминиевых и магниевых сплавов, проводят в растворах хромового ангидрида с добавками фторидов. При этом наиболее широкое распространение для химического оксидирования получили растворы составов, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Составы для химического оксидирования

Наименование раствора	Состав, г/л		
	№ 1	№ 2	№ 3
Хромовый ангидрид	3–5	8–10	7–8
Фторосиликат натрия	3–5	–	–
Фторид натрия	–	4–5	–
Фтористоводородная кислота (40%-я)	–	–	4–5*
Фосфорная кислота	–	40–50	50–60
Примечание. * – в миллилитрах			

Продолжительность оксидирования при температуре 15–25°C составляет порядка 10-20 мин.

Перед оксидированием непосредственно проводят операции химического обезжиривания, травления в растворе гидроксида натрия и осветления в азотной кислоте с промежуточными промывками после каждой операции.

Следует отметить, что химическая оксидная пленка, обладая высокими адгезионными характеристиками, имеет ограниченную механическую прочность, поэтому в ряде случаев не может быть использована в качестве подготовки поверхности деталей перед нанесением эрозионностойких покрытий.

Эффективным способом подготовки поверхности деталей из стали перед нанесением эрозионнстойких покрытий является фосфатирование, обработка деталей в растворе солей фосфорной кислоты. Широкое распространение получили цинк-фосфатные растворы, содержащие монофосфат цинка, азотную и фосфорную кислоты.

Мелкокристаллическая структура образующейся фосфатной пленки способствует обеспечению хорошей адгезии покрытий, а также повышению антикоррозионной защиты. Для приготовления фосфатирующих растворов, как правило, используют готовые к употреблению фосфатирующие концентраты. Состав фосфатирующего концентрата марки КФ-1: цинковые белила марки М-1 – 13,7%; фосфорная кислота (87%-я) – 31,9%; азотная кислота (57%-я) – 14,3%; вода – 40,1%. При этом фосфатирующий раствор готовят путем разбавления 24 г (16 мл) концентрата в 1 л воды.

После фосфатирования проводится промывка деталей и их пассивация в растворе хромового ангидрида с содержанием 0,20–0,25 г/л. Подготовка поверхности изделий перед нанесением покрытий из порошковых композиций для полимерных порошковых и лакокрасочных материалов аналогична.

Для эксплуатации в жестких условиях, когда назначение покрытия – не только повысить абразивостойкость изделий, но и защитить их от коррозии, рекомендуется вариант I (табл. 2).

Таблица 2

Способы подготовки поверхности деталей

Материал изделия	Вариант	Способ подготовки изделия
Сталь	I	Очистка чугуном песком или галтовка с последующим фосфатированием
	II	Травление с последующим фосфатированием
Алюминиевые сплавы	I	Обдувка стальной или чугунной дробью с последующей выдержкой в 20%-й HNO ₃ в течение 20–30 мин
	II	Гидропескоструйная обработка с последующим оксидированием
	III	Механическая обработка или травление с последующим оксидированием
Магниевые сплавы	I	Гидропескоструйная обработка с последующим оксидированием
	II	Механическая обработка или травление с последующим оксидированием

Таким образом, повышение прочности адгезионного соединения и снижение внутренних напряжений может быть достигнуто при применении эластичных грунтовок и адгезионно-активных подслоев, которые наносят из растворов (например, полиизоцианаты – из 5–10%-го раствора в ацетоне) кистью, окутанием или из пульверизатора с последующей сушкой на воздухе.

Библиографический список

1. Кравченко, И.Н. Технологии нанесения защитных и износостойких покрытий повышенной прочности: монография // А.Ф. Пузряков, И.Н. Кравченко, И.К. Соколов [и др.]. – М.: Изд-во «Эко-Пресс», 2013. – 300 с.
2. Кравченко, И.Н. Разработка способа получения антифрикционных покрытий для повышения долговечности подшипников скольжения технологического оборудования / И.Н. Кравченко, Т.А. Чеха, А.Ф. Слизов [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – №4. – С. 7-12.
3. Кравченко, И.Н. Подготовка поверхностей деталей для нанесения упрочняющих покрытий / И.Н. Кравченко, Ю.В. Катаев, А.В. Сиротов // Сельский механизатор. – 2017. – №8. – С. 36-38.
4. Корнеев, В.М. Технология ремонта машин: учебник // В.М. Корнеев, В.С. Новиков, И.Н. Кравченко [и др.]; под ред. В.М. Корнеева. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 314 с.
5. Кравченко, И.Н. Очистка поверхностей деталей при их восстановлении / И.Н. Кравченко, А.Ф. Слизов, В.М. Корнеев [и др.] // Сельский механизатор. – №8. – 2019. – С. 38-40.

УДК 658.511.5

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

Петровский Дмитрий Иванович, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Рассмотрена методика обоснования модернизации средств технологического оснащения с целью улучшения их технико-экономических показателей и повышения эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: средства технологического оснащения, модернизация, технологический сервис, надежность.

Опыт организации технического сервиса в различных отраслях промышленности свидетельствует о том, что производители технологического оборудования считают одним из важнейших приоритетов наряду с изготовлением средств технологического оснащения (СТО) новейших типов проведение модернизации существующих.

Под модернизацией средств технологического оснащения, находящихся в эксплуатации, понимается улучшение их технико-экономических показателей и повышение эксплуатационной надежности посредством проведения небольших изменений в конструкции и применения ряда технических достижений, используемых в конкурентоспособных СТО без принципиального преобразования. Необходимость модернизации обусловлена возникновением физического и морального износов средств [1].

Физический (материальный) износ СТО возникает как при их эксплуатации (износ первого рода), так и в то время, когда они не работают (износ второго рода). Износ первого рода вызывается технологическими и инерционными нагрузками, трением, а второго рода – воздействием окружающей среды: влажностью и запыленностью воздуха, наличием агрессивных сред (коррозия, коробление, утрата свойств материала и т.п.) и др.

Интенсивность износа СТО зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются [1]:

1. *Степень экстенсивного использования, т.е. срок эксплуатации.* Необходимо отметить, что около 85% СТО, находящихся на сервисных предприятиях АПК, имеют большие сроки эксплуатации. С начала 90-х годов на сервисных предприятиях АПК средства, определяющие их технологический потенциал, практически не обновлялись и в широком масштабе не модернизировались. Причинами такой ситуации явились: ограниченность у предприятий собственных инвестиций в развитие производства и отсутствие типовых проектов модернизации СТО.

2. *Степень интенсивного использования,* которая в основном определяется скоростными режимами работы СТО. Например, стенды для испытания и регулирования дизельной топливной аппаратуры и т.д.

3. *Особенности технологических процессов ТОР и условия, в которых функционируют СТО.* Например, узлы и механизмы испытательных стендов испытывают знакопеременные нагрузки, вызывающие явления усталости; моечное оборудование подвергается воздействиям влажного воздуха, воды и пара; оборудование для механической обработки деталей работает в запыленной среде, содержащей большое количество абразивных веществ.

4. *Качество ухода за СТО* включает своевременность регулирования, смазывания, очистки, ремонта, технически грамотную эксплуатацию; – все это обеспечивает работоспособность СТО и уменьшает интенсивность их износа.

5. *Качество СТО,* которое определяется их конструктивными особенностями, материалами из которых они изготовлены, технологией изготовления.

Надежность конструкций и высокая износостойкость материалов увеличивает срок службы механизмов средств технологического оснащения и сокращает потребность в их ремонте.

Физический износ СТО приводит к потере ими эксплуатационных характеристик и в конечном итоге они перестают удовлетворять предъявляемым к ним требованиям. Так, износ станков для растачивания гильз цилиндров приводит к появлению на обрабатываемых изделиях конусности (вследствие перекоса направляющих по отношению к оси станка), эллиптичности (в связи с биением шпинделя) и, как следствие, вызывает снижение качества обрабатываемых поверхностей и производительности станка. Аналогичные примеры присущи всем видам технологического оборудования. Для устранения физического износа средств технологического оснащения необходимо проведение их капитального ремонта.

Помимо физического износа СТО подвергаются моральному износу. Моральный износ является объективным закономерным процессом развития науки, технологий и оборудования. При этом различают два вида морального износа: первый связан с усовершенствованием технологии изготовления средств технологического оснащения, вследствие чего затраты на их производство сокращаются и уменьшается их стоимость; износ второго рода вызывается появлением СТО более современных конструкций с улучшенными технико-экономическими показателями [2].

При моральном износе первого рода потребительская стоимость средств технологического оснащения не меняется, они продолжают эксплуатироваться в ремонтно-обслуживающем производстве по своему функциональному назначению, отличаясь от новых средств только большими затратами на изготовление. При моральном износе второго рода эксплуатация действующих СТО, возможно физически еще не изношенных, становится либо менее эффективной, либо вообще не эффективной.

Необходимость модернизации вызвана быстрыми темпами развития технического прогресса и возникающим в связи с этим моральным износом второго рода. Являясь одной из форм научно-технического прогресса, модернизация позволяет в ряде случаев ценой сравнительно небольших затрат приводить действующие СТО к техническому уровню средств новых типов [3].

Таким образом, *модернизация* – это частичное обновление средств труда, при котором устраняется моральный износ. В результате конструктивного изменения деталей и механизмов или внедрения какого-либо технического новшества, не требующих больших затрат, устаревшие средства приобретают такие эксплуатационные качества, которые обеспечивают возможность их использования с не меньшим производственным эффектом, чем новые.

Основным критерием экономической эффективности модернизации является доведение технического уровня СТО, находящихся в эксплуатации, до уровня технико-эксплуатационных показателей прогрессивных средств. При эксплуатации физически и морально изношенных СТО стратегия сервисных предприятий в области реновации основных фондов может заключаться в восстановлении их работоспособности путем проведения ремонта с одновременной модернизацией.

Модернизация действующих СТО продлевает их срок службы, улучшает рабочие характеристики и поэтому она даже в большей степени, чем ремонт, является фактором расширенного воспроизводства. Однако ремонт и модернизация не являются понятием тождественным. Они различны по своему характеру, целевому назначению и экономическому содержанию. При этом ремонт призван восстановить эксплуатационные характеристики СТО устранением неисправностей и заменой изношенных и поломанных деталей. Средство не может функционировать, если оно не будет отремонтировано. Кроме того, ремонт оказывает доминирующее влияние на сроки эксплуатации СТО и увеличивает степень их морального изнашивания [4].

Устаревшее средство может продолжать функционировать в ремонтно-обслуживающем производстве наряду с новым. Только в результате сравнения технико-экономических показателей старого и нового средств обнаруживается неэффективность эксплуатации первого и необходимость его замены или модернизации.



Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема модернизации средств технологического оснащения

Таким образом, целью модернизации является не восстановление первоначальных параметров, а усовершенствование средства, повышение его производительности, точности, экономичности и др. Поэтому затраты на ремонт СТО увеличивает их остаточную стоимость, а затраты на модернизацию являются по сути капитальными вложениями, увеличивающими первоначальную (восстановительную) стоимость модернизированных средств технологического оснащения.

К основным принципам организации модернизации средств технологического оснащения относятся [5]:

- установление областей и направлений эффективной модернизации;
- принятие простых конструктивных решений, реализация которых не вызывает излишнего удорожания работ;
- разработка типовых проектов модернизации;

- изготовление на предприятиях головных образцов модернизированных средств;
- организация модернизации средств по типовым проектам;
- совмещение работ по модернизации с ремонтом. При этом удается избежать лишних расходов, которые связаны с выполнением разборочно-сборочных работ.

Общая схема модернизации СТО представлена на рисунке 1.

Экономическая целесообразность модернизации СТО определяется совокупностью ряда показателей: повышением производительности средства, уровнем затрат на модернизацию, экономией на эксплуатационных расходах после модернизации, сроком окупаемости затрат.

При решении вопроса об эффективности модернизации морально устаревших средств важным аспектом является установление базы сравнительной оценки. При решении вопроса о целесообразности модернизации с учетом альтернативного варианта замены морально устаревших средств, базой для сравнительной оценки выступают новые прогрессивные средства. Если возникает вопрос о том, что рациональнее модернизация морально устаревшего средства или проведение его ремонта, то базой для сравнительной оценки является экономическая эффективность модернизации по сравнению с ремонтом. При сравнении нескольких альтернативных вариантов модернизации средств предпочтение должно быть отдано решению, обеспечивающему минимум приведенных затрат.

Библиографический список

1. Корнеев, В.М. Анализ зависимостей технико-эксплуатационных показателей машин от возраста и способов организации выполнения операций технического обслуживания и ремонта / В.М. Корнеев, А.А. Ивойлов, Д.И. Петровский // Труды ГОСНИТИ. – Т. 121. – 2015. – С. 94-103.
2. Кравченко, И.Н. Анализ технического сервиса машин и оборудования в агропромышленном комплексе / И.Н. Кравченко, Д.И. Петровский // Доклады ТСХА. – № 288-4. – 2016. – С. 283-286.
3. Корнеев, В.М. Технологическая подготовка предприятий технического сервиса : учеб. пособие / В.М. Корнеев, И.Н. Кравченко, Д.И. Петровский, Ю.А. Шамарин, М.Н. Ерофеев. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 260 с.
4. Аксёнова, М.Н. Система технического сервиса в АПК / М.Н. Аксёнова, Д.И. Петровский // В сб.: Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке: матер. межд. науч.-практ. конф. – Майский: Белгородский ГАУ. 2018. – С. 296-299.
5. Корнеев, В.М. Система оценки качества услуг предприятий технического сервиса / В.М. Корнеев, Е.А. Петровская // Вклад молодых учёных в инновационное развитие АПК России: материалы Межд. н.–п. конференции молодых учёных (27-28 октября). – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – С. 118-121.

РАЗРАБОТКА ТВЕРДОГО СМАЗОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА

Петровский Дмитрий Иванович, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Петровская Елена Андреевна, старший преподаватель кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Разработан состав твердого смазочного покрытия на основе наномодифицированного дисульфида молибдена и полимерного связующего – поливинилбутирального лака. Проведены исследования и подтверждена возможность использования наномодифицированного дисульфида молибдена в качестве антикоррозионной, антифрикционной и противоизносной твердой смазки.

Ключевые слова: твердые смазки, фторорганические поверхностно-активные вещества, наномодифицированный дисульфид молибдена.

Среди твердых смазок наиболее распространены дисульфид молибдена (MoS_2) и графит, которые используются как в виде порошков, так и в сочетании со связующими. Это объясняется слоистой структурой кристаллических решеток графита и MoS_2 , обладающих низкими усилиями сдвига между слоями [1].

При сопоставлении эффективности графита и MoS_2 в качестве твердых смазок прослеживаются общность и различия в характере их действия. При определенных условиях дисульфид молибдена легко окисляется до триоксида молибдена MoO_3 , являющегося абразивом. Продуктами окисления, помимо MoO_3 , являются SO_2 и SO_3 , представляющие собой коррозионноопасные агенты. В отличие от MoS_2 графит более инертен к окислительной среде [2].

По смазывающей способности MoS_2 превосходит графит, так, при натирании на металлическую поверхность коэффициент трения порошкообразного MoS_2 составляет 0,05-0,095, графита - 0,11-0,19 [3].

Повысить смазывающую способность и понизить химическую активность MoS_2 и графита представляется возможным, покрыв частицы порошка оболочкой бифункциональных поверхностно-активных молекул (ПАМ) размером 4-8 нм.

Повышение смазывающего действия наномодифицированных порошков MoS_2 и графита объясняется эффектом Ребиндера, заключающегося в том, что, адсорбированные ПАМ понижают поверхностную энергию частиц, облегчая разрыв межмолекулярных связей между слоями и уменьшая работу образования новой поверхности [4].

Наномодификация порошков MoS_2 и графита (в дальнейшем твердые смазки – ТС) поверхностно-активными молекулами включает в себя следующие

этапы: пропитывание ТС раствором фторорганического поверхностноактивного вещества (Фтор-ПАВ); выпаривание растворителя; термофиксация полученной нанопленки.

Количество раствора Фтор-ПАВ определяется из условия (1):

$$\frac{\rho_{ТСМ} - \rho_{ТС}}{\rho_{ТС}} \cdot 100\% : N \cdot S \cdot \delta \cdot \rho_p \cdot 100\%, \quad (1)$$

где: $\rho_{ТСМ}$ – плотность ТС после наномодификации, кг/м³; $\rho_{ТС}$ – плотность ТС до наномодификации, кг/м³; N – число пропиток раствором Фтор-ПАВ; S – удельная площадь поверхности ТС, включая поры, м²/кг; δ – толщина нанопленки после выпаривания и термофиксации, м; $\rho_{ТСМ}$ – плотность раствора Фтор-ПАВ, кг/м³.

Пропитывание ТС осуществляется при температуре не превышающей температуру кипения t_k раствора Фтор-ПАВ при давлении P и времени пропитывания τ , определяемыми из уравнений (2) и (3):

$$\Delta P_p \leq P \leq \sigma_k \cdot (1 - \Pi)^m, \quad (2)$$

$$\tau : 2,06 \cdot 10^3 \frac{l^4 \cdot \mu \cdot (1 - \Pi)^4}{P \cdot r^4 \cdot \Pi^3}, \quad (3)$$

где: ΔP_p – электростатическое противодействие, кг/сек²·м (МПа); P – давление пропитывания раствором Фтор-ПАВ, кг/сек²·м (МПа); σ_k – предел прочности зерна ТС (без пористости), кг/сек²·м (МПа); Π – пористость зерна ТС; m – показатель степени, обычно $m \sim 3 \div 4$; τ – время пропитывания раствором Фтор-ПАВ, ч; l – размер зерна ТС, м; μ – вязкость раствора Фтор-ПАВ, кг/м·сек; r – гидравлический радиус пор, м.

Температура пропитывания ограничивается температурой кипения раствора Фтор-ПАВ t_k и не должна ее превышать. Превышение температуры процесса пропитывания над t_k приведет к термодеструкции Фтор-ПАВ, а при низкой температуре становится значимым возрастание вязкости ρ раствора, что приведет к неполноте пропитки.

Время (продолжительность) τ пропитывания раствором Фтор-ПАВ определяется из уравнения (3). Отклонение в меньшую сторону, т.е. меньшая продолжительность пропитывания, не гарантирует полноту пропитки и вытеснения остаточных адсорбатов (воды) из внутренних пор ТС, а в большую сторону – нецелесообразно по экономическим соображениям [5].

Давление пропитывания раствором Фтор-ПАВ P определяется из уравнения (2), и должно превышать тормозящее электростатическое противодействие ΔP_p , но быть меньше предела прочности материала σ . Давление P , меньшее ΔP_p не гарантирует полноту пропитки и вытеснения остаточных адсорбатов, а превосходящее предел прочности σ – приводит к разрушению зерен ТС.

После испарения растворителя на поверхности ТС, включая доступные внутренние поры, образуется тонкая пленка толщиной порядка 4 – 8 нм.

Для проведения испытаний покрытий на износостойкость были приготовлены опытные составы на основе наномодифицированного MoS₂ и

полимерного связующего – поливинилбутирального лака. Процесс состоял из трех этапов: приготовление раствора пленкообразователя; получение суспензии тонкодисперсного наномодифицированного MoS_2 в растворителе; смешение раствора пленкообразователя с суспензией наномодифицированного MoS_2 .

Образовавшаяся система гетерогенна. Частицы дисперсной фазы (MoS_2) отделены от остальной среды поверхностями раздела, где сосредоточена поверхностная энергия. Стремление уменьшить свободную энергию приводит к агрегативной неустойчивости системы, в результате чего частицы дисперсной фазы слипаются и под действием силы тяжести оседают. Чтобы избежать явления седиментации, процесс ведут при постоянном перемешивании с введением эмульгатора.

Наиболее важными техническими характеристиками суспензий являются вязкость и концентрация нелетучих веществ. Эти показатели определяют толщину покрытия и методы нанесения на поверхности трения (распылением, погружением или кистью).

Фрикционные испытания проводили на машине СМТ-1 по схеме «вал – частичный вкладыш» при скорости скольжения 0,5 м/с и удельных нагрузках 2,5-15,0 МПа. Покрытие наносили на фольгу из стали 3, закрепленную на вкладыш с площадью рабочей поверхности 2 см². В качестве контртела использовали ролик из стали 45 с исходной шероховатостью $R_a < 0,32$ мкм.

Адгезионную прочность покрытий измеряли на разрывной машине на стальных образцах шириной 10 мм, склеенных внахлест с площадью перекрытия 1 см².

Для определения термостойкости ТС образцы с нанесенным покрытием термостатировали при 150-300 °С в течение 3 ч, затем извлекали из термостата, охлаждали и испытывали на машине трения МИ-1М.

Экспериментальным путем определено оптимальное содержание наномодифицированного MoS_2 в составе ТС – 20...25 мас.%. Введение его менее 20 мас.% не позволяет получить покрытие с высокими триботехническими характеристиками, а введение его более 25 мас.% приводит к снижению адгезии покрытия к металлической поверхности.

Таким образом, разработанный состав твердой смазки на основе наномодифицированного дисульфида молибдена и поливинилбутирального лака позволяет снизить коэффициент трения полученных покрытий, повысить их износостойкость и термостойкость в условиях высоких нагрузок и температур. Кроме того, полученная твердая смазка обладает повышенными антикоррозионными свойствами за счет придания дисульфиду молибдена гидрофобных свойств.

Библиографический список

1. Гайдар, С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий / Гайдар С.М.: дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук (05.20.03) / Гайдар Сергей Михайлович; ФГБОУ ВПО МГАУ. – Москва, 2011. – 433 с.
2. Патент на изобретение RUS 2597442 Ингибитор коррозии металлов. заявл. 15.04.2015 / С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина, А.В. Пыдрин, Д.И. Петровский, Е.А. Петровская, Е.В. Быкова, К.В. Быков, М.И. Голубев, А.Е. Шлыков. – 2016.
3. Гайдар, С.М. Полифункциональные ингибиторы биокоррозии – эффективное средство повышения сохраняемости машин в животноводстве / С.М. Гайдар, Л.Ю. Дёмина, А.Л. Дмитриевский, Е.А. Петровская // Техника и оборудование для села. – № 4 (202). – 2014. – С. 26-29.
4. Гайдар, С.М. Обеспечение износостойкости узлов трения / С.М. Гайдар, Е.А. Петровская // В сборнике: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. – 2016. – С. 99-102.
5. Патент на изобретение RUS 2263160 Ингибитор коррозии металлов. заявл. 12.10.2004 МПК: C23F 11/14 / С.М. Гайдар, А.С. Тарасов, В.А. Лазарев. – 2004.

УДК 631.3.02

ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Петровская Елена Андреевна, старший преподаватель кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Рассмотрены общие вопросы изнашивания элементов цепных передач сельскохозяйственных машин, а также факторы, влияющие на долговечность приводных цепей.

Ключевые слова: Цепные передачи, приводные цепи, долговечность, повышение сохраняемости цепных передач.

Цепные передачи являются неотъемлемой частью подавляющего большинства сельскохозяйственных машин и орудий различного назначения.

По данным ООО «Симбирский Завод Цепей», основной продукцией которого являются втулочно-роликовые цепи, цепные передачи применяются в сельскохозяйственных машинах, орудиях и технологическом оборудовании более чем в 240 наименований [1].

Современный цепной привод в сельскохозяйственных машинах и орудиях осуществляется, в основном, втулочно-роликовыми цепями.

Сельскохозяйственные цепные передачи используются в специфических условиях, отличающихся от условий в других производственных отраслях, причём преимущественно в худшую сторону. Прежде всего, подавляющее большинство цепных передач применяется в мобильных машинах, используемых сезонно [2].

Для обеспечения смазки цепных передач сельскохозяйственного назначения, учитывая их открытое (вне специальных корпусов) исполнение, техническими условиями предписан самый примитивный и не эффективный способ – периодическим поливом жидким смазочным материалом. При этом периодичность смазки предписывается ежесменной, что неприемлемо для персонала, использующего машину или орудие сезонно, со срочным, высоким напряжением работ. По этой причине сложилась практика неприменения смазки для сельскохозяйственных цепных передач, это в 3...6 раз снижает срок их службы, что при высокой стоимости деталей передачи не может считаться приемлемым. Кроме того, рекомендованный способ смазки неприемлем и по экологическим соображениям, так как там где он применяется, полезно используется не более 2% смазочного материала. Остальная часть загрязняет машины и попадает непосредственно в окружающую среду.

В практике эксплуатации устройств на базе цепей применимость смазки, как способа повышения их долговечности, в большей степени относится к цепным передачам, то есть к приводным цепям. Относительно необходимости смазки в цепных передачах, работающих в условиях абразивного загрязнения, имеются противоречивые сведения. При этом превалирует мнение, что применение смазки при наличии абразива увеличивает интенсивность изнашивания шарниров цепи.

В зарубежной практике существует однозначное мнение о необходимости применения смазки при наличии абразивного загрязнения. Даже при загрязнении цепи песком силы трения в шарнире с применением смазки в 4...5 раз меньше, чем в её отсутствие.

При периодической смазке поливом, рекомендуемой существующими техническими требованиями через каждые 8...10 часов, пылевые (абразивные) частицы, налипающие на наружные поверхности цепи, увлекаются смазочным материалом в рабочую зону шарниров, каждый раз доставляя туда новые порции активных абразивных частиц.

Отсюда следует вывод о том, что такой способ смазки является неприемлемым. Необходим поиск новых, более совершенных способов смазки открытых передач, работающих в условиях абразивного загрязнения.

В связи с этим применение смазки сельскохозяйственных цепных передач представляется необходимым, но требуются поиски и разработки новых смазочных материалов на весь сезон работы машины.

В практике эксплуатации цепных передач имеется несколько способов их смазки:

- ручная,
- консистентная внутришарнирная,

- капельная,
- картерная в масляной ванне,
- струйная (быстрокапельная),
- центробежная смазка разбрызгиванием,
- циркуляционная центробежная,
- циркуляционная распылением.

Общеизвестно, что все сельскохозяйственные цепные передачи имеют открытое исполнение. Поэтому из перечисленных способов возможны и рекомендованы только первые два. По первому способу смазку положено наносить на цепь кистью или поливом из маслёнки через каждые 8...10 часов работы. По второму способу её рекомендуется выполнять путём погружения очищенной от загрязнения цепи в специальный состав, нагретый до температуры, способной разжижить смазку и обеспечить проникновение её внутрь шарниров. Выдерживать цепь в составе рекомендуется до загустения состава. Периодичность операции – каждые 60...80 часов.

Следует отметить, что обе эти рекомендации не отвечают современным требованиям ни с точки зрения минимизации уходовых работ за машинами и орудиями, ни по экологическим соображениям.

Проваривание в процессе использования машины или орудия требует демонтажа передачи и существенных затрат времени на организацию и обеспечение процесса при экономически нецелесообразном использовании дорогостоящего смазочного материала и значительном простое машин.

Полив же передачи жидкой смазкой вообще противоречит всем экологическим нормам. Смазочный материал, разбрасываемый работающей во время полива передачей, загрязняет близлежащие части машины или орудия, которые затем обволакиваются пылью и требуют дополнительных издержек на очистку машины с образованием значительного количества продуктов загрязнения, требующих утилизации. Полезное использование смазывающего материала при поливе составляет не более 1-2% от расходуемого. Остальная его часть, так или иначе, попадает в окружающую среду, вызывая её загрязнение.

Таким образом, рекомендуемые способы смазки сельскохозяйственных цепных передач весьма не совершенны и неприемлемы ни по организационным, ни по техническим и экологическим соображениям. В связи с этим совершенно необходим поиск решений по обеспечению надёжной смазки для сельскохозяйственных цепных передач, периодичность которых была бы не менее сезона эксплуатации машины.

Придавая важное значение вопросам повышения долговечности сельскохозяйственных цепных передач, в работе [3] определены сроки службы цепей современных сельскохозяйственных машин в течение года, анализ данных показывает, что наибольшую годовую наработку имеют цепные передачи зерноуборочных комбайнов около 375 часов.

Факторы, влияющие на долговечность цепных передач весьма многочисленны и разнообразны. Вместе с тем, большой опыт применения цепных передач показывает, что основные факторы, влияющие на износ

элементов цепных передач, можно по некоторым признакам классификации разделить на три группы [4]:

- конструктивные;
- технологические;
- эксплуатационные.

Смазка – один из важнейших факторов, влияющих на долговечность цепной передачи. Наличие смазки в шарнирах повышает износостойкость цепи, коэффициент полезного действия цепи и уменьшает ее нагрев.

Оценить отдельно влияние смазки на долговечность открытой передачи весьма сложная задача, так как сельскохозяйственные передачи не защищены от попадания абразивов в шарниры. Поэтому необходимо рассматривать влияние смазки в совокупности с действием абразива.

Отрицательное влияние абразивного загрязнения на износ деталей машин известно давно. Проведённое ВНИИПТМАШем исследование цепей показало, что абразивное загрязнение приводит к сокращению их долговечности в десятки и сотни раз [5].

Исключительно низкую долговечность имеют, например, цепи сельскохозяйственных машин, цепные передачи которых по расчётным данным должны обеспечивать требуемую долговечность не менее 2000-2500 часов работы при увеличении среднего шага до 3-4% от начального. Обычно их фактический ресурс не превышает 750...1000 часов.

При работе в условиях абразивного загрязнения своеобразное влияние на износ оказывает также вид смазочного материала. Одним из важнейших факторов, определяющих долговечность цепных передач, является род и характер смазки.

Пластичная смазка защищает шарниры от попадания абразивных частиц, в зазоры между трущимися деталями, снижая износ, а жидкая смазка, при периодическом смазывании цепей, наоборот, способствует проникновению их в зазоры. По этой причине износ периодически смазываемых маслом цепей, при интенсивном абразивном загрязнении, иногда оказывается больше, чем несмазываемых.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что смазка цепных передач, работающих в условиях абразивного загрязнения необходима, причём необходимо применение консистентной смазки, рассчитанной на весь срок службы цепной передачи.

Библиографический список

1. Гайдар, С.М. Обеспечение износостойкости узлов трения / С.М. Гайдар, Е.А. Петровская // В сборнике: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. – 2016. – С. 99-102.

2. Патент на изобретение RUS 2597442 Ингибитор коррозии металлов. заявл. 15.04.2015 / С.М. Гайдар, М.Ю. Карелина, А.В. Пыдрин, Д.И. Петровский, Е.А. Петровская, Е.В. Быкова, К.В. Быков, М.И. Голубев, А.Е. Шлыков. – 2016.

3. Гайдар, С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий / Гайдар С.М.: дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук (05.20.03) / Гайдар Сергей Михайлович; ФГБОУ ВПО МГАУ. – Москва, 2011. – 433 с.

4. Патент на изобретение RUS 2263160 Ингибитор коррозии металлов. заявл. 12.10.2004 МПК: C23F 11/14 / С.М. Гайдар, А.С. Тарасов, В.А. Лазарев. – 2004.

5. Гайдар, С.М. Полифункциональные ингибиторы биокоррозии – эффективное средство повышения сохраняемости машин в животноводстве / С.М. Гайдар, Л.Ю. Дёмина, А.Л. Дмитриевский, Е.А. Петровская // Техника и оборудование для села. – № 4 (202). – 2014. – С. 26-29.

УДК 621.993

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МЕТЧИКОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТА ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА

Игнаткин Иван Юрьевич, доцент кафедры МТ-13, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Щедрин Алексей Владиславович, доцент кафедры МТ-13, МГТУ им. Н.Э. Баумана,

Бугаев Александр Михайлович, доцент кафедры МТ-13, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Аннотация: В статье рассмотрены результаты сравнительных испытаний периода стойкости метчиков различных технологических средах. Контрольные образцы обрабатывались в среде в индустриального масла И-30, опытные в среде 20 процентного раствора присадки «Валена» в том же масле. Испытания произведены на метчиках М10х1 из стали Р6М5 при производстве сквозных резьбовых отверстий в пластинах толщиной 30 мм из Стали 40Х.

Ключевые слова: металлолакирующая присадка, нарезание резьбы, метчик, СОТС на масляной основе, период стойкости.

Нарезание резьб – это процесс формирования сложной винтовой поверхности. В процессе получения и восстановления резьбовых поверхностей наблюдается износ режущего инструмента, что негативно сказывается на качестве получаемых, а также силовых и энергетических показателях процесса.

В наши дни резьбовые поверхности используются для производства передач, крепежных изделий, инструментов, что обуславливает их широкое распространение в быту и технике.

Резьбовая поверхность не зря пользуется такой популярностью, ведь при простоте использования обладает хорошими прочностными качествами и для формирования такого сложного профиля используются различные инструменты, но один вид инструмента всегда остается неизменным – это метчик.

В процессе нарезания резьбы в зоне контакта происходит изнашивание режущего инструмента, что неблагоприятно влияет на качество резьбовой поверхности и срок службы инструмента. Основными видами износа являются:

1. Абразивное изнашивание является следствием контакта абразивного материала (в том числе стружки и окалины...) с рабочей поверхностью инструмента.

2. *Адгезионное изнашивание* является результатом схватывания металлов в процессе резания с образованием прочных металлических связей в зонах непосредственного контакта поверхностей. Необходимым условием для образования узла схватывания на смазываемых поверхностях является разрушение масляной пленки [1, 2].

Так же, помимо изнашивания, в ходе работы по нарезанию резьбы наблюдаются различного рода дефекты, такие как: рваная резьба, неполный профиль резьбы, перекося резьбы, задиры на поверхности резьбы, тугая резьба, конусность резьбы, поломка метчика. Существуют различные пути устранения перечисленных дефектов, одним из которых является оптимизация вида и состава смазывающе-охлаждающей технологической среды (СОТС) [3-5].

Целью работы является повышение стойкости метчика применением смазывающе-охлаждающей жидкости на масляной основе с металлоплакирующей присадкой «Валена».

Металлоплакирующая присадка «Валена» – многофункциональная присадка, используемая в тяжело нагруженных узлах трения. Данный выбор был сделан из-за наличия эффекта безыносного трения, открытого Д.Н.Гаркуновым и И.В.Крагельским. Суть эффекта заключается в выделении в паре трения сталь-медь, сталь-бронза или сталь-латунь из твердого раствора чистой меди, что происходит из-за разрушения межатомных связей. Выделившаяся медь переносится на поверхность стали в виде слоя, толщиной порядка тысячной доли миллиметра. Защитная пленка, возникающая на поверхностях трения, называется «сервовитной», от латинского «*servo-witte*» – спасти жизнь [3-5].

Эффект Ребиндера объясняет снижение напряжения сдвига в очень тонком поверхностном слое металла. Эффект Ребиндера можно рассматривать как результат адсорбции поверхностно активных молекул жидкости на микротрещинах, возникающие при механическом нагружении.

СОТС на масляной основе обладают отличными смазывающими, охлаждающими и моющими свойствами, однако при высоких скоростях резания горят, что ограничивает область их применения. Процесс нарезания резьбы сравнительно медленный, что позволяет применять СОТС на масляной основе. При нарезании резьб широко использовались сульфозрезола (осернённые минеральные масла), однако ввиду вредности их применение весьма ограничено.

Нами предлагается использование в качестве СОТС при резьбонарезании индустриального масла И-30 с металлоплакирующей присадкой «Валена». Предполагается, что образование сервовитных пленок на взаимодействующих поверхностях повысит период стойкости метчика, а также снизит трение по передней и задней поверхностям инструмента, что благотворно скажется на

силовых и энергетических показателях процесса резания, а также снизит вероятность поломки инструмента.

Методика испытаний. Сравнительные испытания периода стойкости проведены для машинных метчиков М10х1 из быстрорежущей стали марки Р6М5. В качестве смазочно-охлаждающих технических сред использовались: чистое индустриальное масло И-30 и 20 процентный раствор присадки «Валена» в том же масле. Сквозные резьбовые отверстия производились в пластине из Стали 40Х толщиной 30 мм. Инструменты при работе с различными СОТС доводились до равной степени износа, а отношение количества полученных отверстий эквивалентно отношению периодов стойкости. Измерение износа осуществлялось на микроскопе Supereyes b008.

Работы по нарезанию резьбы проводились на вертикально-сверлильном станке 2Н118 с частотой вращения инструмента $n=450$ об/мин, что соответствует скорости резания 14,13 м/мин. Подача соответствует шагу нарезаемой резьбы.

В ходе работы метчиков были проведены сравнения теоретической стойкостью и стойкостью, полученной при испытаниях.

Результаты. С применением 20 процентного раствора присадки «Валена» в индустриальном масле И-30 было произведено 100 резьбовых отверстий, полученный износ был принят за эталон (рис. 1). Сопоставимый износ в среде И-30 был достигнут при обработке 34 отверстий. Что соответствует трехкратному увеличению периода стойкости при использовании СОТС на основе индустриального масла И-30 с присадкой «Валена» (концентрация 20%).

В перспективе необходимо провести испытания износа инструмента по методу потери массы, а также оценить изменение силы резания при обработке эталонных материалов на различных режимах.



а



б

Рисунок 1 – Режущая кромка метчика: а – исходная, б – изношенная

Вывод. При нарезании резьбы в Стали 40Х применение 20 процентного раствора металлоплакирующей присадки «Валена» в индустриальном масле И-30 в качестве СОТС позволяет повысить период стойкости метчиков в 3 раза.

Библиографический список

1. Кононенко, А.С. Повышение стойкости полимерных композитов холодного отверждения к воздействию рабочих жидкостей использованием наноматериалов [Текст] / А.С. Кононенко А.С., К.Г. Дмитраков // Международный технико-экономический журнал. № 1. 2015. С. 89-94.
2. Пат. 2410668 РФ, МПК G01N 3/56. Устройство для испытаний на абразивное изнашивание рабочих органов почвообрабатывающих, строительных и дорожных машин [Текст] / А.М. Михальченков, Н.Ю. Кожухова, А.С. Кононенко, П.Н. Гончаров; заявитель А.М. Михальченков, патентообладатели А.М. Михальченков, Н.Ю. Кожухова, А.С. Кононенко, П.Н. Гончаров – № 2009121256/28; заявл. 03.06.2009; опубл. 27.01.2011, Бюл. №3. – 3 с.
3. Гаркунов, Д.Н. Новое научное открытие в трибологии на основе самоорганизации / Гаркунов Д.Н., Бабель В.Г., Мельников Э.Л., Щедрин А.В., Аванесян В.П. // Качество и жизнь. – № 4-S (12). – 2016.С. 348-356.
4. Мельников, Э.Л. Влияние состава металлоплакирующей смазки на характеристики комбинированного прошивания отверстий в заготовках из латуни марки лс 59-1 / Мельников Э.Л., Щедрин А.В., Климочкин К.О., Серёжкин М.А., Зимин М.А., Кострюков А.А., Чихачева Н.Ю. // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – № 1. – 2017. С. 27-34.
5. Гаркунов, Д.Н. Металлосодержащая маслорастворимая противоизносная композиция "валена sv" / Бабель В.Г., Мельников Э.Л., Щедрин А.В., Помазкин Г.А., Кавешник А.В., Пилин Д.А., Маркосян Т.С., Аванесян В.П. // Качество и жизнь. № 4-S (12). – 2016. – С. 341-347.

УДК 631.173

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТРАКТОРОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Наджи Наджм Абдулзахра Фархун, инженер кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Обеспечение работоспособности техники в течение срока службы зависит от повышения эффективности использования тракторов, что требует определения совокупности факторов влияния динамических нагрузок при выполнении технологической операции, ремонтно-обслуживающих воздействий, материально-технической базы, квалифицированных специалистов и нормативно-технической документации.

Ключевые слова: трактор, работоспособность, условия эксплуатации, ресурс, сельскохозяйственное производство.

Сельскохозяйственное производство является основным потребителем сельскохозяйственной техники: тракторов и автомобилей, зерно- и

кормоуборочных комбайнов, сельскохозяйственных машин и орудий, ремтехматериалов и запасных частей, нефтепродуктов и другой продукции производственно-технического назначения для обеспечения работоспособности этого машинного парка.

Среднегодовой объем работ по техническому сервису эталонного трактора (ВТ-100 или ДТ-75М) в пределах срока службы в хозяйствах составляет около 480 человеко-часов, а за пределами срока службы он возрастает по данным ГОСНИТИ в 1,5-2,5 раза. Средняя наработка тракторов на отказ в реальных условиях эксплуатации в пределах срока службы составляет 70-85 усл. эт. га, комбайна – 9...25 физ. га, сложного животноводческого оборудования – 35-60 часов работы, грузового автомобиля - 3,0-3,6 тыс. км пробега [1].

Естественно, что такие показатели надежности машин и оборудования вызывают значительные простои машин и оборудования по техническим причинам (25-40% рабочего времени), что негативно отражается на продуктивности животных и урожайности культур, существенно снижая объемы производства качественной сельскохозяйственной продукции и эффективность производственно-хозяйственной деятельности агропредприятий.

Повышение эффективности производственно-хозяйственной деятельности агропредприятий невозможно без ускоренной технологической модернизации сельскохозяйственного производства. Предприятиями машиностроения разработаны и выпускаются современные образцы отечественных машин и оборудования по своим производственно-технологическим параметрам практически не уступающие лучшим мировым аналогам. Но их практическое применение в условиях реального сельскохозяйственного производства показывает низкую производительность и эффективность, основными причинами которых является низкий уровень качества изготовления и показателей надежности. Это ведет к высоким эксплуатационным издержкам, к росту потребностей в техническом сервисе и наличию мощной инженерно-технической службы хозяйств, к потерям продукции и росту ее себестоимости и, в конечном итоге, снижению эффективности производства [2].

Таким образом, сельскохозяйственному производству, учитывая складывающиеся международные экономические отношения, нужна современная качественная и надежная отечественная техника, машины и оборудование.

Проведенные исследования по решению данной проблемы, разработанные организационно-технологические и экономические основы и технико-экономическая оценка указывают на целесообразность и необходимость ускоренного внедрения системы фирменного технического сервиса машин и оборудования.

В процессе эксплуатации тракторов осуществляется их взаимодействие как объекта управления с динамическими нагрузками при выполнении технологических операций, природно-климатическими, эксплуатационными, организационными условиями, с одной стороны, и техническая эксплуатация – с другой, т.е. техника находится под влиянием условий функционирования.

Комплексным, безразмерным показателем условий функционирования тракторов в аграрном производстве является уровень их эксплуатации. Уровень эксплуатации трактора – это состояние их эксплуатации в хозяйстве, который определяется степенью реализации мероприятий технической эксплуатации техники и процентом привлечения тракторов в трудоемкие процессы при их использовании по назначению.

Теоретический уровень эксплуатации трактора может меняться от 0 до 1. При этом, 1 – соответствует состоянию эксплуатации трактора, при котором расход ресурса минимален, т.е. степень реализации обобщенных факторов технической эксплуатации соответствует требованиям ГОСТ и трактор выполняет работы с наименьшим удельным сопротивлением; 0 – теоретический, соответствует состоянию эксплуатации трактора, при котором расход ресурса максимален, т.е. техническая регулировка трактора не выполняется и трактор выполняет работы с максимальным удельным сопротивлением [3].

В ситуации, когда цены на новые трактора непомерно растут, количество техники в аграрном производстве снижается, решением назревшей проблемы является повышение эффективности их использования, что приведет к снижению себестоимости продукции сельского хозяйства и повысит ее конкурентоспособность.

Повышение эффективности эксплуатации тракторов непосредственно связано с оценкой их условий функционирования в хозяйствах АПК и разработкой мероприятий по его улучшению. Условия функционирования техники оцениваются комплексным безразмерным показателем – уровнем эксплуатации. Состояние технической эксплуатации тракторов и процент привлечения трактора к различным видам сельскохозяйственных работ, которые в свою очередь характеризуются разными удельными сопротивлениями агрегатов, определяют величину расхода ресурса агрегатов и систем.

Повышение эффективности эксплуатации тракторов в различных условиях их использования основаны на установлении закономерностей изменения показателей надежности тракторов от уровня эксплуатации с учетом состояния техники. С увеличением уровня эксплуатации тракторов существует тенденция к увеличению показателей надежности тракторов, а расход ресурса двигателя уменьшается [4].

Расход ресурса трактора является важным показателем надежности, который зависит от уровня эксплуатации трактора. Исходя из исследований можно сделать следующие выводы, при увеличении уровня эксплуатации от 0,5 до 1,0 коэффициента готовности повысится от 0,592 до 0,94, т.е. на 37 %; коэффициент использования увеличится от 0,58 до 0,92, т.е. на 36,9 %; расход ресурса уменьшится на 36%.

Процесс использования трактора связан с воздействием на него различных факторов, под влиянием которых состояние техники постоянно будет меняться. В связи с этим проблему повышения эффективности использования тракторов следует рассматривать с точки зрения проектирования процесса обеспечения работоспособности техники с учетом условий их функционирования.

Поскольку условия функционирования оказывают влияние на технико-экономические показатели тракторов через снижение затрат времени и средств на устранение отказов и от простоев, учет уровня эксплуатации их, при оптимизации сроков ремонта и службы, имеет важное значение.

При выполнении сельскохозяйственных работ на состояние технического обслуживания агрегатов трактора оказывают влияние различные условия, которые определяют технико-экономические и эксплуатационные показатели [5].

Исходя из литературного анализа и фактического состояния использования тракторов видно, что состояние технического обслуживания тракторов определяется: природно-климатическими, техническими и производственными условиями.

Природно-климатические условия определяются рельефом местности; количеством осадков в году и средней температурой; видом (связностью) почвы. Рельеф местности характеризуется изрезанностью поля, наличием склонов и препятствий, при этом трактор работает с переменными нагрузками, что провоцирует возникновение усталостных напряжений в сварных швах, ослабление креплений, разрегулировку деталей, узлов и других конструктивных элементов. В зависимости от рельефа местности будут меняться интенсивность расхода ресурса систем и агрегатов. Количество осадков в году и средняя температура воздуха характеризуют его влажность. Они могут быть также определены гидротермическим коэффициентом.

Гидротермический коэффициент – это отношение количества осадков к суммарной температуре за этот же период времени. Коэффициент 0,8 соответствует засушливой зоне, от 0,9 до 1,3 – зоне нормальной влажности, и больше 1,3 – зоне повышенной влажности. Повышенная влажность воздуха способствует коррозии деталей и узлов трактора и приводит к повышенному расходу ресурса.

Вид (связность) почвы в комплексе с влажностью характеризуют запыленность воздуха. Запыленность воздуха считается критической, если в одном кубическом метре воздуха находится пыли в количестве от 0,3 до 0,6 г.

Запыленность воздуха способствует появлению абразивного износа в подшипниках скольжения, расхода ресурса деталей кривошипно-шатунного механизма и топливной аппаратуры. Таким образом, запыленность воздуха влияет на периодичность технического обслуживания тракторов.

В зависимости от доминирования тех или иных сельскохозяйственных операций будет изменяться работоспособность систем и агрегатов, количество отказов.

На сегодняшний день развитие сельского хозяйства в условиях рыночных отношений, является обостренной проблемой эффективности эксплуатации техники. Основными задачами, стоящими перед исследователями в области эксплуатации тракторов, является обеспечение значительного повышения качества работы, увеличение производительности тракторных агрегатов, снижение затрат на единицу произведенной продукции.

Результаты исследований показывают, что средние удельные затраты со временем эксплуатации значительно увеличиваются по сравнению с первым годом использования, а производительность снижается.

Установлено также, что длительность использования ряда машин в сельском хозяйстве, как правило, ниже нормативной. Велика трудоемкость работ на поддержание тракторов в работоспособном состоянии.

Библиографический список

1. Гайдар, С.М. Подходы к определению технического состояния транспортных средств / С.М. Гайдар, Ю.А. Заяц, Т.М. Заяц, А.О. Власов // Грузовик. – № 5. – 2015. – С. 27-30.

2. Кравченко, И.Н. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации / И.Н. Кравченко, С.М. Гайдар, Л.В. Жуков, П.Г. Ларин // Фундаментальные исследования. – № 3-2. – 2014. – С. 262-266.

3. Гайдар, С.М. Обеспечение износостойкости узлов трения / С.М. Гайдар, Е.А. Петровская // В сборнике: Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. Сборник статей Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА. – 2016. – С. 99-102.

4. Гайдар, С.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий / Гайдар С.М.: дис. на соиск. учен. степ. докт. техн. наук (05.20.03) / Гайдар Сергей Михайлович; ФГБОУ ВПО МГАУ. – Москва, 2011. – 433 с.

5. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий / С.М. Гайдар, В.Н. Свечников, А.Ю. Усманов, М.И. Иванов // Труды ГОСНИТИ. – № 1. – Т. 111. – 2013. – С. 4-8.

УДК 631.3.004.67

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ В РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Чванов Константин Григорьевич, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Ярина Светлана Геннадьевна, старший преподаватель кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Возможные пути защиты окружающей среды от загрязнений производственными стоками заключаются в выборе рациональных методов регенерации отработанных растворов, дальнейшее их совершенствование применительно к конкретным условиям, с учетом состава загрязнений и их содержания.*

Ключевые слова: *отстаивание, центрифугирование, фильтрация, ультрафильтрация, гиперфильтрация, коагуляция, электрокоагуляция, электрофлотокоагуляция.*

Очистка отработанных моющих растворов главная составляющая предприятия технического сервиса, нефтехимической отрасли и предприятий АПК, для предотвращения загрязнения окружающей среды. Загрязненные моющие растворы приводят к перерасходу электроэнергии и воды, что сказывается на платежеспособности предприятия по этим видам услуг.

Наиболее распространённые способы очистки отработанных моющих растворов это отстаивание, центрофугирование, фильтрация, коагуляция, электрокоагуляция, электрофлотокоагуляция и т.д.

Один из самых распространенных методов является отстаивание. Большинство моечных машин оборудовано баками-отстойниками для очистки моющего раствора. Нефтепродукты в баках всплывают на поверхность раствора, а твердые частицы оседают на дно. Удаление всплывших загрязнений производится переливом верхнего слоя через специальную перегородку. Данные отложения удаляются 1...4 раза в месяц после слива моющего раствора. При такой схеме очистка моющих растворов производится крайне неудовлетворительно. Объясняется это образованием в нем устойчивых эмульсий и суспензий под влиянием высокоэффективных моющих средств технического значения (ТМС). При этом отстаивание осуществляется в беспорядочно движущемся растворе. В результате в душевые системы моечных машин поступает раствор, в котором содержатся твердые частицы размерами 50...100 мкм.

Лучше результаты получают путем разделения потока очищаемого отстаиванием раствора на тонкие слои. Применение тонкослойного отстаивания позволяет сократить занимаемые отстойниками площади в 10 раз.

Условия очистки растворов отстаиванием улучшаются при применении на ремонтных предприятиях центральных растворных пунктов (ЦРП). В состав ЦРП входят баки для приготовления, подогрева, хранения и очистки растворов. Загрязненный раствор из баков моечных машин направляется в ЦРП, где очищается в отстойниках. Благодаря большим объемам баков, длительности пребывания раствора в них, отсутствию интенсивного движения раствора степень очистки значительно повышается, улучшаются условия удаления осадка и нефтепродуктов. Вместе с тем ЦРП имеют существенные недостатки, к которым можно отнести следующие:

- необходимость иметь большой запас неиспользуемого раствора,
- необходим, как минимум, один запасной бак.

Многokратное ускорение процесса седиментации может быть достигнуто в центробежных устройствах, которые очень широко применяются для разделения фаз самых разнообразных жидких дисперсных систем [1, 2]. При центробежной очистке на частицы загрязнений действуют центробежные силы. Отношение ускорения поля центробежных сил к ускорению свободного падения называется фактором разделения центробежного устройства. Сила воздействия на удаляемые при центробежной очистке частицы загрязнений возрастают в число раз, равное фактору разделения.

Наиболее простыми устройствами, применяемыми при центробежной очистке моющих растворов, являются гидроциклоны. Они представляют собой цилиндрические резервуары с коническим дном. Очищаемая жидкость подается в цилиндрическую часть гидроциклона по касательной со скоростью 2...3 м/с, что обеспечивает медленное вращение жидкости в гидроцилиндре. Благодаря вращению загрязнения собираются в центральной части, что облегчает их удаление.

Исследования показали, что гидроциклоны имеют серьезные недостатки по сравнению с положительными сторонами. Так при работе гидроциклонов имеют место значительные потери раствора (свыше 5% от общего объема), причем с повышением степени очистки потери растут. Степень очистки даже у самых совершенных гидроциклонов невысокая, целесообразно их применение при механизации процесса удаления наиболее крупных частиц загрязнений (свыше 50 мкм).

Для очистки жидкостей применяются аппараты, использующие процесс фильтрования. Однако, несмотря на большое разнообразие аппаратов, они не нашли широкого применения для очистки моющих растворов из-за присущих данному методу следующих основных недостатков:

Быстрое забивание фильтрующих элементов ведущего к увеличению гидравлического сопротивления; трудность (или невозможность) восстановления пропускной способности фильтрующих элементов; относительно высокая стоимость процесса; снижение концентрации ПАВ.

Применение фильтрования для очистки моющих растворов осложняется также и тем, что ПАВ резко снижают пропускную способность фильтров. Например, как экспериментально установлено А.М. Гетмановым, пропускная способность капроновой сетки для моющего раствора в 47 раз ниже, чем для чистой воды.

Из всех методов фильтрования единственным методом, широко применяемым для очистки моющих растворов, является процеживание, то есть пропускание раствора через сетки решетки.

Процеживание предназначено для предотвращения попадания в насос (и далее в душевую систему) прокладок, ветоши, волокон, крупных частиц загрязнений. Размеры отверстий сеток для процеживания составляют несколько миллиметров. Назначение процеживания состоит не в увеличении срока службы раствора, а в предохранении от забивания систем, по которым циркулирует моющий раствор.

Одной из разновидностью методов очистки жидкостей, основанных на фильтровании, является гипер- или ультрафильтрация.

Под гиперфильтрацией понимают фильтрование жидкостей под давлением через специальные полупроницаемые мембраны, пропускающие молекулы воды и полностью или частично задерживающие молекулы или ионы растворенных веществ. Следует отметить, что мембраны повреждаются твердыми частицами и работают при относительно высоком давлении. Особое место при анализе

способов регенерации моющих растворов следует отнести к очистке методом коагуляции. Процесс коагуляции протекает под воздействием вводимых в очищаемую жидкость реагентов (коагулянтов) [2]. Исследования при очистке моющих растворов, проведенные В.В. Бабковым, показали высокую эффективность метода коагуляции по отношению к взвешенным частицам и нефтепродуктам. Растворы очищались смесью коагулянтов FeSO_4 и $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в соотношении 1:1. Содержание взвешенных веществ и нефтепродуктов после очистки составило соответственно 30...40 мг/л и 50...60 мг/л. Применение такого способа позволяет повторно использовать раствор после добавления примерно 40% моющего средства по сравнению с рекомендуемой концентрации ТМС.

В последнее время большее применение нашли электрохимические методы очистки моющих растворов. Различают несколько способов электрокоагуляция, электрофлотация.

Очистка жидкостей методом электрокоагуляции основана на их обработке постоянным электрическим током с использованием металлических (стальных и алюминиевых) электродов, подвергающихся электрохимическому растворению. Металл анодов под действием постоянного тока ионизируется и переходит в очищенный раствор. Образующиеся в водном растворе гидроксиды алюминия или железа, как и при химической коагуляции, захватывают в свою структуру и адсорбируют на своей поверхности мелкодисперсные и коллоидные примеси, которые затем осаждаются. Количество металла, растворяющегося в единицу времени, пропорционально силе рабочего тока.

Исследование процесса электрокоагуляции применительно к очистке моющих растворов проведено С.Н. Уховым. Электрокоагуляционная установка представляет собой металлический бак прямоугольной формы длиной 0,8 м, шириной 0,5 м, высотой 1 м. он снабжен крышкой, на электроизоляционном основании которой крепятся электроды прямоугольной формы размером 0,5x0,3м на листовой стали 20 толщиной 2мм. Они собраны в два пакета по пять электродов в каждом производительность установки – 0,7м³/ч, потребляемая мощность – 3кВт. Для очистки применяли моющий раствор МС-8 с концентрацией порошка 15г/л. Концентрация взвешенных веществ до очистки 8,3...9,1 г/л, после очистки – 0,04... 0,05 г/л концентрация нефтепродуктов соответственно 6,5...7,8 и 0,055...0,059 г/л, объем осадка – 5...7% от общего объема раствора .время обработки моющего раствора около 40 минут.

Очистка производится во время остановки моечной машины. Загрязненный раствор подается в электрокоагулятор (рис. 1). после обработки он стекает в бак-отстойник моечной машины, где скоагулированные загрязнения оседают в грязесборник. Через час работы электрокоагулятора полярность тока меняют. После окончания очистки для восстановления моющей способности в раствор добавляют 25...30% моющего средства.

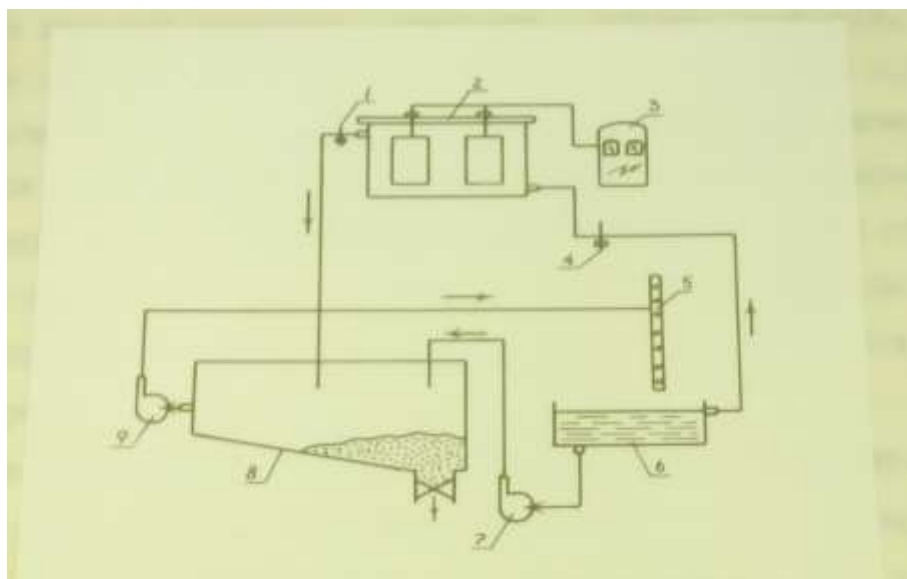


Рисунок 1– **Схема электрокоагуляционной установки:**

- 1, 4 – вентили для отбора проб; 2 – электрокоагулятор; 3 – источник постоянного тока;
5 – гидрант; 6 – поддон; 7,9- насосы; 8 – бак-отстойник

Сдерживающим фактором внедрения метода электрокоагуляции является расход металла и электроэнергии. Теоретически для растворения 1 г железа и 1 г алюминия расходуется соответственно 3 и 12Вт·ч электроэнергии. Фактический расход электроэнергии оказывается более высоким вследствие затрат на нагрев воды, поляризацию электродов, преодоление электрического сопротивления окисных пленок, образующихся на поверхности электродов и их механического загрязнения (пассивации электродов).

Одним из перспективных направлений в области электрохимической очистки жидкостей является электрофлотация с нерастворенными электродами. При электрофлотации электролитически полученные газовые пузырьки, всплывая в объеме жидкости, взаимодействуют с частицами загрязнений, в результате чего происходит их взаимное слипание, обусловленное уменьшением поверхностной энергии флотируемой частицы и пузырьке газа на границе раздела фаз «жидкость-газ». Плотность получаемых при этом агрегатов меньше плотности воды, что обуславливает их флотирование на поверхность жидкости. Образующуюся пену удаляют с поверхности раствора.

Эффективность очистки достигает: по нефтепродуктам – до 90%, взвешенным веществам – до 70%, ПАВ могут быть удалены на 50-60%.

Продолжительность электрофлотационной обработки загрязненных жидкостей в зависимости от вида загрязнений может варьироваться в достаточно широких пределах (от нескольких минут до 30...40 минут), при этом расход электроэнергии составляет 0,1...1 кВт·ч/м³.

Конструкции аппаратов для электрофлотационной очистки достаточно просты. Разработано значительное количество электрофлотаторов, различающихся в основном конструкцией электродной системы. Сотрудниками Кишиневского политехнического института разработан оптимальный вариант

электрфлотатора с секционированной рабочей емкостью (рисунок 2). аппарат состоит из корпуса 1, в нижней части которого расположен электродный блок (анод 2, катод 3), имеющий некоторый наклон, для удаления из межэлектродного пространства осаждающихся частиц. Обрабатываемая жидкость поступает в приемную секцию 4, из которой переливается в рабочую секцию 5. Здесь жидкость насыщается пузырьками газа, выделяющимися на электродах 2 и 3. Пузырьки прилипают к частицам загрязнений и флотируют на поверхность жидкости, где образуется пена 6. Пену удаляют скребковым транспортером.

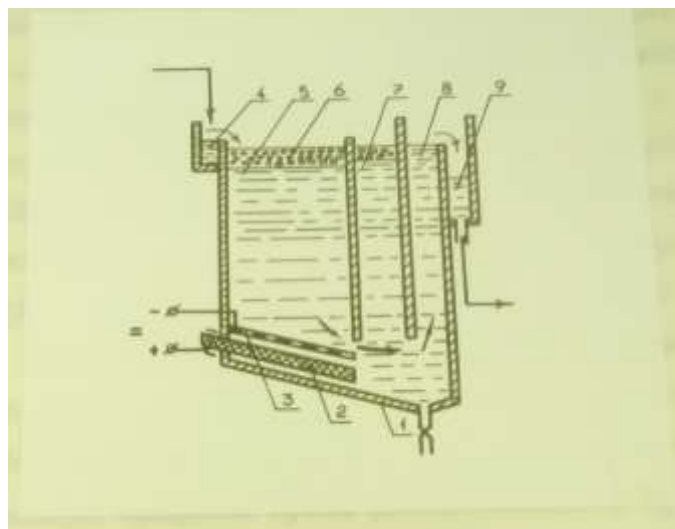


Рисунок 2 – Принципиальная схема электрофлотационного аппарата непрерывного действия

Из рабочей секции жидкость переходит в дополнительную без-электродную секцию 7, которая предназначена для того, чтобы жидкость полностью освободить от пузырьков газа. В этой секции всплывают взвешенные частицы с прилипшими пузырьками, которые не всплыли в рабочей секции. В результате жидкость из аппарата через секцию 8 и 9 выходит без газовых пузырьков и без взвешенных веществ.

Поэтому метод электрофлотации не всегда обеспечивает требуемую степень очистки загрязненных жидкостей, что вызывает необходимость интенсификации процесса путем дополнительного применения коагулянтов. Более перспективным в настоящее время являются комбинированные системы, включающие наряду с электрофлотацией, использование других электрохимических процессов: электрокоагуляции, электроокисления. Комбинированное действие этих процессов приводит к высокой степени очистки загрязненных вод от различных диспергированных и растворенных примесей, превышающей эффект обработки воды солевыми коагулянтами.

Библиографический список

1. Чванов, К.Г. Изменение физико-химических свойств моющих растворов в процессе работы и накопление загрязнений / К.Г. Чванов, И.А. Ровенко // Сборник научных трудов, аспирантов, магистров и студентов. М.; ФГОУ ВПО МГАУ, – 2012. – С. 218.

2. Чванов, К.Г. Динамика накопления загрязнений водными растворами на основе ТМС на ремонтных предприятиях технического сервиса / К.Г. Чванов, И.А. Ровенко // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2011. – С. 3-4.

УДК 631.3

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Чепурин Александр Васильевич, доцент кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Сложеникина Ирина Сергеевна, инженер кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Разработаны принципы исследования транспортировки, как логистической деятельности применение которых позволяет сформировать методологическую основу для исследования процессов управления логистическими транспортными потоками с учетом отраслевых особенностей.

Ключевые слова: логистическая система, аутсорсинг, технический сервис, управление логистическими транспортными процессами.

В российских источниках наиболее часто встречается определение: «Логистическая система – это адаптивная система с обратной связью, выполняющая те или иные логистические операции и функции. Она, как правило, состоит из нескольких подсистем и имеет развитые связи с внешней средой».

Логистическая сеть представляет собой совокупность логистической системы и сети администрирования, которая, в свою очередь, формируется организацией для осуществления своей логистической тактики.

Свойствами, которыми обладает логистическая система, как и любая другая система, является:

- членимость и целостность (для реализации потенциальной способности к совместной работе и объединению элементы системы обязаны работать как единое целое);
- взаимосвязанность (логистической системе свойственны различного вида связи (организационные, технологические, производственные), которые в наибольшей степени значимы, чем элементы, которые оказались вне этой

системы);

- организованность совокупности элементов (возможность в будущем создавать объединения и взаимосвязи);
- интегративные качества (система как единое целое проявляет качества, которыми элементы информационных и материальных потоков, объединяемых в логистическую систему, по отдельности не обладают);
- сложность (данному свойству характерны такие признаки как присутствие большого количества звеньев или элементов, многофакторный характер взаимодействия между отдельными звеньями);
- иерархичность (подчинение звеньев или элементов низкого уровня звеньям или элементам более высокого уровня; это непосредственно касается функционального или линейного логистического управления);
- эмерджентность (способность выполнять целевую функцию в целом логистической системой, а не отдельными ее элементами или подсистемами).

Внешняя логистическая система снабжения, которую часто называют логистической системой снабжения (закупок) фирмы-производителя состоит из логистической структуры, которая в свою очередь состоит из элементов логистической системы, выполняющих различные логистические функции и операции по складированию, хранению, транспортировке, грузопереработке, совместно с товаропроводящей сетью поставщиков или ее частями.

Стандартные задачи, которые выделяют во внешней логистической системе это:

- а) оптимизация затрат, связанных с логистическими операциями отдельных звеньев логистической системы и общих затрат;
- б) сокращение времени доставки готовой продукции и материальных ресурсов;
- в) управление запасами готовой продукции и материальных ресурсов;
- г) обеспечение высокого уровня качества сервиса.

Управление транспортной логистикой, в первую очередь, решает комплекс задач, которые усиливают согласованность действий прямых участников транспортного процесса, а именно:

- снабжение технического соответствия участников транспортного процесса. Под техническим соответствием понимают согласованность параметров транспортных средств, которая позволяет работать с пакетами и контейнерами;
- согласование экономических интересов участников транспортного процесса;
- применение единых систем планирования (применение и разработка планов-графиков для разных видов транспорта).

Возможно, применить различные варианты управления логистическими системами, такие как:

- изменение традиционных способов консолидации грузов;
- выполнение операций на близкорасположенных складах;

- осуществление новых видов услуг по распределению и сбору грузов объединение систем производителя и поставщиков, что получилось в результате стремления иметь логистическую систему с более низким уровнем запасов товарно-материальных ценностей на дальние линии снабжения, но с высоким уровнем обслуживания.

Организация операционной логистической деятельности предприятий транспорта является важным фактором издержек, связанных с доставкой товаров потребителю, следовательно, влияет на стоимость товаров и услуг [1, 2].

Следует заметить, что экономический кризис замедлил развитие логистики в России, но крупные логистические компании остались на плаву. Развитие логистики является существенным фактором современной трансформации цепей поставок, которая определяется эмпирической подвижностью экономического состояния сферы товарного производства и торговли. В данный момент ситуация стабилизируется. Наблюдается увеличение объема логистических услуг, передаваемых на аутсорсинг [3]. В последние годы все большее распространение в системе логистики транспортного обслуживания клиентов получает так называемая «логистика третьей стороны».

Главным критерием внедрения аутсорсинга выступают сокращение издержек, а также повышение качества предоставляемых услуг. Аутсорсинг бизнес-процессов основан на применении информационных технологий управления [3].

Одним из вариантов решения задачи выбора организатора цепочки поставок, особенно, в условиях малых городов, может служить возложение функции ее организатора на автотранспортную компанию. Реализация качественно новых управленческих решений путем улучшения количественных и качественных показателей деятельности логистических систем способна предоставить комплексность услуг по сопровождению материального и сопутствующих потоков [4, 5].

Приведем факторы, воздействующие на получение высоких показателей при управлении транспортировкой автотранспортными компаниями:

- ведущая роль в цепочке поставок автомобильным транспортом в силу его главного преимущества – доставка груза «от двери до двери»;
- преобладание автомобильного транспорта в сложившейся структуре перевозок грузов транспортом общего пользования (79%), что вызвано таким преимуществом для грузоотправителя, как экономия времени;
- высокая коммерческая скорость движения грузов (в Европе, где перевозится автотранспортом около 80 % всех грузов, составляет 1-2 дня);
- транзакционный характер большей части управления транспортировкой, что облегчает документирование процессов доставки грузов конечному потребителю.

Таким образом, транспортировка, как важнейшая составляющая операционной логистической деятельности, в современных условиях трансформируется в транспортный сервис. Предложенное авторское определение понятия транспортного сервиса, приобретающего характер

комплексной услуги по доставке грузов, его индивидуализация, высокая скорость реагирования на изменение спроса приобретают в условиях экономических санкций все большее значение.

Основой решений должно быть современное понимание актуальности формирования новых технологий, всемерной поддержки малого и среднего бизнеса, в том числе в сфере транспорта, где различие в качестве обслуживания клиентов превращается в ключевой фактор.

Библиографический список

1. Кушнарев, Л.И. Особенности и направления совершенствования системы технического сервиса машин в АПК / Л.И. Кушнарев, Е.Л. Чепурина, А.В. Чепурин. // Наука без границ. – № 4 (21). – 2018. – С. 58-66.

2. Чепурина, Е.Л. К обоснованию создания фирменной системы инженерно-технического сервиса машин и оборудования / Е.Л. Чепурина, А.В. Чепурин, С.Л. Кушнарев. // Международный технико-экономический журнал. – № 2. – 2019. – С. 41-47.

3. Кравченко, И.Н., Чепурин, А.В. Аутсорсинг – одно из современных направлений управления бизнес процессом / И.Н. Кравченко, А.В. Чепурин. // Международный научный журнал. – № 1. – 2009. – С. 31-34.

4. Чепурин, А.В. Организация технического сервиса импортных автомобилей. / А.В. Чепурин. // Технический сервис машин. – № 2 (135). – 2019. – С. 12-18.

5. Чепурин, А.В. Анализ организации технического сервиса импортных автомобилей. / А.В. Чепурин. // В сборнике: Доклады ТСХА Материалы международной научной конференции. – 2018. – С. 255-257.

УДК 631.3

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Чепурина Екатерина Леонидовна, доцент кафедры инженерная и компьютерная графика, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Работа направлена на повышение эффективности производственно-хозяйственной деятельности инженерно-технических служб (ИТС), занятых обеспечением работоспособности технологических машин и оборудования ферм и комплексов молочного животноводства.

Ключевые слова: технологические машины, оборудование, технический сервис, инженерно-техническая служба, работоспособность, безотказность.

Для многих жителей нашей страны молоко и молочные продукты основной источник белковой пищи. Повышение качества молока также актуально, как и увеличение его производства. Более половины сырья сегодня не отвечает требованиям переработки. Только качественное молоко полезно для здоровья.

В настоящее время получаемый валовой надой молока обеспечивает потребление молока и молочной продукции российского производства население на уровне около 60% (рис. 1). Значительная часть молока и молочной продукции импортируется. Поэтому, увеличение объемов производства молока – одна из важнейших задач сельскохозяйственного производства страны [1].

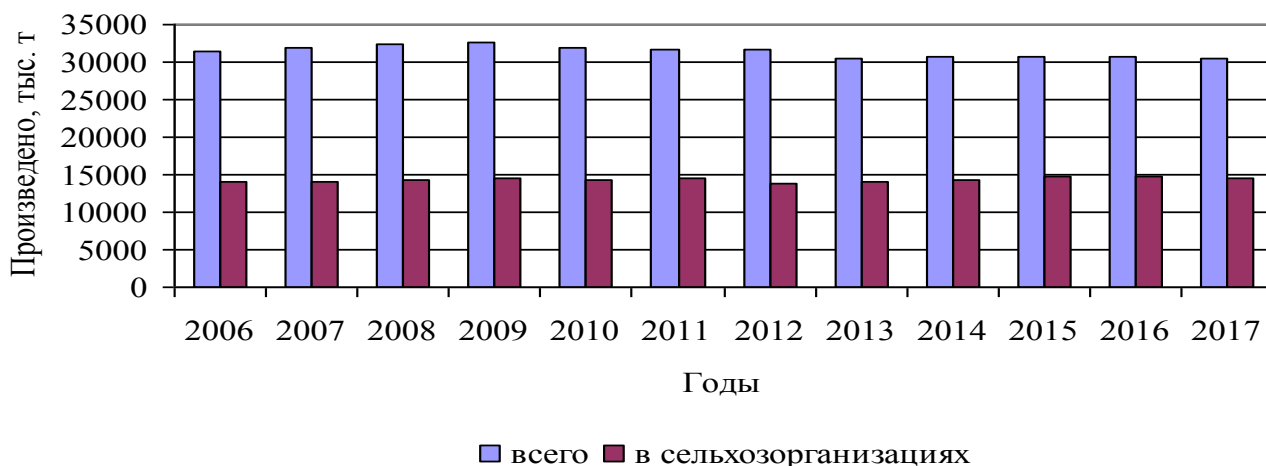


Рисунок 1 – Динамика производства молока в РФ, тыс. т

Для полного удовлетворения потребности населения страны в молоке и молочных продуктах необходимо обеспечить ряд мер связанных не только с увеличением поголовья дойного стада и его продуктивности, но и улучшением уровня комплексной механизации технологических процессов на фермах крупного рогатого скота .

В настоящее время в хозяйствах РФ эксплуатируются около 55 тыс. доильных установок, 24 тыс. емкостей для охлаждения молока, 40 тыс. кормораздатчиков, 153 тыс. навозоуборочных транспортеров, 1400 убойных цехов и убойно-санитарных пунктов (рис. 2) [1].

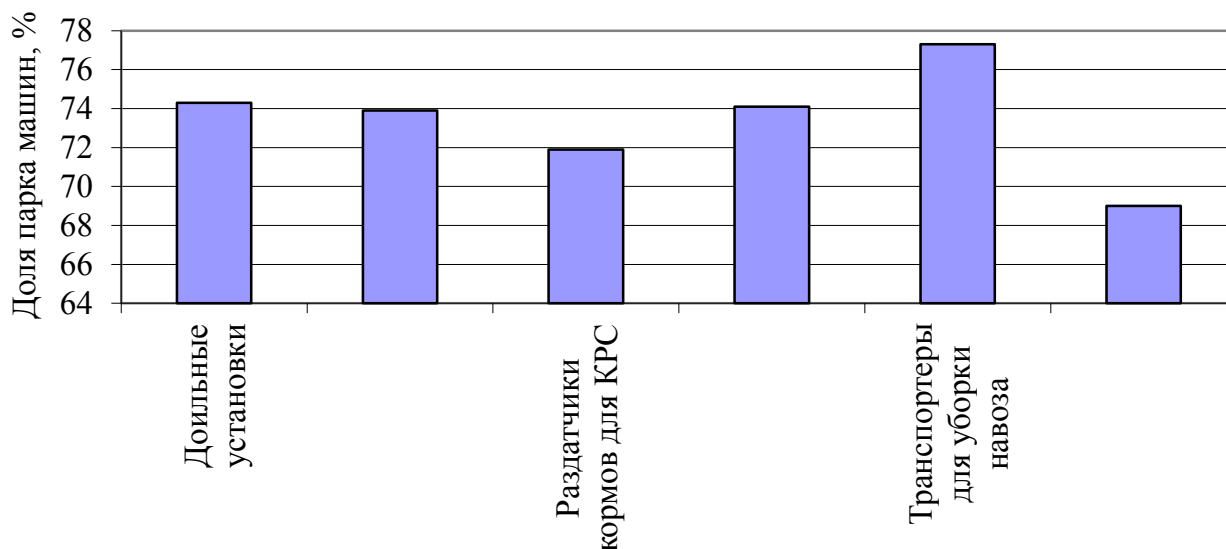


Рисунок 2 – Доля парка машин и оборудования животноводства, эксплуатируемых за пределами срока службы

Уровень комплексной механизации на действующих фермах крупного рогатого скота составляет 55-60%. Практически полностью механизированы доение коров и поение скота. Уровень механизации раздачи кормов и уборки навоза составляет, соответственно, 64 и 88%. Отставание уровня механизации раздачи кормов объясняется тем, что данный технологический процесс в отличие от процессов доения и удаления навоза больше зависит от планировочных решений животноводческих помещений, состава рациона, технологии заготовки и хранения кормов. Технической базой для механизации технологических процессов на фермах крупного рогатого скота является серийная техника, предусмотренная Системой машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства. Однако большинство машин и оборудования для сельского хозяйства не выпускается, значительно свернуто производство многих машин и оборудования для животноводства. Практически на сегодняшний день половина парка основных видов техники в сельхозпредприятиях выработала нормативный срок [2].

Дальнейшее повышение уровня комплексной механизации будет осуществляться на основе новых, наиболее совершенных технологий и внедрения новых, более производительных технических средств.

Исправное состояние технологических машин и оборудования характеризуется его способностью обеспечивать заданные технические характеристики в течение определенного времени функционирования. Основой обеспечения работоспособности машин и оборудования молочного животноводства и восстановления их исправного состояния и основных характеристик является установленная плано-предупредительная система технического обслуживания и ремонта (ППСТОР).

Основной целью ППСТОР является управление техническим состоянием технологических машин и оборудования в течение всего срока их службы (или ресурса до списания). Требуемый высокий уровень их исправности и готовности к использованию по назначению позволяет обеспечить работоспособность машин в процессе эксплуатации при минимальных затратах времени и материальных средств на выполнение их технического обслуживания и ремонта.

Мероприятия и операции технического обслуживания и ремонта носят плано-предупредительный характер и являются важной и основной частью функций инженерно-технического обеспечения использования машин и оборудования по назначению (технического сервиса).

Своевременное и качественное проведение плановых мероприятий и операций по техническому обслуживанию и текущему ремонту обеспечивают высокий уровень работоспособности машин и оборудования и бесперебойности технологических процессов производства продукции, что особенно важно в условиях молочного скотоводства.

При этом ремонтно-эксплуатационная база животноводческих ферм и комплексов потребителей техники должна оперативно обеспечивать выполнение работ по техническому обслуживанию и устранению последствий отказов в процессе непосредственного использования машин.

Сложные ремонтно-восстановительные работы целесообразно выполнять на базе сторонних предприятий технического сервиса [2].

Основой эффективного функционирования ИТС молочных хозяйств является организационно-технологическое проектирование и применение перспективных оценочных критериев ее деятельности. Проектирование деятельности ИТС хозяйств осуществляется в следующей последовательности.

1. Определить виды и объемы работ по техническому сервису машин и оборудования животноводства. Плановые виды ремонтно-обслуживающих работ определяются исходя из интенсивности использования машин и установленной периодичности. Неплановые – на основе установившегося для конкретных условий эксплуатации техники потока отказов по группам сложности.

2. Полученные виды и объемы работ по ТО и ремонту машин и оборудования распределяются между их исполнителями с учетом ремонтосложности, специализации работ, ремонтно-эксплуатационной базы и технико-экономических критериев.

3. На основе приходящихся на ИТС хозяйства объемов работ по ТО и ремонту машин и оборудования определяются: квалификационный и численный состав персонала ИТС, площадь производственных и вспомогательных помещений, потребности в основном ремонтно-технологическом оборудовании, оснастке и приспособлениях.

4. Определяются потребности во всех видах производственно-технических ресурсов, необходимых для проведения качественного и своевременного технического сервиса машин и оборудования животноводства: запчасти и ремтехматериалы, обменный фонд узлов и агрегатов, электроэнергия и т.д.

5. Устанавливаются главные критерии оценки деятельности ИТС, в качестве которых целесообразно использование коэффициента готовности (исправности) технологических машин и оборудования животноводства.

6. Оформляется проект рациональной организации производственной деятельности ИТС. Результаты и критерии оценки доводятся до коллектива ИТС. Устанавливается порядок стимулирования деятельности ИТС за безотказность оборудования и заключается внутривладельческий договор между основным структурным подразделением хозяйства и ИТС.

Практическая реализация результатов исследования позволяет снизить объемы неплановых ремонтных работ на 25-30%, обеспечить экономию прямых затрат денежных средств на запчасти, материалы и другие производственно-технические ресурсы; обеспечить своевременность и высокое качество работ по техническому сервису, что позволяет исключить простои машин и оборудования животноводства, повысить качество и эффективность производства и первичной переработки молочной продукции [3, 4].

Таким образом, в основу эффективной производственно-технологической деятельности ИТС молочного животноводства целесообразно положить проектирование рациональной организации технического сервиса животноводческих машин и оборудования. А в качестве оценочных критериев

деятельности служб применять коэффициент готовности (исправности) технологических машин и оборудования.

Библиографический список

1. Концепция развития технического сервиса животноводства на период до 2005 года. – Подольск: ВНИИМЖ, – 1998.

2. Техническая эксплуатация сельскохозяйственных машин (с нормативными материалами). – М.: ГОСНИТИ, – 1993.

3. Кушнарев, Л.И. Модернизация системы технического сервиса агропромышленного комплекса / Монография. / Л.И. Кушнарев, Е.Л. Чепурина, С.Л. Кушнарев, А.В. Чепурин, В.М. Корнеев // Под редакцией Л.И. Кушнарева. М.: МЭСХ. – 2015. – 440 с.

4. Чепурина, Е.Л. Организация инженерно-технической службы в молочном животноводстве / Е.Л. Чепурина, А.В. Чепурин, Д.Л. Севостьянова // Сборник: «Лучшая научно-исследовательская работа 2017». Сборник статей «X Международного научно-практического конкурса». Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. – 2017. – С. 23-29.

УДК 502/504:631.347

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Апатенко Алексей Семенович, профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Алеев Валерий Михайлович, инженер технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. В статье рассмотрено понятие «система удалённого мониторинга» транспортно-технологических машин, их классификация и общий принцип действия. Актуальность внедрения и предоставляемые преимущества рассмотренных систем. Рассмотрены новые внедрённые рабочие элементы «системы удалённого мониторинга» транспортно-технологических машин.

Ключевые слова: мониторинг, диагностирование, телематические системы, система удалённого мониторинга оборудования, машины природообустройства, отказ, потери.

В отличие от обычных транспортных машин, которые эксплуатируются на уже подготовленных дорогах, тяжелые машины, такие как экскаваторы, погрузчики, бульдозеры и другие технологические машины, должны

преодолевать сложный рельеф местности и работать в крайне жестких климатических условиях [1]. В связи с этим даже незначительные дефекты, как правило, приводят к преждевременному нарушению работоспособного состояния машины, так же особенностью эксплуатации данной техники является работа вдали от ремонтных баз [2]. При этом осуществлять техническое обслуживание и ремонт такой техники непосредственно на местах ее применения также весьма трудно и дорого. Таким образом, возникла необходимость создания системы дистанционного мониторинга состояния узлов машины (двигателя, системы питания, гидравлической системы и т.д.), причем соответствующую условиям ее эксплуатации, и системе управления. В целом задача сводится к тому, что для снижения потерь от простоев транспортно-технологических машин, необходимо постоянно контролировать их работоспособное состояние.

Диагностика, как единовременный акт, оценивает остаточный ресурс деталей и/или сборочных единиц в момент получения результатов измерения, отражающих прошлые условия его эксплуатации. Мониторинг же означает постоянное наблюдение, при котором диагностирование агрегатов производится с необходимой частотой (постоянно), а результаты диагностирования должны отражать непрерывную последовательность состояний деталей и/или сборочных единиц в примыкающих интервалах времени [3].

Постоянный мониторинг машин обеспечивает минимальные интервалы диагностирования, чтобы не пропустить аварийную ситуацию, вызванную резким изменением контролируемых параметров машины (агрегата), не только вследствие износа, но, прежде всего, нарушением правил эксплуатации, из-за отрицательного влияния человеческого фактора. Отсюда становится ясным, что мониторинг машин (агрегатов) целесообразно осуществлять электронными системами в автоматическом режиме [3].

Это требует разработки соответствующей методологии создания систем электронного (цифрового) мониторинга, которые по минимальной совокупности датчиков позволяют диагностировать и в какой-то мере прогнозировать состояние диагностируемых агрегатов с необходимой достоверностью.

В настоящее время, все больше внимания уделяется разработке интеллектуальных устройств мониторинга состояния машин и оборудования.

Современные системы удалённого мониторинга – это информационные системы, обеспечивающие доступ к информации о местоположении машины, мгновенному и часовому расходу топлива и множеству других параметров ее эксплуатации и/или, в том числе с контролем достижения ее предельных состояний. Применение данной системы значительно повышает эффективность технической эксплуатации машин природообустройства.



Рисунок 1 – Концепция системы удалённого мониторинга «Cat Product Link»

Основные преимущества работы системы удаленного мониторинга машин:

- непрерывная диагностика параметров и показателей машин;
- возможность выявления проблемы (неисправностей на ранней стадии ее возникновения);
- планирование работ по техническому обслуживанию и ремонту машин.

Общий принцип действия подобных систем: во время работы машины условный датчик контролирует изменение состояния детали (системы) и передает сигнал в бортовой контроллер, который передает их на сервер диспетчерской службы, где вся информация обрабатывается оператором. В этой программе формируются выходные данные, позволяющие одному или нескольким операторам, в режиме реального времени контролировать состояние параметров большого количества машин.

Системы мониторинга и диагностики, в том числе удаленного мониторинга можно классифицировать по следующим признакам:

- ✓ типу используемых методов неразрушающего контроля;
- ✓ величине риска пропуска внезапного отказа;
- ✓ объему выявляемых неисправностей;
- ✓ быстродействию;
- ✓ числу измерительных каналов;
- ✓ способу опроса датчиков;
- ✓ архитектуре;
- ✓ типу используемого анализатора сигналов;
- ✓ типу индикатора состояния;
- ✓ типу управления.

За рубежом и в нашей стране работы над подобным оборудованием не только ведутся, но и используются, к примеру, компании Digital Instincts Teknologi (DIT) и Trakindo Caterpillar уже работают над созданием системы удаленного контроля двигателя для тяжелого карьерного гидравлического экскаватора Cat 6030 компании Caterpillar. Данная система предоставляет организации, эксплуатирующей такую технику, самые разнообразные возможности по контролю ее состояния и обслуживанию. В их числе: удаленный мониторинг двигателя, мгновенные отчеты и аварийные уведомления, обновления статистических данных в режиме реального времени и облачный доступ для постоянного мониторинга двигателя экскаватора.

Компанией Caterpillar создана система автоматического управления отвалом машины – AccuGrade. Это решение, подразумевает установку оснащение проводки и гидравлики, а также другого оборудования машины системами интегрированных датчиков различных типов, таких как: ультразвуковые, лазерные, 3D с GPS/ГЛОНАСС или с роботизированным тахеометром. Данной технологией могут быть оснащены бульдозеры, экскаваторы, автогрейдеры, погрузчики с бортовым поворотом [4]. Согласно утверждению производителя, данная система дает возможность увеличить производительность машины на 40%, значительно сокращая при этом затраты на эксплуатацию.

Кроме этого, разработанное компанией Advantech сетевое оборудование (компьютер TREK-570) (рис. 2), оснащен несколькими портами ввода / вывода(I/O) для интеграции систем контроля давления в шинах и систем видеонаблюдения. А использование CAN шины позволяет мгновенно обнаружить проблемы с двигателем и другими системами машины и может работать в широком диапазоне температур $-30...+70$ °С, и обладает высокой устойчивостью к вибрационным нагрузкам и ударостойкостью, превосходя класс 5М3 международного стандарта EN 60721-3-5 [5].



Рисунок 2 – Диагностирующий компьютер TREK-570 для строительно-дорожных машин

С внедрением систем удалённого мониторинга машин природообустройства, возможно получать отчеты о их состоянии практически мгновенно и непрерывно, что позволяет прогнозировать возникновение отказов и своевременно планировать ремонтно-технические воздействия, тем самым существенно повышая эффективность технической эксплуатации и производительности машин.

Анализ полученной статистической информации, изменения состояния деталей (систем) машин при работе системы удаленного мониторинга будет полезен обслуживающим службам, а также должен вызывать несомненный интерес у завода изготовителя исследуемых машин.

Библиографический список

1. Апатенко, А.С. Влияние срока службы машин на их наработку при мелиоративных работах / А.С. Апатенко // В сборнике: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сборник научных докладов XVII международной научно-практической конференции. – 2013. – С. 89-90.

2. Апатенко, А.С. Повышение эффективности эксплуатации технологических комплексов машин на мелиоративных работах. дисс. на соискание учёной степени д.т.н. Апатенко А.С. - М.: ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – 333 с.

3. Науменко, А.П. Теория и методы мониторинга и диагностики: Материалы лекций / А.П. Науменко. – Омск: ОмГТУ, 2017. – 154 с.

4. Система удаленного мониторинга оборудования: информационный материал / URL:https://www.zepelin.ru/services/integrated_solutions/automatic_monitoring/cat-product-link/ «Цеппелин Русланд» (Zeppelin Russland) — сайт официального дилера компании Caterpillar® в Центральном, Северо-Западном, Северо-Кавказском, и Южном федеральных округах Российской Федерации. / 2017 .

5. Севрюгина, Н.С. Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве /Н.С. Севрюгина, А.С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – № 7 (265). – 2019. – С. 35-38.

РАСЧЕТ УЧАСТКА ТО И РЕМОНТА МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА СОВХОЗА АМАНКАРАГАЙСКИЙ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

Тойгамбаев Серик Кокибаевич профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Былинин Сергей Юрьевич, инженер кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье представлена разработанная схема технического обслуживания и диагностирования МТП, что позволяет качественно и в сжатые сроки провести диагностику и ТО техники, устранить обнаруженные неисправности и дать оценку о дальнейшей пригодности машины к эксплуатации.

Ключевые слова: техническое обслуживание; техническая готовность; трактор; автомобиль; техническая эксплуатация.

Техническое обслуживание МТП, а также устранение возникающих в процессе эксплуатации неисправностей, связанных с разборкой узлов и агрегатов, должны проводиться в мастерской или в пункте технического обслуживания на специально оборудованном для этого рабочем месте. Только в этом случае можно обеспечить необходимое качество выполнения работ при наименьших материальных и трудовых затратах. В данной статье не предоставлены расчеты по периодичности, трудоемкости технического обслуживания, которые были рассчитаны, а приводятся более значимые моменты расчетов по определению участка ТО и ремонта машин.

Определение годовой программы технического обслуживания автомобилей.

Количество ЕТО за год $N_{ETO}^Г$, вычисляют по формуле [1]:

$$N_{ETO}^Г = \sum_{i=1}^{i=k} n_{pi}, \quad (1)$$

где n_{pi} – число рабочих дней i -го автомобиля;

k – число автомобилей данной марки.

На примере автомобилей марки КамАЗ, количество ЕТО за год составляет

$$N_{ETO}^Г = 138 + 230 + 199 = 567.$$

Количество устранений мелких неисправностей и ремонтов (УМР) за год $N_{УМР}^Г$, обслуживаний, вычисляют по формуле: $N_{УМР}^Г = (0,75...0,8) \cdot N_{ETO}^Г$. (2)

Для автомобилей марки КамАЗ количество УМР составляет

$$N_{УМР}^Г = 0,8 \cdot 567 = 453,6 \approx 454.$$

Количество ТО-2 за год $N_2^Г$ определяют по формуле:

$$N_2^Г = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} L_{Гi}}{L_2^c}, \quad (3)$$

где L_{Gi} – годовой пробег i -го автомобиля данной марки, км.

Количество ТО-2 за год для автомобилей марки КамАЗ составляет

$$N_2^G = \frac{116500}{11200} \approx 10.$$

Количество ТО-1 за год N_1^G , вычисляют по формуле:
$$N_1^G = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} L_{Gi}}{L_1^c} - N_2^G. \quad (4)$$

Количество ТО-1 за год для автомобилей марки КамАЗ составляет

$$N_1^G = \frac{116500}{2800} - 17 \approx 31.$$

Количество общего диагностирования за год N_{D-1}^G , обслуживаний определяют по формуле:

$$N_{D-1}^G = 1,1 \cdot N_1^G. \quad (5)$$

Для автомобилей марки КамАЗ N_{D-1}^G составляет:
$$N_{D-1}^G = 1,1 \cdot 31 \approx 34.$$

Количество поэлементного диагностирования за год N_{D-2}^G , воздействий, вычисляют по формуле:

$$N_{D-2}^G = 1,2 \cdot N_2^G.$$

(6)

Для автомобилей марки КамАЗ N_{D-2}^G составляет:
$$N_{D-2}^G = 1,2 \cdot 10 \approx 12.$$

Количество сезонных обслуживаний за год N_{CO}^G , обслуживаний, вычисляют по формуле:

$$N_{CO}^G = 2 \cdot A, \quad (7)$$

где A – общее списочное количество автомобилей определенной марки, шт.

Количество сезонных обслуживаний автомобилей КамАЗ за год составляет

$$N_{CO}^G = 2 \cdot 3 = 6.$$

Определение годовой программы технического обслуживания тракторов.

Для определения объёма ремонтно-обслуживающих работ используют несколько методов расчёта в зависимости от того, для проектирования какого уровня ремонтно-обслуживающей базы этот объём требуется выявить.

Таблица 1

Исходные данные для расчёта количества ТО и ремонтов тракторов

№	Марка	Количество	План. годовая наработка на 1 трактор, усл.эт.га	Периодичность ТО и ремонта, усл. эт. га. м. п.				
				КР	ТР	ТО-3	ТО-2	ТО-1
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	МТЗ-80/82	12	395,7	5220	1740	870	435	108,8
2	ДТ-75М	10	38,1	7680	2560	1280	640	160
3	ДТ-175	1	20,6	11400	3800	1900	950	237,5
4	Т-150К	1	151,3	12000	4000	2000	1000	250
5	ВТ-100	1	20,6	9240	3080	1540	770	192,5
6	К-701	3	556,7	19380	6460	3230	1615	403,8
7	Т-70С	9	673,1	6300	2100	1050	525	131,3
8	Т-40	1	88,1	3720	1240	620	310	77,5

Основой всех методов расчёта служат среднегодовая наработка, периодичность проведения ремонтно-обслуживающих воздействий с учётом почвенно-климатических условий работы и ресурс различных видов машин и оборудования.

Число капитальных ремонтов определяют по формуле [2]:

$$N_K = \frac{B_{\Gamma} \cdot n_M}{A_K} \cdot K_3 \cdot \eta, \quad (8)$$

где B_{Γ} – планируемая среднегодовая наработка одного трактора, усл.эт.га; n_M – количество тракторов конкретной марки в хозяйстве, шт.; A_K – периодичность проведения капитального ремонта, усл.эт.га; K_3 – зональный поправочный коэффициент ($K_3=1,07$, [2]); η – коэффициент, учитывающий списание машин и различие наработки до КР новой и отремонтированной машин. Для тракторов $\eta = 0,85 \dots 0,90$.

Произведём расчёт количества капитальных ремонтов для тракторов МТЗ-80/82:

$$N_K^{MT3-80/82} = \frac{895,7 \cdot 12}{5220} \cdot 1,07 \cdot 0,9 = 1,98.$$

Число плановых текущих ремонтов определяют по формуле [2]:

$$N_{T.ПЛ}^{MT3-80/82} = \frac{B_{\Gamma} \cdot n_M}{A_T} \cdot K_3 \cdot \eta - N_K, \quad (9)$$

где $A_{T.}$ – периодичность проведения планового текущего ремонта, усл.эт.га.

Произведём расчёт количества плановых текущих ремонтов для тракторов МТЗ-80/82:

$$N_{T.ПЛ}^{MT3-80/82} = \frac{895,7 \cdot 12}{1740} \cdot 1,07 \cdot 0,9 - 2 = 3,94.$$

Принимаем 4 плановых текущих ремонтов.

Число технических обслуживаний № 3 определяют по формуле [1]:

$$N_{ТО-3} = \frac{B_{\Gamma} \cdot n_M}{A_{ТО-3}} \cdot K_3 \cdot \eta - N_K - N_{T.ПЛ}, \quad (10)$$

где $A_{ТО-3}$ – периодичность проведения ТО-3, усл.эт.га.

Произведём расчёт количества технических обслуживаний № 3 для тракторов МТЗ-80/82:

$$N_{ТО-3}^{MT3-80/82} = \frac{895,7 \cdot 12}{870} \cdot 1,07 \cdot 0,9 - 2 - 4 = 5,9.$$

Число номерных технических обслуживаний № 2 определяют по формуле:

$$N_{ТО-2} = \frac{B_{\Gamma} \cdot n_M}{A_{ТО-2}} \cdot K_3 \cdot \eta - N_K - N_{T.ПЛ} - N_{ТО-3}, \quad (11)$$

где $A_{ТО-2}$ – периодичность проведения ТО-2, усл.эт.га.

Произведём расчёт количества технических обслуживаний № 2 для тракторов МТЗ-80/82:

$$N_{ТО-2}^{MT3-80/82} = \frac{895,7 \cdot 12}{435} \cdot 1,07 \cdot 0,9 - 2 - 4 - 6 = 11,8.$$

Число номерных технических обслуживаний № 1 определяют по формуле:

$$N_{ТО-1} = \frac{B_{\Gamma} \cdot n_M}{A_{ТО-1}} \cdot K_3 \cdot \eta - N_K - N_{T.ПЛ} - N_{ТО-3} - N_{ТО-2}, \quad (12)$$

где $A_{ТО-1}$ – периодичность проведения ТО-1, усл.эт.га.

Произведём расчёт количества технических обслуживаний № 1 для тракторов

$$MT3-80/82: \quad N_{TO-1}^{MT3-80/82} = \frac{895,7 \cdot 12}{108,8} \cdot 1,07 \cdot 0,9 - 2 - 4 - 6 - 12 = 73,06.$$

Сезонные технические обслуживания планируем по два каждому трактору (по одному в апреле и по одному в октябре). В результате расчётов получили суммарное количество ТО-3 – 16 шт., ТО-2 – 34 шт., ТО-1 – 210 шт., СО – 76 шт.

Определение количества постов технического обслуживания.

Количество постов определяется по формуле: $m = \frac{T_{уч}}{\Phi_{до} \cdot P_{ср}}$,

(13)

где $T_{уч}$ – трудоёмкость по участку или рабочему месту, чел-ч.; $\Phi_{до}$ – действительный фонд времени оборудования, ч.; $P_{ср}$ – средняя плотность работы, чел.

$P_{ср} = 1,2 \dots 1,5$ чел.

$$\text{Количество постов технического обслуживания: } m_{тр} = \frac{6265}{1848,8 \cdot 1,5} = 2,2.$$

Принимаем два поста технического обслуживания машинно-тракторного парка.

Определение площади участка технического обслуживания.

Подбор технологического оборудования. Известен перечень минимально необходимого оборудования, приборов, приспособлений, инструмента и инвентаря, которым оснащают участок технического обслуживания. В зависимости от объема работ количество указанного в перечне оборудования, приборов, приспособлений и инструмента должно постоянно уточняться. В целях совершенствования организации технического обслуживания необходимо доукомплектовать существующий участок оборудованием, позволяющим сократить трудоемкость технического обслуживания, в соответствии со спецификацией оборудования и инструментов для участка технического обслуживания МТП.

Площадь участка технического обслуживания машинно-тракторного парка определяют по формуле: $F_{ТО} = (\sum F_{МТП} + \sum F_{О}) \cdot K_i$, (14)

где $F_{д}$ – площадь автомобилей и тракторов одновременно проходящих ТО на данном участке, м².

Расчет будем проводить исходя из занимаемой площади трактором марки К-701 и автомобиля КамАЗ 5320.: $F_{КамАЗ} = 2,5 \cdot 8,5 = 21,25 \text{ м}^2$

$$F_{К-701} = 2,8 \cdot 7,4 = 20,72 \text{ м}^2: \quad \sum F_{МТП} = 21,25 + 20,72 = 41,97 \text{ м}^2.$$

где $\sum F_{О}$ – суммарная площадь, занимаемая оборудованием для проведения технического обслуживания. $\sum F_{О} = 14,71 \text{ м}^2$; K – коэффициент, учитывающий рабочие зоны и проходы (для участка технического обслуживания $K = 3 \dots 3,5$).

$$F_{ТО} = (41,97 + 14,71) \cdot 3,0 = 170,4 \text{ м}^2.$$

Принимаем площадь участка технического обслуживания 180 м² с габаритами 12х15 метров.

Рекомендации по размещению оборудования на участке технического обслуживания. Участок технического обслуживания МТП изолирован, с отдельным входом, хорошо освещается и имеет вытяжную вентиляцию. В помещении поддерживается температура 20 ± 2 °С. Пол покрыт керамической плиткой. Стены и потолок покрыты светлой масляной краской. На рисунке 1 показан один из вариантов размещения оборудования на участке. Рекомендуемый размер помещения не менее 170,4 м², фактически 188 м². На этом рабочем месте выполняют операции технического обслуживания тракторов и автомобилей, а при необходимости проводят диагностику [3-5].

Содержание работ по поддержанию и восстановлению работоспособности составных частей машины при ТО и ремонте должны определяться на основе технического диагноза. Составные части машин не подвергаются восстановительным операциям, если значения их диагностических параметров находятся в допустимых параметрах. В этом случае восстановление и регулировочные работы соответствующего вида ТО переносятся до следующего технического обслуживания, а текущий и капитальный ремонты проводят по истечению продленного значения наработки, назначаемой на основе прогнозирования остаточного ресурса. Разработанная схема технического обслуживания и диагностирования позволяет

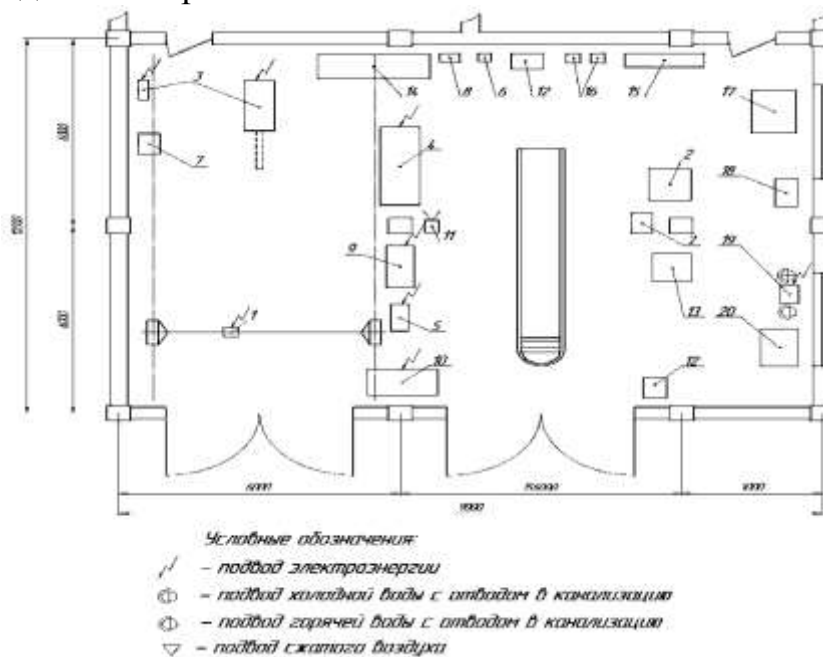


Рисунок 1 – Участок технического обслуживания МТП

качественно и в сжатые сроки провести диагностику и ТО техники, устранить обнаруженные неисправности и дать оценку о дальнейшей пригодности машины к эксплуатации. Проведение ТО при хранении техники выполняет специализированное звено по хранению техники во главе с заведующим машинным двором.

Выводы

Как показывают расчеты, правильная организация технического обслуживания машинно-тракторного парка хозяйства, подбор и оснащение необходимым оборудованием МТП и расчеты площадей безусловно снижают трудоемкость работ, повышает уровень технической готовности машин ($K_{УТГ}$). Повышается и уровень технической эксплуатации машин, что безусловно приносит дополнительную экономическую эффективность для хозяйства.

Библиографический список

1. Сарбаев, В.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов / В.И. Сарбаев, С.С. Селиванов, В.Н. Коноплев, Ю.Н. Демин // Серия «Учебники, учебные пособия». – Ростов н/Д: «Феникс», 2004. – 448 с.
2. Бабусенко, С.М. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий / С.М. Бабусенко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 352 с.
3. Пучин, Е.А. Технология ремонта машин / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; Под ред. Е.А. Пучина. – М.: КолосС, 2007. – 488 с.: ил.
4. Шнырёв, А.П. Основы технологии изготовления деталей транспортных и технологических машин / А.П. Шнырёв, С.К. Тойгамбаев, Г.А. Сергеев, А.Ф. Казимирчук // Учебное пособие для ВУЗов, Рекомендован УМО ВУЗов МГУП. Редакционно-издательский отдел МГУП, 2008, г. Москва. 302 с.
5. Тойгамбаев, С.К. Размерный анализ подшипников скольжения при обжатии / С.К. Тойгамбаев, П.В. Голиницкий // Вестник. Агроинженерия. Московский государственный агроинженерный университет им.В.П. Горячкина. – № 2 (58). – 2013. С. 3-7.

УДК 621.797:631.3.02.004

ПЛАНИРОВАНИЕ ГОДОВЫХ РЕМОНТНЫХ РАБОТ В МАСТЕРСКОЙ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ

Тойгамбаев Серик Кокибаевич, профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** В данной статье приведен пример краткого расчета планирования ремонтных работ в мастерской предприятия агропромышленного сектора. На примере ремонта тракторов мы можем спланировать и ремонт других видов машин и агрегатов имеющихся в сельскохозяйственном предприятии.*

***Ключевые слова:** мастерская; график; программа ремонта; тракторы.*

При составлении плана работы ремонтной мастерской намечаются сроки постановки машин в ремонт и выхода их из ремонта с учетом их занятости в

проведении полевых работ, разделяются ремонтные работы по объектам с созданием нескольких групп рабочих, производящих ремонт определенной группы машин. Количество рабочих мастерской принимается постоянным за весь период планирования (календарный год) как в мастерской в целом, так и по отдельным ее участкам.

План работы ремонтной мастерской разрабатывается в виде графика загрузки мастерской и ее основных участков. Для увязывания сроков постановки машин на ремонт со сроками занятости машин на полевых работах сначала строится график занятости машин. График занятости машин строится ниже графика загрузки мастерской. При построении графика считается, что тракторы работают круглый год, но занятость их по месяцам различна. В графике машиноиспользования занятость трактора показывается диаграммой, в которой отражена его загрузка по месяцам в процентах. Занятость остальных машин отражается на графике сплошной линией, длина, которой соответствует периоду использования машины данного типа на полевых работах. И уже после построения графика занятости машин строится график загрузки ремонтной претерской.

Расчет годовой программы ремонта. Для разработки годовой программы ремонтной мастерской рассчитываем среднегодовое количество ремонтов и сложных видов технического обслуживания для всех машин хозяйства, определяются виды ремонта и устанавливаются места проведения ремонта этих машин или их основных агрегатов. Среднегодовое количество ремонтов по их видам и сложных видов технического обслуживания, автомобилей и комбайнов определяем по формуле:

$$P_{ki} = \frac{B_i \cdot N_i}{M_{ki}}, \quad (1)$$

$$P_{Ti} = \frac{B_i \cdot N_i}{M_{Ti}} - P_{ki}, \quad (2)$$

$$P_{този} = \frac{B_i \cdot N_i}{M_{този}} - (P_{ki} + P_{Ti}), \quad (3)$$

где P_{ki} , P_{Ti} , $P_{този}$ - соответственно количество капитальных, текущих ремонтов и ТО №3 для тракторов данного вида и данной марки, количество текущих ремонтов и ТО № 2 для автомобилей; B_i – плановая годовая загрузка машины данного вида и данной марки, кг, усл. Га и др.; N_i – количество машин данного вида и данной марки в хозяйстве, шт; M_{ki} , M_{Ti} , $M_{този}$ – наработка машин данного вида и данной марки между капитальными, текущими ремонтами и ТО № 3, ч. Расчет годовой программы ремонта ведется с помощью ЭВМ. Пример расчета для некоторых видов и марок машин. Исходные данные для расчета годовой программы ремонта были взяты в инженерной службе и представлены в форме таблиц 1. Планирование ремонтных работ в данной статье приведено на примере тракторов, хотя сама работа по расчету ремонтных работ была проведена для всей имеющейся в хозяйстве техники.

**Исходные данные для расчета годовой программы
ремонтной мастерской (тракторы)**

Наименование и марка машины	К-во шт.	Годовая наработка, кг	Трудоемкость ремонтов и ТО на стороне, ч		
			капитальные	текущие	ТО
К – 700 А	7	43831	660	355	43,2
К-701 (К-701М)	-	-	-	-	-
Т-150 (Т-153)	6	30439	565	-	-
Т-150К (Т-151К)	-	-	-	-	-
Т – 4А	4	21200	177	-	-
Т – 100 М	-	-	-	-	-
Т – 130 М	-	-	-	-	-
ДТ – 75	6	19500	105	-	-
ДТ – 75 М	-	-	-	-	-
Т – 70 С	-	-	-	-	-
Т – 54 В	-	-	-	-	-
МТЗ – 80/82	23	15600	-	-	-
ЮМЗ – 6Л/6М	4	7500	-	-	-
Т – 40 АМ	-	-	-	-	-
Т – 40 М	2	4800	-	-	-
Т-25А1 (Т-25А)	-	-	-	-	-
Т-30 (Т-30 А)	6	5600	-	-	-
Т – 16 М	-	-	-	-	-

$$\text{Для трактора ДТ – 75: } P_K = \frac{19500 \cdot 6}{80640} = 1; \quad P_T = \frac{19500 \cdot 6}{26880} - 1 = 3$$

$$P_{\text{ТО-3}} = \frac{19500 \cdot 6}{13440} - (1 + 3) = 4,$$

Количество текущих ремонтов сельскохозяйственных машин ($P_{\text{три}}$) определяется по формуле:

$$P_{\text{три}} = N_i \cdot C_{\text{ри}}, \quad (4)$$

где N_i - количество сельхозмашин данной марки в хозяйстве;

$C_{\text{ри}}$ - коэффициент охвата машин ремонтом.

В центральной ремонтной мастерской выполняются следующие работы:

- капитальный ремонт тракторов (кроме энергонасыщенных); - текущий ремонт тракторов (кроме энергонасыщенных); - ТО-3 тракторов (кроме энергонасыщенных); - текущий ремонт и ТО-2 автомобилей; - текущий ремонт комбайнов; - текущий ремонт сельскохозяйственных машин;

Кроме того выполняются дополнительные виды работ:

- профилактика станочного и прочего ремонтного оборудования центральных ремонтных мастерских и профилактика автогаража; - ремонт агрегатов обменного фонда; - изготовление несложных деталей; - ремонт машин и механизмов животноводческих ферм; - мелкий ремонт режущего инструмента и приспособлений; - прочие работы, связанные с эксплуатацией техники.

Определение объема работ мастерской. Общий объем работ мастерской определяется трудозатратами, которые рассчитываются на календарный год и включают перечисленные ниже составные части:

1. Трудозатраты на проведение ремонта и ТО техники в соответствии с выявленной программой ремонта, за исключением трудоемкости ремонта машин

и агрегатов, который осуществляется не в центральной ремонтной мастерской хозяйства. Для каждого вида ремонта и ТО данного вида и марки машины они определяются по формуле: $T_{M\text{ сум } i} = P_i \cdot (T_i - \sum T_{AG\ i})$, (5)

где $T_{M\text{ сум } i}$ - трудозатраты на проведение данного вида ремонта или ТО машины, чел.-ч.; P_i – программа данного вида ремонта или ТО машин, шт.(приложение А); T_i – трудоемкость данного вида ремонта или ТО одной пшины, чел.-ч.; $\sum T_{AG\ i}$ – суммарные трудозатраты на ремонт агрегатов, узлов и деталей, проводимые не в ЦРМ хозяйства, чел.-ч., определяются с использованием.

Для трактора ДТ-75: $T_{M\text{ сум } KP} = 1 \cdot (369-105)=264$ чел.-ч.;

$T_{M\text{ сум } TP} = 3 \cdot (270-0)=810$ чел.-ч.; $T_{M\text{ сум } TO-3} = 4 \cdot (21,4-0)=85,6$ -ч.

2. Трудозатраты на проведение текущего ремонта и ТО-2 автомобилей.

Эти трудозатраты принимаются условно по формулам:

трудозатраты на проведение текущих ремонтов ($T_{AG\text{ сум } i}$, чел.-ч.)

$$T_{AG\text{ сум } i} = \frac{B_{Ai} \cdot T_{ATi} \cdot N_{Ai}}{1000}, \quad (6)$$

где B_{Ai} – планируемый годовой пробег автомобиля данной марки, км;
 T_{ATi} – трудозатраты на проведение текущего ремонта, отнесенные к 1000 км пробега, чел.-ч.; N_{Ai} – количество автомобилей данной марки в хозяйстве;

трудозатраты на проведение ТО-2 автомобилей ($T_{AO\text{ сум } i}$, чел.-ч.)

$$T_{AO\text{ сум } i} = \frac{B_{Ai} \cdot T_{AOi} \cdot N_{Ai}}{1000}, \quad (7)$$

где T_{AOi} – трудозатраты на проведение ТО-2 автомобилей данной марки, отнесенные к 1000 км пробега, чел.-ч.

Расчет трудозатрат по остальным видам ремонта или ТО и маркам пшин ведется аналогично.

3. Суммарные трудозатраты на ремонт техники ($T_{\text{СУМ}}$, чел.-ч.) определяются как сумма трудозатрат по всем маркам машин и видам ремонта и ТО

$T_{\text{СУМ}} = 9298,5 + 3050,6 + 2155 + 5348,3 = 19852,4$ чел.-ч.

4. Трудозатраты на проведение ремонта агрегатов и узлов обменного фонда (T_{OF} , чел.-ч.) условно определяются по формуле для агрегатов и узлов обменного фонда в процентах от суммарных трудозатрат на ремонт техники. Для

данной мастерской принимается $C_{OF} = 1,5\%$. $T_{OF} = \frac{19852,4 \cdot 1,5}{100} = 297,8$ чел.-ч.

5. Трудозатраты на техническое обслуживание машин и механизмов животноводческих ферм ($T_{Ж}$, чел.-ч.) определяются по формуле:

$$T_{Ж} = \frac{T_{\text{СУМ}} \cdot C_{Ж}}{100}, \quad (8)$$

где $C_{Ж}$ – трудозатраты на техническое обслуживание машин и механизмов животноводческих ферм в процентах от суммарных трудозатрат на ремонт техники [1-3]. Принимается $C_{Ж} = 6\%$.

$$T_{\text{ж}} = \frac{19852.4 \cdot 6}{100} = 1191.1 \text{ чел.-ч.}$$

6. Трудозатраты на выполнение прочих (неучтенных) работ, таких, как непредвиденные простои машин по техническим причинам (аварии, поломки, недопустимый преждевременный износ деталей и т.д.), разовые заказы различных подразделений хозяйства, ориентировочно определяются по формуле:

$$T_{\text{п}} = \frac{T_{\text{сум}} \cdot C_{\text{п}}}{100}, \quad (9)$$

где $T_{\text{п}}$ – трудозатраты связанные с выполнением прочих работ, чел.-ч.;

$C_{\text{п}}$ – трудозатраты на выполнение прочих работ в процентах от суммарных трудозатрат. Принимается $C_{\text{п}} = 10\%$.

$$T_{\text{п}} = \frac{19852.4 \cdot 10}{100} = 1985.2 \text{ чел.-ч.}$$

7. Трудозатраты на изготовление деталей ($T_{\text{д}}$, чел.-ч.) ориентировочно определяются по формуле:

$$T_{\text{д}} = \frac{T_{\text{сум}} \cdot C_{\text{д}}}{100}, \quad (10)$$

где $C_{\text{д}}$ – объем работ мастерской по изготовлению деталей в процентах осуммарных трудозатрат [1-3]. Принимается $C_{\text{д}} = 5\%$.

$$T_{\text{д}} = \frac{19852.4 \cdot 5}{100} = 992.6 \text{ чел.-ч.}$$

8. Трудозатраты на проведение ремонта и осмотра металлорежущих станков и прочего оборудования мастерской ($T_{\text{об}}$, чел.-ч.) определяются по формуле:

$$T_{\text{об}} = \frac{T_{\text{сум}} \cdot C_{\text{об}}}{100}, \quad (11)$$

где $C_{\text{об}}$ – объем работ в мастерской на проведение ремонта и осмотра металлорежущих станков и прочего оборудования в процентах от суммарных трудозатрат. Принимается $C_{\text{об}} = 8\%$.

$$T_{\text{об}} = \frac{19852.4 \cdot 8}{100} = 1588.2 \text{ чел.-ч.}$$

9. Трудозатраты на ремонт и изготовление инструмента ($T_{\text{и}}$, чел.-ч.) определяются по формуле

$$T_{\text{и}} = \frac{T_{\text{сум}} \cdot C_{\text{и}}}{100}, \quad (12)$$

где $C_{\text{и}}$ – объем работ в мастерской на ремонт и изготовление инструмента в процентах от суммарных трудозатрат [1-3]. Принимается $C_{\text{и}} = 3\%$.

$$T_{\text{и}} = \frac{19852.4 \cdot 3}{100} = 595.6 \text{ чел.-ч.}$$

10. Годовая производственная программа центральной ремонтной мастерской хозяйства ($T_{\text{Общ}}$, чел.-ч.) определяется как сумма всех трудозатрат в мастерской

$$T_{\text{Общ}} = T_{\text{Сум}} + T_{\text{Оф}} + T_{\text{Ж}} + T_{\text{П}} + T_{\text{Д}} + T_{\text{Об}} + T_{\text{И}} \quad (13)$$
$$T_{\text{Общ}} = 19852,4 + 297,8 + 1191,1 + 992,6 + 1588,2 + 595,6 + 1985,2 = 26503,0 \text{ чел.-ч.}$$

Выводы:

Планирование ремонтных работ позволяет значительно снизить простой техники из-за отказов. Появляется возможность более четко рассчитать финансовые затраты и затраты на запасные части, для складов возможность предзаказа необходимых запасных частей. Все это в конечном итоге увеличивает рентабельность предприятия в целом. Разработанный график загрузки мастерской обеспечивает рациональное использование оборудования и обслуживающего персонала по участкам мастерской и в течение года. Проведенный поверочный расчет площадей существующей мастерской показал, что проектируемая мастерская с подобранным оборудованием полностью удовлетворяет для выполнения годовой программы ремонтов. Для обеспечения нормальных условий труда производственных рабочих проведены расчеты, позволяющие обеспечить безопасность жизнедеятельности на производстве.

Библиографический список

1. Голиницкий, П.В. Разработка процедуры управления внутренней документацией для промышленного предприятия / П.В. Голиницкий, Ю.Г. Вергазова, У.Ю. Антонова // Компетентность. – № 7 (158). – 2018. – С. 20-25.
2. Тойгамбаев, С.К. Метрология стандартизация сертификация. Учебник. / С.К. Тойгамбаев, А.П. Шнырев, П.В. Голиницкий -М.: Издат. «Компания Спутник +», – 2017. – 375с.
3. Абдулмажидов, Х.А. Трехмерное моделирование элементов машин природообустройства в системе "AUTOCAD"// Учебное пособие для студ. Высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 280100 / Х.А. Абдулмажидов; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, ФГОБОУ ВПО Московский гос. ун-т природообустройства. Москва, 2012. – 120 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ КОМПЛЕКТОВАНИИ ПАРКА МАШИН ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИИ С УЧЕТОМ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ.

Евграфов Владимир Алексеевич, профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Проведен выбор критериев по оптимизации парка машин производственных сельскохозяйственных организации. Исследована методика выбора критериев оптимизации парка машин, в статье представлены математические расчеты.*

***Ключевые слова:** Оптимизация; критерий; моделирование.*

Анализируя математические модели оптимизации производственных процессов, можно выделить следующие критерии оптимальности:

1. Минимум затрат на комплектование парка машин.
2. Минимум затрат на восстановление парка машин.
3. Минимум количества тракторов
4. Минимум обслуживающего персонала.
5. Минимум затрат на простои машин и объектов.
6. Минимум времени на выполнение работ.
7. Максимум выработки машин.
8. Максимум прибыли.
9. Минимум механизаторов.
10. Минимум приведенных затрат.
11. И. Минимум дифференциальных (суммарных) затрат,
12. Модели с компромиссным (интегральным) критерием.
13. Многокритериальные модели.

Выбор критерия оптимальности основан на целесообразности его применения в расчетах, на степени отражения с его помощью реальных производственных процессов, а также на удобстве сбора информации и применения выбранного критерия оптимальности в практических расчетах.

Критерии минимума стоимости парка машин, минимума затрат на все тракторные работы и минимума количества тракторов, необходимых для проведения комплексной механизации работ применялись в различных математических моделях. По мнению некоторых авторов, общее количество тракторов - наиболее общий показательный критерий и состав тракторного парка, удовлетворяющий минимуму этого критерия, позволит с наименьшим количеством техники комплексно механизировать сельскохозяйственное производство, использовать на каждой операции возможно более

производительные агрегаты при наилучшей загрузке парка и добиться при этом практически наименьших затрат труда.

Задача определения оптимального парка машин заключается в следующем:

Найти оптимальный состав машин X_{id} в хозяйстве и U_i в арендной организации, позволяющий обеспечивать выполнение всех необходимых работ в оптимальные сроки и с наибольшей эффективностью.

Критерий оптимальности - минимум приведенных затрат на выполнение работ:

$$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_b (C_{ijkb} * X_{ijkb} + L_{ijk} * U_{ijkb}) * T_k + \sum_i \sum_b X_{ib} * (A_i + E_H) * \Pi_{mi} \rightarrow \min \quad (1)$$

где C_{ijkb} - прямые эксплуатационные затраты на проведение j - х работ i - ми машинами b - го хозяйства в k - й период;

X_{ijkb} - количество i - х машин b - ого хозяйства, выполняющих j - е работы в k - й период;

i, j, k, b - индексы вида машин, вида работ, периода работ и хозяйства соответственно; T_k - продолжительность календарных периодов; L_{ijk} - прокатная стоимость - размер платы за использование i - х машин арендной организации на выполнение j - х работ в k - й период; U_{ijkb} - количество i - х машин, выполняющих j - е работы в k - й период в b - м хозяйстве, принадлежащих арендному предприятию; X_{ib} - необходимое количество i - х машин в b - м хозяйстве;

A_i - норма амортизационных отчислений на машины i -го вида, $A_i=0,125$ (при сроке амортизации, равном 8 годам); E_H - нормативный коэффициент экономической эффективности, ($E_H=0,2$ при нормативном сроке окупаемости капиталовложений, равном 5 годам); Π_{mi} - цена i - й машины.

В модели приняты следующие ограничения:

1. Обязательное выполнение всех работ в установленные сроки:

$$\sum_{i=1}^m (X_{ijk} + U_{ijk}) * \Pi_{ijkb} \geq Q_{jkb} \quad (j = 1 \dots n, k = 1 \dots K, B = 1 \dots B) \quad (2)$$

Q_{jkb} - объем работ j - го вида в k - й период в b - м хозяйстве:

Π_{ijkb} - эксплуатационная производительность i - й машины на j - й работе в k - й период в b - м хозяйстве.

2. Неотрицательность переменных:

$$U_{ijkb} \geq 0 \quad (3)$$

$$X_{ijkb} \geq 0 \quad (4)$$

$$i = 1 \dots m; j = 1 \dots n; k = 1 \dots K; b = 1 \dots B$$

3. Количество используемых i -х машин должно быть не больше , чем в оптимальном плане:

$$\max_k (X_{ijkb} + U_{ijkb}) \leq X_{ib} + U_{ib} \quad (5)$$

1. При необходимости можно вводить ограничения на число механизаторов, работающих в b - м хозяйстве (M_b) или в арендном предприятии (M_u):

$$M_{ikb} * X_{ikb} \leq M_b \quad (6)$$

$$M_i * U_i \leq M_u \quad (7)$$

где M_b и M_u - соответственно допустимое количество машин в b - м хозяйстве и u -м арендном предприятии.

4. При оптимизации с учетом уже существующего парка машин вводится ограничение на обязательное первоочередное использование техники, имеющейся в b -м хозяйстве:

$$X_{ikb} - X^n \geq X_1 \quad (8)$$

где X_{ikb} – количество i - х машин в оптимальном плане, используемых в k -м периоде в b -м хозяйстве; X^n_{ikb} – количество i - х машин, имевшихся в b – м хозяйстве в начале расчетного периода; X_i – количество покупаемых i - х машин.

5. При необходимости в модель могут включаться требования целочисленности:

$$X_1 = 0 \quad U_i = 0 \quad (9)$$

Оптимальный состав парка машин хозяйства определяется оптимальным планом его использования :

$$\max_k \sum_j \sum_b X_{ijkb} \leq X_i \quad (10)$$

Оптимальный состав машин арендного предприятия определяется экономической целесообразностью привлечения рабочих машин в хозяйства:

$$\max_k \sum_b \sum_j U_{ijkb} \leq U_i \quad (11)$$

где U_i – оптимальный состав парка i - х машин в арендном предприятии.

Математическая модель позволяет использовать также и другие критерии оптимальности:

- минимум текущих затрат:

$$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_b (C_{ijkb} * X_{ijkb} + U_{ijkb} * L_{ijkb}) * t_k + \sum_i \sum_b X_{ib} * A_i * \Pi_{mi} \rightarrow \min \quad (12)$$

- минимум расхода топлива:

$$\sum_i \sum_j \sum_k \sum_b g_i * (X_{ijkb} * U_{ijkb}) * t_k \rightarrow \min \quad (13)$$

где g_j - расход топлива в расчете на i - ю машину:

- минимум затрат труда:

$$\sum_i \sum_j \sum_k M_{ijk} * X_{ijk} + \sum_i \sum_j \sum_k M_{ijk} * U_{ijk} \rightarrow \min \quad (14)$$

- минимум механизаторов:

$$\sum_i \sum_b (M_i * X_{ib} + M_i * U_i) \rightarrow \min \quad (15)$$

Выбор критерия оптимальности и системы ограничений производится конкретно, исходя из задачи исследования. Алгоритм решения задачи оптимизации парка машин МСО выглядит следующим образом;

Задается некоторый начальный допустимый план X°_{12} . В точке X°_{12} вычисляются частные производные в качестве коэффициентов функции цели и находится новый допустимый план, лежащий на направлении убывания функции цели X'_{12} :

Осуществляется пропорциональный спуск от точки X°_{12} к точке X'_{12} и находится локально оптимальный план X'_{12} . Вычисляются компоненты градиента в точке локально-оптимального плана X''_{12} . Находится второй локально-оптимальный план X''_{12} . В точке X''_{12} вычисляются частные производные. Затем находится новый допустимый оптимальный план. Процесс повторяется, пока не вычисляется очередной локальный оптимум, который является глобальным X^{opt}_{12} , так как функция далее не убывает.

Для дифференцирования выпуклых кусочно-линейных функций при реализации алгоритма используется:

1. известная аппроксимация профессора С.И. Зуховицкого для преобразования кусочно-линейной функции в гладкую выпуклую, обеспечивающее непревышение ошибкой величины $1/p$:

$$\max X_1 = \sqrt[p]{\sum_i X_i^p} \quad (16)$$

Задавая значения $p = 60-80$, можно получить с достаточной точностью близкое к оптимальному решение;

2. метод обобщенного градиента, основанный на идеях Н.З. Шора.

3. Неизвестное количество агрегатов - неотрицательная величина:

$$X_{ijk} \geq 0 \quad (17)$$

Возможно также использование в методике других критериев, позволяющих минимизировать целевые функции - текущих затрат, потребности в механизаторах, металлоемкости и капиталовложений и т. д.

При решении задачи находят оптимальные решения по каждому из критериев, а затем находят компромиссный план, двигаясь от оптимального по основному критерию (приведенным затратам) плана в направлении оптимальных по другим критериям планов.

Решение многокритериальных задач обычно требует очень большого массива исходных данных и больших объемов вычислений (даже при предварительных подсчетах). В результате этого многокритериальные модели не получили до настоящего времени широкого распространения [1-4].

В ы в о д ы :

Анализ существующей до настоящего времени системы оценки эффективности деятельности производственных организаций показывает, что такие общепринятые показатели как рентабельность, производительность труда (выраженная в денежной форме) и другие недостаточно объективно отражают использование машин в организациях. так как они в значительной степени определяются субъективно назначаемой величиной сметной стоимости работ. В связи с этим показателем, наиболее объективно характеризующим эффективность использования техники, является величина затрат на эксплуатацию машин, составляющая в общем случае более 50 % фактической себестоимости работ. Основным условием снижения затрат на эксплуатацию является оптимальное комплектование состава парка машин в организациях.

Учитывая то обстоятельство, что в складывающихся в настоящее время экономических условиях отдельные организации могут испытывать недостаток средств для приобретения и эксплуатации наиболее эффективной, высокопроизводительной, а, следовательно, и более дорогой техники, а также иметь значительные трудности, связанные с неполной загрузкой машин, решением этих и других вопросов может быть создание, например, баз механизации или прокатных баз, на межхозяйственном уровне решающих проблему наиболее эффективной эксплуатации техники.

Предлагаемые в качестве рабочего инструмента для решения вопросов комплектования парков машин МСО методика расчета и математическая модель с использованием нелинейного целочисленного программирования позволяют проводить как расчет парка машин для вновь создающихся организаций, так и определять парк с учетом имеющейся в организациях техники. При этом определение парка машин может проводиться и для отдельных организаций, и с учетом межхозяйственного использования техники.

Библиографический список

1. Иозайтис В.С., Львов Ю.А. Экономико-математическое моделирование производственных систем: Уч. пос. для инжен.-экон. спец. вузов / В.С. Иозайтис, Ю.А. Львов: М.: Высшая шк. – 2011 – 192с.
2. Бондарева, Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – № 4. – 2017. – С. 36-38.
3. Зенкевич, Н.А. Экономико-математические методы. Рабочая тетрадь № 2. Н.А. Зенкевич, И.В. Марченко СПб.: изд-во МБИ, 2009. – 38 с.
4. Вентцель, Е.С. Исследование операции: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М.: Наука. Главная ред. Физ.-мат. Литературы, 2010 – 208 с.

УДК 629.08:625.76

ВЛИЯНИЕ РАЗНОРОДНОСТИ ПАРКА ОБСЛУЖИВАЕМЫХ МАШИН В СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРАХ НА КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ

Евграфов Владимир Алексеевич, профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Власов Дмитрий Дмитриевич, инженер кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Произведен анализ влияния разнородности парка обслуживаемых машин в сервисных центрах на качество выполняемых работ. По результатам расчетов было определено, что при увеличении коэффициента разнородности парка машин по применяемым технологиям необходимо увеличивать значения квалификации исполнителей технического сервиса – конструкция обслуживаемых машин.

Ключевые слова: разнородность парка, обслуживание машин, технический сервис.

Для оценки влияния показателей надежности на эффективность работы технологического комплекса машин были собраны и систематизированы статистические данные о работе объектов исследования в реальных условиях эксплуатации. Согласно поставленной задаче проводилось наблюдение за группой однотипных машин по плану в течение 1000 мото-часов в реальных условиях эксплуатации [1].

Обеспечение работоспособности машин осуществляется в результате деятельности работников служб технического сервиса, специалистов по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники. Эта деятельность осуществляется с использованием различных технических средств; как правило, целенаправленна; проводится с учетом процессов, происходящих в

узлах, сборочных единицах и подсистемах машин; состоит в том, что реализуются определенные технологии технического сервиса. Работники служб технического сервиса могут работать индивидуально, без учета работы других коллег, либо групповым методом, когда выполняемый объем работ распределен между работниками на основании какого-либо критерия, при этом цели технического сервиса могут быть также различными [2].

В качестве объекта исследования был выбран парк машин в ООО “Природа” г. Красногорск, который нашел широкое применение в мелиоративном строительстве (табл. 1).

Таблица 1

Краткая техническая характеристика объектов исследования

№	Модель	Мощность, кВт	Объем рабочего органа, м ³	Масса, т	Стоимость, тыс. руб.
Одноковшовые экскаваторы на гусеничном ходу					
1	CAT 322C	129	1,0	22,80	6400
	Komatsu PC 220-8	143	1,0	19,70	5800
	ТВЭКС ЕТ-25	131	1,0	23,50	4830
Бульдозеры					
2	CAT D6N XL	127	5,6	18,20	8700
	Komatsu D65E-12	132	5,4	19,80	9800
	ЧТЗ Б10М	132	5,7	18,80	3600
Экскаваторы-погрузчики					
3	CAT 428D	62	0,8	7,10	3600
	Komatsu WB97S 5	67	0,8	8,10	3600
	МТЗ ЭО-2626.01	65	0,8	7,90	1700

Для обеспечения функционирования системы технического сервиса является важным установление рационального соотношения квалификации исполнителей технического сервиса, применяемых технологий и характеристик обслуживаемых машин. Применяемые технологии могут быть использованы для обслуживания разнородного парка машин [3].

После преобразования математической модели, было получено выражение, описывающее зависимость минимальных значений коэффициента соответствия квалификации исполнителей технического сервиса – конструкциям обслуживаемых машин k_5 от коэффициента разнородности парка машин по применяемым технологиям K_{MT} [4, 5]:

$$k_5 \leq \frac{1}{K_{MT}}, \quad (1)$$

где:

k_5 – соответствие квалификации исполнителей технического сервиса – конструкциям обслуживаемых машин;

K_{MT} – коэффициент разнородности парка машин по применяемым технологиям.

Графически зависимость представлена на рисунке 1.

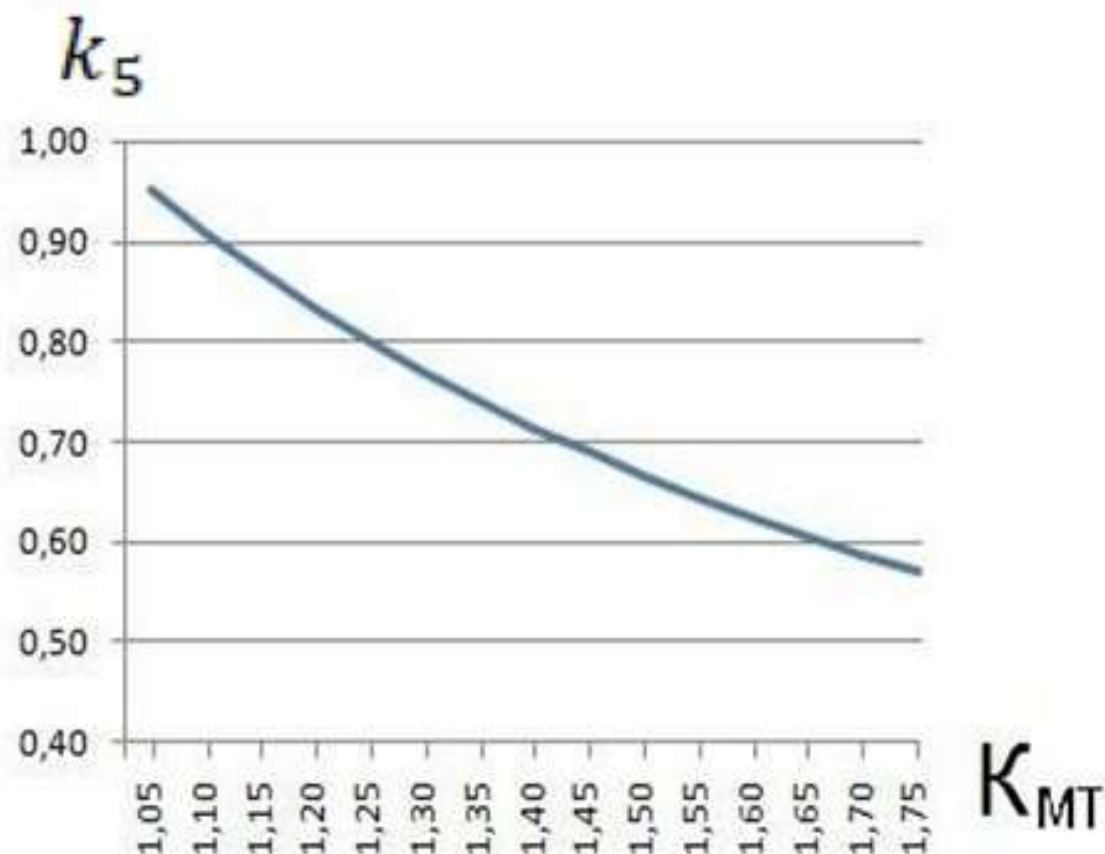


Рисунок 1 – Зависимость минимальных значений коэффициента k_5 от коэффициента разнородности парка машин по применяемым технологиям K_{MT}

Из рисунка 1 видно, что при увеличении коэффициента разнородности парка машин по применяемым технологиям, коэффициент квалификации исполнителей технического сервиса – конструкциям обслуживаемых машин постепенно падает.

Анализ результатов расчетов показывает, что при увеличении коэффициента разнородности парка машин по применяемым технологиям необходимо увеличивать значения квалификации исполнителей технического сервиса – конструкциям обслуживаемых машин.

Библиографический список

1. Абдразаков, Э.Ф. Совершенствование организации технического сервиса машинно-тракторного парка (на примере Саратовской области): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Абдразаков Эльдар Фяридович. – Саратов. 2012. – 24 с.
2. Бабченко, Л.А. Формирование системы технического сервиса сельскохозяйственной техники: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Бабченко Лев Андреевич. – Алматы, 2010. – 32 с.
3. Шнырёв, А.П. Основы надёжности транспортных и технологических машин / А.П. Шнырёв, С.К. Тойгамбаев. Учебное пособие для студентов технических ВУЗов УМО МГУП Издательская «Компания Спутник +» 2006, г. Москва. –167с.
4. Тойгамбаев, С.К. Испытания двигателей на специальных стендах. / С.К. Тойгамбаев // Актуальные проблемы современной науки. – № 5. (84) – 2015. – С. 23-27
5. Грешилов, А.А. Математические методы принятия решений: Учеб. пособие для вузов / А.А. Грешилов – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 584 с.

УДК 621.797:631.3.02.004

СОПРОТИВЛЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ УСТАЛОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ СЛОЖНО-НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Карапетян Мартик Аршалуйсович, профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Арсланов Артур Мирасович, инженер кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Приведен анализ методов повышения сопротивления коррозионной усталости. По результатам анализа установлено, что лишь максимальным моделированием реальных условий работы можно получить достоверную статистическую информацию с целью уточнения расчетных методик оценки сопротивления коррозионной усталости ответственных деталей машин.

Ключевые слова: машина, коррозионной усталости, прочность, долговечность.

Совместное действие механических нагрузок и коррозионных сред значительно сокращает срок службы машин и сооружений. При работе в коррозионных средах независимо от свойств металла, чем агрессивнее среда, тем

больше скорость развития усталостной трещины и, следовательно, меньше сопротивление усталости.

В процессе эксплуатации деталей машин на них могут воздействовать различные среды: поверхностно-активные, электрохимически активные (нейтральные, щелочные, кислые, окислительные и др.), расплавы электролитов, расплавы металлов, газообразные. Такое деление сред в некоторой степени условное, так как можно выделить следующие три процесса, происходящие на границе фаз «деформируемый металл – среда». Это - адсорбционный, диффузионный и коррозионный процессы. Обычно они действуют совместно, и при оценке работоспособности деталей их влияние рассматривается как интегральное. Доля потерь, вызванных коррозией, оценивается в 20...25% от ежегодно добываемых черных и цветных металлов [1, 2]. Однако из них только 5...7% превращается в соединения со средой и безвозвратно распыляется. Остальная часть превращается в металлолом из поврежденных деталей и элементов конструкций вследствие воздействия среды и механических нагрузок. Поэтому исследования с целью повышения характеристик сопротивления коррозионной усталости, а также совершенствования расчетных методик имеют важное научно-практическое значение.

В настоящее время существует ряд гипотез, объясняющих механизм разрушения при коррозионной усталости материалов. Наибольшее распространение получили: электрохимическая, адсорбционно-электрохимическая и коррозионно-механическая гипотезы. Согласно [2], процесс развития трещины непрерывный, имеет электрохимическую природу, что объясняется работой гальванического элемента с малополяризуемым элементом. Более универсальной является адсорбционно-электрохимическая гипотеза.

Согласно [1], первичным актом взаимодействия среды с деформируемым металлом является адсорбция молекул среды, приводящая к изменению поверхностной энергии металла. В местах выхода дислокаций на поверхность металла активизируются адсорбционные и коррозионные процессы. При этом анодный процесс способствует росту коррозионных трещин. При высоких перенапряжениях преобладают адсорбционные процессы, а при меньших - электрохимические [1].

Согласно коррозионно-механической гипотезе [3], процесс разрушения делится на три стадии:

- а) период возникновения и активного развития коррозионных трещин вследствие развития дефектов на поверхности;
- б) образование коррозионно-усталостной трещины, вызванное выдавливанием электролита из трещины и поступлением туда же свежих порций среды;
- в) механическое разрушение металла в ослабленном сечении.

Несущая способность деталей в значительной степени зависит от степени агрессивности среды, которая приводит к непрерывному снижению прочности и, следовательно, отсутствию физического предела выносливости, характерного для работы деталей на воздухе. Влияние концентрации напряжений также значительно [1]. Установлено, что дно концентратора принимает более низкое

значение потенциала, чем смежные участки, что приводит к появлению гальванического элемента. На дне концентратора возникает сетка коррозионно-усталостных трещин, выступающая в качестве дополнительного концентратора напряжений. Эффективность действия концентратора зависит от технологии его изготовления, а с увеличением размеров детали эффективность действия концентрации напряжений ослабевает [1]. При изучении сопротивления коррозионной усталости значительная роль отводится уровню перенапряжений. С его повышением увеличивается доля механического фактора в механизме коррозионно-усталостного разрушения. При этом среда проявляет свое охлаждающее воздействие, что по сравнению с испытаниями на воздухе может привести к увеличению долговечности детали. При низких перенапряжениях среда проявляет свою химическую природу - доля механического фактора на ранних стадиях незначительна, и она возрастает лишь на завершающих стадиях разрушения. Механизм защиты поверхностей основан на возможно надежной изоляции металла от воздействия среды. Анализ данных о влиянии полимерных и лакокрасочных покрытий показал, что ряд покрытий является эффективным средством повышения сопротивления коррозионной усталости сталей при $0,5 \dots 1 \cdot 10^6$ циклах [3].

При значительных перенапряжениях или при длительном воздействии среды ($N > 5 \cdot 10^6$) происходит разрушение самого покрытия и потеря его защитных свойств. При этом открывается доступ среды к поверхности металла. Поэтому исследование процессов разрушения защитных покрытий, а также поиск новых составов покрытий весьма актуальны и требуют экспериментальных оценок.

Существует несколько подходов к оценке прочности деталей, работающих в коррозионных средах. Наиболее распространенным является коэффициент влияния среды, потеря прочности на базе циклов N [4].

Указанные и другие известные методы имеют существенные недостатки, так как не учитывают реального диапазона циклических долговечностей, а также статистической природы коррозионно-усталостного разрушения, приводящей к значительному рассеянию характеристик сопротивления коррозионной усталости.

Реальные условия работы деталей большинства машин и сооружений, подвергнутых коррозионному воздействию, характерны наличием в опасном сечении переменного сложно-напряженного состояния с разным соотношением касательных и нормальных напряжений τ/σ . Исследования в этой области преимущественно относятся к случаям работы деталей на воздухе. Немногочисленные исследования не дают полной картины происходящих процессов. Однако отмечается особая роль касательных напряжений, значительно снижающих пределы выносливости, ускоряющих процесс коррозионно-усталостного разрушения на поверхности детали.

Сложность конструкции оборудования, реализующего испытания при переменном СНС, обеспечение герметичности коррозионной камеры и стремление воссоздать реальные условия воздействия среды (капельный метод

или режим непрерывного орошения образца жидкостью) затрудняют выполнение подобных экспериментов.

Библиографический список

1. Тойгамбаев, С.К. Применение термодиффузионных процессов для упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной техники. Монография / С.К. Тойгамбаев // Рекомендован УМО ВУЗов МГУП. Редакционно-издательский отдел МГУП, г. Москва. – 2011. – 123 с.

2. Шнырёв, А.П. Основы технологии изготовления деталей транспортных и технологических машин. Учебное пособие для ВУЗов / А.П. Шнырёв, С.К. Тойгамбаев, Г.А. Сергеев, А.Ф. Казимирчук // Рекомендован УМО ВУЗов МГУП. Редакционно-издательский отдел МГУП, г. Москва. – 2008. – 108 с.

3. Тойгамбаев, С.К. Стенд для обкатки и испытания двигателей / С.К. Тойгамбаев // Актуальные проблемы современной науки № 5. (78). – 2014. – С. 3-5.

4. Тойгамбаев, С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тойгамбаев С.К. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва. 2000 г.

УДК 502/504:631.3.004

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ, ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТЫ СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Соколов Константин Олегович, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Карапетян Мартик Арашауйлович, профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье даны рекомендации и требования производителей грузовых автомобилей по организации и комплектованию фирменных дилерских предприятий по техническому обслуживанию и ремонту.

Ключевые слова: автомобиль; сервис; диагностика; дилерский центр.

На данном этапе развития рынка грузовых автомобилей в России, потребителей интересует не только первоначальные затраты на автомобиль, но и наличие фирменного сервиса, развитого по всем регионам.

Для сохранения гарантийных обязательств на приобретенный автомобиль, потребитель обязан выполнять условия компании производителя, такие как:

- периодическое техническое обслуживание у официальных дилеров;

- приобретение фирменных запасных частей и смазочных материалов;
- соблюдение условий сервисной книжки и инструкции по эксплуатации.

Обслуживание гарантийного автомобиля на фирменном сервисе существенно дороже по сравнению с «серыми» сервисами, но это кажется только на первый взгляд. Если потребитель отказывается обслуживать приобретенный автомобиль на условиях компании производителя, компания вправе отказать в гарантийном ремонте.

Сопоставление затрат на возможные ремонтные работы и запасные части убеждает владельцев одной или нескольких машин оставаться в зоне фирменного гарантийного обслуживания.

Некоторые владельцы крупных автопарков, при заключении контракта на покупку автомобилей, получают право обслуживать свой собственный парк в качестве авторизованной ремонтной точки с сохранением всех гарантийных обязательств от компании производителя. Это снижает суммарные затраты на стоимость владения автопарком.

Требования, предъявляемые производителем, к такой авторизованной ремонтной точке, заключаются в следующем:

- наличие ремонтной базы;
- наличие специального инструмента;
- наличие диагностического оборудования;
- наличие квалифицированного и обученного персонала;
- наличие минимального склада запасных частей.

Соответствие таким, на первый взгляд, не сложным требованиям, предполагает привлечение значительных денежных средств, для приобретения перечисленного оборудования и организации работ.

Обслуживание автопарка собственными силами, это в первую очередь риск снижения качества обслуживания и ремонта, особенно если автопарк состоит из нескольких марок. Выполнить выше перечисленные условия для нескольких, различных марок машин очень дорого и нерентабельно. Целесообразнее проводить обслуживание своего автопарка у официальных дилеров, так как это не влечет за собой дополнительные затраты за исключением оплаты выполненных работ.

Во всех случаях дилер обязан проводить гарантийный ремонт без взимания оплаты с владельца.

Проанализируем некоторые требования производителя к ремонтным зонам дилерских предприятий по обслуживанию грузовых автомобилей Форд.

Расположение сервиса и шоурума на единой территории является предпочтительным, такое расположение имеет ряд преимуществ:

- клиенты шоурума видят наличие сервиса, что способствует принятию решения о покупке автомобиля;
- клиенты сервиса, посещают шоурум и видят продающиеся автомобили;
- проще организовать управление всеми службами.

Приемку автомобилей в сервис следует располагать таким образом, чтобы к ней был свободный доступ клиентов и желательно следующими путями:

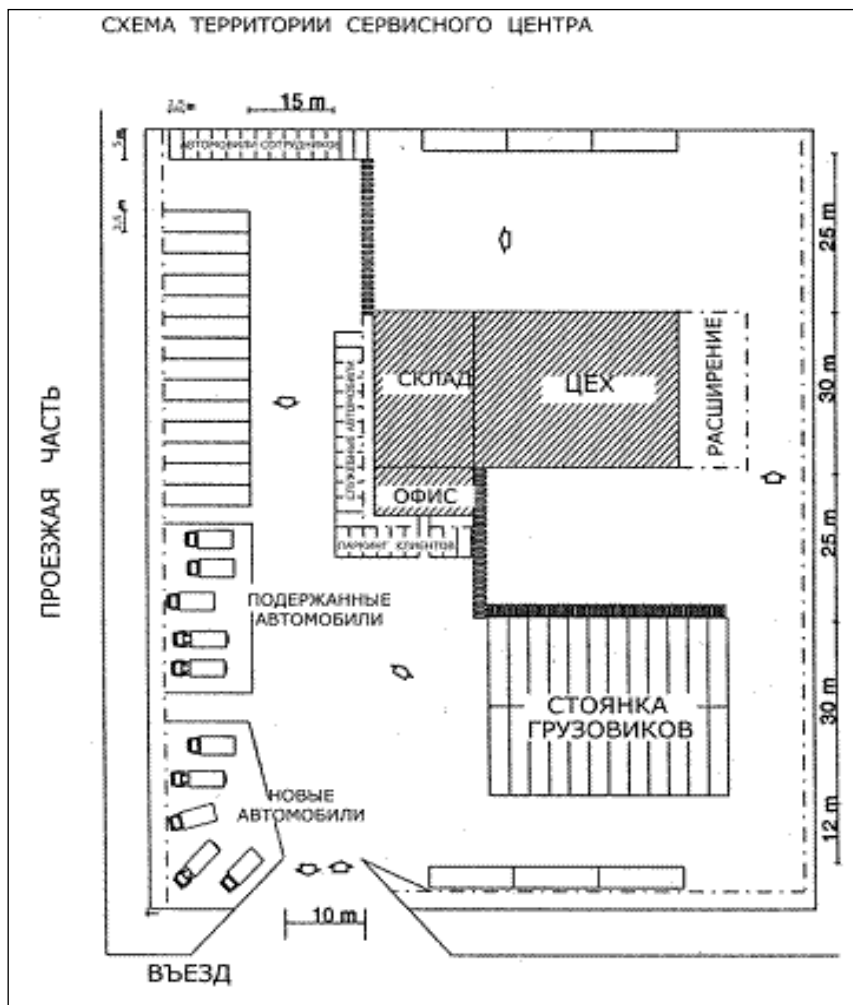


Рисунок 1 – Схема территории дилерского предприятия

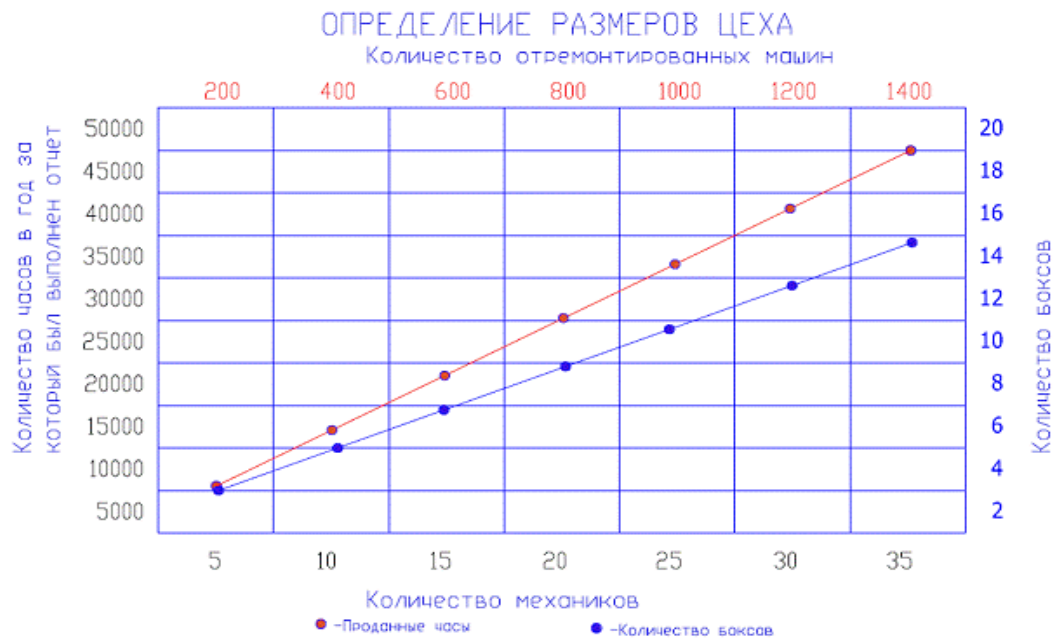


Рисунок 2 – График прогнозирования и анализа работы сервисных центров в зависимости от различных параметров

- с парковки для клиентов шоурума - через шоурум;
- с парковки для клиентов сервиса через дверь;
- без парковки, через ворота с остановкой автомобиля прямо перед воротами.

Желательно ограничить доступ клиентов в ремонтную зону.

Обязательно наличие оборудованной зоны для клиентов сервиса. Наличие стеклянного окна между этой зоной и сервисом позволяет клиентам наблюдать за ремонтом их автомобилей, а также дисциплинирует механиков. На рисунке 1 приведена схема территории дилерского предприятия.

Определяющим параметром организации фирменного сервисного центра по обслуживанию грузовых автомобилей Форд, является размер цеха.

Размер цеха зависит от количества и марочного состава автомобилей, эксплуатируемых в регионе, от предлагаемых цехом услуг, от ожидаемых объемов продаж и от оцененного удельного веса компании на рынке.

На размер цеха влияет разнообразие тягачей и различная длина транспортных средств, другие, менее значимые факторы.

В результате анализа различных факторов, был получен график (рис. 1), по которому можно прогнозировать и анализировать работу сервисных центров в зависимости от различных параметров.

Как видно на рис. 1, 20 механиков продают в год около 25 000 нормо-часов, ремонтируют и обслуживают 800 грузовиков и используют 8 боксов, при работе в одну смену (схема составлена на основании данных статистики по цехам, ЕС, 2015). На основании анализа графика можно рассчитать необходимое количество механиков и ремонтных боксов в цехах.

При аналогичных условиях загруженности сервиса, но для двусменной работы, потребовалось бы половина указанного числа боксов. Однако, при работе в две смены требуемое количество боксов рассчитывается как 75% от общего количества боксов, рассчитанных для односменной работы. Такой расчет принимается с целью дальнейшего развития продаж в регионе, так называемый запас прочности ремонтной зоны.

Цех не должен быть слишком большого размера, так как это может негативно отразиться на его рентабельности [1-5].

В Европе, как правило, подвижной состав из 350 транспортных средств в округе и цех, как минимум с тремя боксами, являются минимальным требованием для организации нового сервисного центра, если это будет экономически приемлемым.

Вывод:

Таким образом можно констатировать, что и производитель, и потребитель грузового автотранспорта, заинтересованные в надежности автомобилей, идут на дополнительные затраты по организации технического обслуживания, оптимизируя организационные формы.

Библиографический список

1. Козар, А.Н. Совершенствование услуг автосервисных предприятий / А.Н. Козар. - М. // Русайнс, 2017. – 352 с.
2. Волгин, В.В. Автосервис. Маркетинг и анализ / В.В. Волгин. - М. // Дашков и К, 2016. – 672 с.
3. Коваленко, Н.А. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей / Н.А. Коваленко. - М.: Инфра-М, 2017. – 248 с.
4. Епифанов, Л.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Л.И. Епифанов, Е.А. Епифанова. - М. // Форум, 2017. – 272 с.
5. Тойгамбаев, С.К. Размерный анализ подшипников скольжения при обжати / С.К. Тойгамбаев, П.В. Голиницкий // Вестник. Агроинженерия. Московский государственный агроинженерный университет им.В.П. Горячкина. – № 2 (58) –2013. – С 3-7.

УДК 631.3

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Северюгина Надежда Савельевна, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Канунников Станислав Игоревич, инженер кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Дана характеристика элементов пневматической тормозной системы по параметрам безопасности и эффективности. Выделен для метрологического контроля тормозной системы параметр «тормозной коэффициент». Обосновано применение систем электронного управления тормозами (ELB).*

Ключевые слова: *транспортные средства, эксплуатация, тормозная система, параметры, метрология, контроль, электронное управление*

Эксплуатация транспортных и технологических средств для потребителя должна быть не только эффективной, но и безопасной. Производители включают в конструкцию машин различные системы безопасности, среди которых одной из важнейших является тормозная система.

Тип тормозной системы определяется весовыми нагрузками на ходовую часть, чаще всего применяются тормозные системы с гидравлическим и пневматическим приводом рабочих механизмов торможения.

Рассматривая безопасность в качестве ключевого параметра для машин используемых для ведения сельскохозяйственных работ и работ по

природообустройству конструктивное применение пневматического привода в тормозной системе обеспечивает и экологическую безопасность, при случайных нарушениях работоспособности системы, исключается химическое загрязнение почв при утечках рабочей жидкости.

Типовая конструкция тормозного привода имеет компрессорный агрегат, аппаратуру управления и регулирования давлением воздуха, пневматический привод, ресивер для хранения сжатого воздуха и прочие распределительные устройства. Энергоснабжающие устройства обеспечивают рабочее давление в пределах 0,7-1,2 МПа (низкое давление) и 1,4-2,0 МПа (высокое давление), для тормозных систем грузовых автомобилей.

Стандартной европейской версией является двухконтурная тормозная система, одна линия (линия питания) подсоединяется к ресиверам тягача и прицепа или полуприцепа, которая постоянно находится под давлением. Вторая линия (линия торможения) идет от крана управления прицепом на тягаче до клапана тормозной системы прицепа. Если линия питания повреждается, клапан тормозной системы прицепа срабатывает, затормаживая прицеп.

Правила безопасной эксплуатации предусматривают фиксированные показатели падения давления в системе при неработающем двигателе транспортных средств и ограничения утечек в эксплуатационный период.

Четырехконтурный предохранительный клапан, расположенный между компрессором и ресивером обеспечивает безопасность работы при возникновении отказа в системе, продолжая поддерживать рабочее давление в магистрали. Блок – схема передающего устройства тормозной системы представлена на рисунке 1.

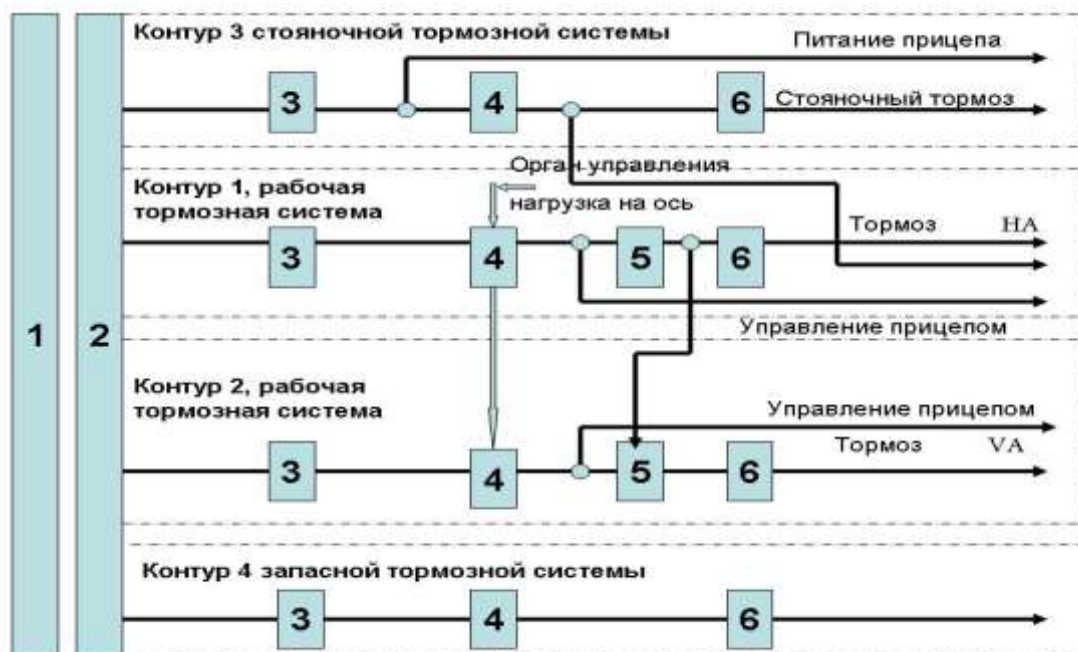


Рисунок 1 – Блок – схема: передающее устройство тормозной системы:
 1 – подача энергии; 2 – разделитель контуров; 3 – накопитель энергии; 4 – оборудование управления; 5 – регулятор тормозной силы, чувствительный к нагрузке; 6 – тормозная камера или цилиндр; VA – передний мост; НА – задний мост.

Важным элементом тормозной системы является автоматическое устройство для регулятора тормозной силы (ALB), позволяющий осуществлять метрологический контроль и ограничивать величину тормозной силы до идеального уровня распределения с предотвращением преждевременной блокировки колес задней оси. Применяется три вида регуляторов тормозной силы:

- ограничители тормозной силы (ограничивается повышение давления выше заданной «переходной точки»);
- уменьшители тормозной силы (изменяется величина тормозных сил, приближая значение к параболической «идеальной» кривой распределения тормозных сил, через включение клапана);
- лучевые регуляторы тормозной силы (обеспечивают оптимальное распределение тормозных сил даже при неудовлетворительных условиях нагружения).

Метрологический контроль тормозной системы для колесных тормозов барабанного типа обеспечивается через параметр: тормозной коэффициент C^* , который является оценочным критерием при характеристике показания отношения тормозной силы к силе воздействия. Следует отметить, что на эту величину влияют передаточные отношения в тормозе, коэффициент трения, который зависит от скорости, тормозного давления и температуры.

$$C^* = C_{ведущ\ кол} + C_{ведом\ кол}$$

В симплексном барабанном тормозе, базовой величиной для определения тормозного коэффициента является коэффициент трения, который принимается $\mu=0,38$, а отношение тормозной силы к приводной силе принимается ~ 2 .

С метрологической точки зрения данная конструкция имеет недостаток: значительная разница тормозного усилия между двумя тормозными колодками вызывает повышенный износ накладок ведущей колодки $C_{ведущ\ кол}$ по сравнению с замыкающей колодкой $C_{ведом\ кол}$ тормоза.

Применение в транспортных средствах большой грузоподъемности симплексного барабанного тормоза с S-образным разжимным кулачком, обеспечивает однородный износ тормозных колодок, обладает нечувствительностью к температуре разжимного устройства, обеспечивает точную регулировку при использовании автоматического компенсатора. Данная конструкция обладает недостатком: относительно низкого тормозного коэффициента C^* :

$$C^* = 4 (1/C_{ведущ\ кол} + 1/C_{ведом\ кол})$$

Дуплексные барабанные тормоза с плавающими колодками характеризуются включением в конструкцию тормоза двух разжимных устройств. Преимущества тормоза позволяет получить практически равномерное изнашивание накладок на обеих колодках и значительно увеличить внутреннее передаточное число по сравнению с симплексными барабанными тормозами. Наличие двух ведущих колодок повышает тормозной коэффициент $C^*=3$.

Следует упомянуть об устаревающей конструкции тормозных механизмов: барабанный тормоз с самоусилением, в которых тормозной коэффициент $C^*=5$, хотя и является достаточно высокой величиной, но это значение не стабильно из-за действия высоких температурных напряжений.

В настоящее время преимущественной конструкцией являются дисковые тормоза, которые предназначены для транспортных средств средней и большой грузоподъемности. Тормозные диски менее чувствительны к повреждениям, чем барабанные тормоза. Тормозной коэффициент $C^*=0,76$, при базовой величине $\mu=0,38$.

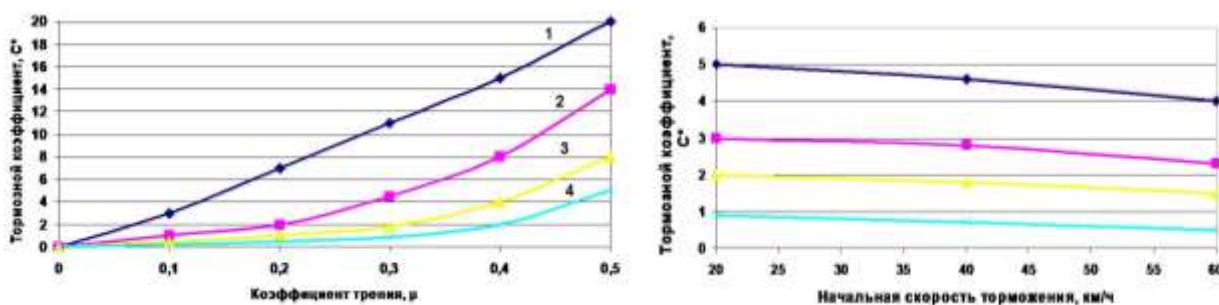


Рисунок 2 – Тормозной коэффициент C^* как функция коэффициента трения и начальной скорости торможения:

1 – барабанный тормоз с самоусилением; 2 – дуплексный барабанный тормоз с плавающими колодками; 3 – симплексный барабанный тормоз; 4 – дисковый тормоз.

Оптимизировать процессы сил тяги и торможения транспортных средств позволяет система электронного управления тормозами (ELB). В ELB управление производится посредством использования дополнительной информации и объединена с контроллером местной связи (CAN). Преимущества системы ELB объясняются способностью использовать сигналы, поступающие от других систем для управления тормозной системой. Надежность работы и плотность передаваемых данных потребители применения специального контроллера CAN между тягачем и прицепом, а также и для обеспечения связи между системой ELB и электронным блоком управления ECU тормозной системы и клапанами модулятора давления. Электронный блок управления ECU содержит обширную программу определения неисправностей в пределах действия всей системы. Все колеса оснащенные ELB, затормаживаются синхронно. Сбалансированы температурные напряжения и износ в тормозном механизме, оптимизируется сцепление между шинами и дорожным покрытием.

Электронный блок ELB ведет управление торможением транспортного средства, путем расчета оптимального уровня давления для каждого канала управления. Величины передаются к модулятору давления (DRM), расположенному в непосредственной близости от колеса посредством CAN тормоза. Каждый DRM оснащается всеми элементами, необходимыми для управления давлением. Если колеса пробуксовывают во время движения, то тяговое усилие уменьшается посредством сигнала исполнительного механизма,

проходящего к системе управления работой двигателя (ASR) через основной контроллер CAN или, в идеальном случае, колесо кратковременно тормозится.

При обнаружении отклонений от метрологически заложенных производителем и определении отказа в работе, с помощью блока отключается неисправная часть системы и вырабатывается код связанный с подробной регистрацией неисправности. Этот код может быть передан в ремонтные мастерские. Уникальность ECU заключается в автоматической адаптации к различным моделям транспортных средств [1-5].

Заключение

1. Дана характеристика элементов пневматической тормозной системы по параметрам безопасности и эффективности.

2. Представлена блок-схема передающего устройства системы управления тормозной системы.

3. Выделен для метрологического контроля тормозной системы параметр «тормозной коэффициент».

4. Рассмотрено изменение показателя для различных конструкций тормозных механизмов.

5. Обосновано применение для контроля тормозных характеристик транспортных средств и предсказания отказа, с передачей информации в ремонтные центры систем электронного управления тормозами (ELB).

Библиографический список

1. Автомобильный справочник . Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: Издательство «За рулем», 2008. – 896с.

2. Апатенко, А.С. Влияние срока службы машин на их эксплуатационную надежность при выполнении работ / А.С. Апатенко //Техника и оборудование для села. – № 10. – 2013. – С.4-6.

3. Апатенко, А.С. Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве / А.С. Апатенко, Н.С. Севрюгина // Техника и оборудование для села. – № 7. – 2019. – С.35-38.

4. Севрюгина, Н.С. Теория формирования технической безопасности полного жизненного цикла транспортных и технологических машин. Монография / Н.С. Севрюгина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 179с.

5. Севрюгина, Н.С. Теория формирования новых подходов к решению подходов к решению проблемы обеспечения технической безопасности дорожных и строительных машин / Н.С. Севрюгина // Строительные и дорожные машины. – № 04. – 2015. – С. 33-37.

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГ АВТОТРАНСПОРТНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ ПО РЕМОНТУ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ
ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

Севрюгина Надежда Савельевна, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Козлов Николай Михайлович, инженер кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Рассмотрены варианты информационного сопровождения ремонтного производства. Обосновано представление технической документации в модульной форме, что позволяет совершенствовать ремонтную технологичность, выявляя элементы лимитирующие безотказность работы, повышающие качество ремонтных воздействий и учитывающие ресурс машины в целом.*

***Ключевые слова:** транспортно-технологические машины, эксплуатация, агрегаты, ремонт, технология, качество, автотранспортное предприятие*

Поддержание работоспособного состояния узлов и агрегатов транспортно-технологических машин обеспечивается в авторемонтных предприятиях на специализированных участках. Т.к. конструкция агрегатов транспортных средств типизирована по функциональным признакам, а геометрическая сложность деталей конструктивно обоснована, то в процессе эксплуатации сложно реализуется принцип поддержания работоспособности.

Основным фактором снижения работоспособности является нарушение поверхности взаимодействия сопрягаемых деталей, изменения проявляются физически в форме вибраций, акустических шумов и при наступлении критического состояния отказом.

Задача производителей разработка надежной конструкции с приемлемыми затратами не только на изготовление, но и последующее обслуживание.

Рассмотрение научных исследований в области теории поверхностей, надежности и долговечности указывает на различные подходы.

Аналитический обзор показал, что все исследования направлены на изучения физики сочетаемых поверхностей, выполнение типовых функций.

Базанов Б.М. предлагает модульную технологию, базирующуюся на построении методом компоновки из типовых модулей технологического обеспечения модулей поверхностей. В данном случае, узел представляется совокупностью конструкций функциональных модулей поверхностей

взаимодействия между деталями, которая не зависит от технологии их изготовления (рис. 1).

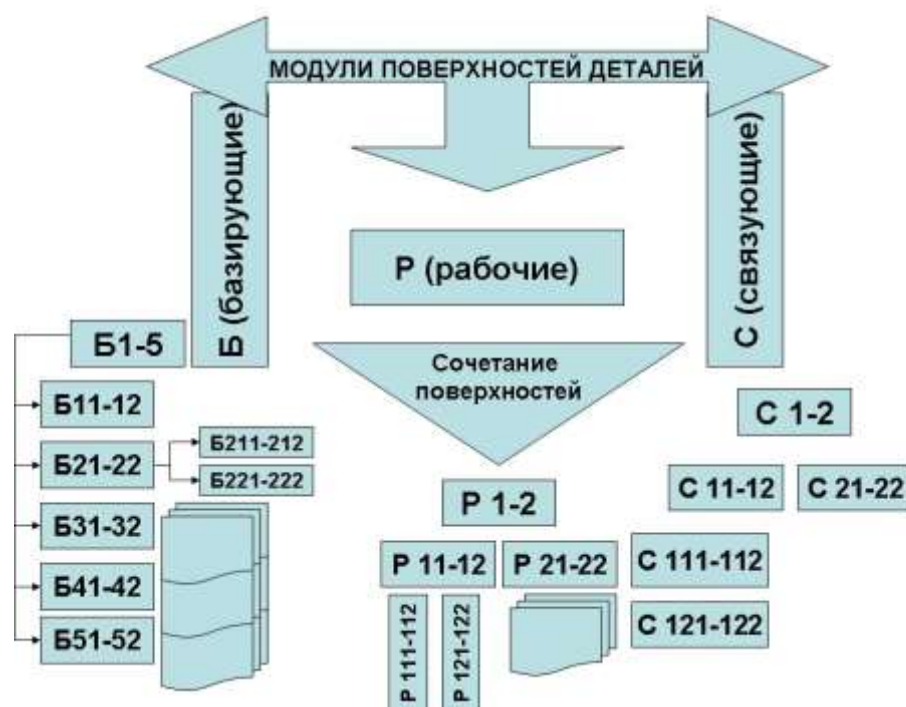


Рисунок 1 – Алгоритм описания технической системы через поверхности взаимодействия

Представляется, что снижение трудоемкости и затрат на ремонт узлов и агрегатов в ремонтном производстве можно достичь путем формирования единой элементной базы средств технологического обеспечения на основе системного подхода.

Формирование ремонтного производства требует существенных затрат на создание инфраструктуры, но не меньшее значение имеет и методическое обеспечение технологических процессов, которое в последствии обеспечит качество оказываемых услуг.

При поступлении машин в зону ремонта должна решаться задача восстановления работоспособности. Для качественного выполнения заявки требуется: инструментальное обеспечение, квалифицированный специалист и технологические карты пошагового конкретных ремонтных операций.

Методические материалы, карты, схемы и инструкции для выполнения ремонтных воздействий, технологических процессов разборки, сборки и дефектации, установления возможности восстановления узлов и агрегатов разрабатывает производитель.

Вопрос оценки остаточного ресурса остается открытым, т.к. в настоящее время этот параметр определяется расчетным путем, для выполнения которого единичные сервисные предприятия не имеют достаточного количества статистических данных.

Решать данную задачу можно различным путем, в данной работе предлагается метод составления технологических карт на базе модульного

моделирования с вероятностной моделью оценки остаточного ресурса сопрягаемых деталей.

Метод предлагает алгоритмическое описание агрегата через типовые модули производителя, на их базе формируются модули технологических процессов с требуемым технологическим оборудованием, инструментальным обеспечением и приспособлениями. Эта схема позволяет управлять развитием средствами технического обеспечения ремонтного производства.

Исключается избыточность разнообразия технологических процессов, недоиспользование средств технологического оснащения предприятия, что в целом повышает качество оказываемых услуг, и снижает общие производственные затраты предприятия.

Система построенная по принципу модульных технологий имеет следующие свойства: точность определения качественных признаков единичного модуля; вариационно определённое число и тип составляющих модулей; архитектурно определённый порядок составления моделей в систему.

Вероятностная модель остаточного ресурса формируется путем описания агрегата или системы на модульном уровне, путем замещения машины в целом, структурным, ресурсно определённым множеством модулей.

Общеизвестно разделение модулей на конструктивные и функциональные. Для машин в конструктивный модуль включается совокупность деталей и сборочных единиц, а в функциональный – часть технической системы самостоятельного объектного функционирования. Логично, что машина, как сложная техническая система создается для выполнения соответствующих целевых функций, т.е. может быть представлена совокупностью функциональных модулей. Иерархически функциональные модули разделяются на технологические и обслуживающие модули.

Применим предлагаемую модель для машин природообустройства, в частности, машины применяемые для благоустройства, озеленения и содержания жилых территорий городов.

Технологический модуль функционирования (ТМФ): озеленение и содержание жилых территорий городов путем использования специальных рабочих органов по разработке грунтов, обработке травяного покрова, уходу за кустарниками и деревьями.

Для реализации работы ТМФ требуются поддерживающие модули: функциональные обслуживающие (МФО). Например: машина для перемещения конструктивно дополнена мостами, которые могут квалифицироваться как поддерживающие обслуживания (ТМФ шасси – МФО мосты); МФТ – трансмиссия, обеспечивает передачу крутящего момента: МФО – сцепление, коробка переменных передач, главная передача и т.п. Архитектурная детализация переводит алгоритм ТМФ – МФО до уровня сопрягаемого соединения деталей, максимального уровня функциональной детализации.

Каждая деталь машины имея свое логически значимое конструктивное значение и функциональную определенность в модульной методике получает свое служебное назначение: базирующие (Б), рабочие (Р) и связующие (С).

Пространственно служебное назначение детали реализуется сочетанием поверхностей сопряжения, в методике Базанова Б.М. это описано понятием функционального модуля поверхностей (МП).

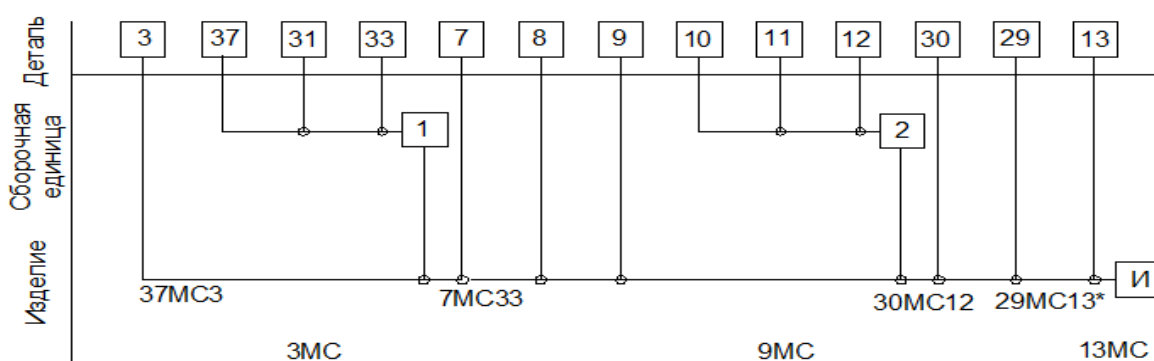
Дополнение сборочных чертежей технологической картой описания функциональных модулей по параметрам служебного назначения поверхностей детали упрощает понимание взаимодействия деталей в сборочных узлах и агрегатах.

Классификация модулей поверхностей представлена семью разновидностями базирующих модулей соединений. Соответственно, сборка агрегата переводится в разряд соединения деталей и сборочных единиц через связующие модули в пределах семи наименований.

При ремонте сборка является базовым процессом обеспечивающим последующее качественное функционирование узла и его ресурс. Поэтому важным является разработка модулей технологического процесса их соединения (МПС) и средств их технологического оснащения.

МПС представляет собой перечень определенной последовательности технологических и вспомогательных переходов, обеспечивающих соединение деталей по данному связующему модулю с требуемым качеством и производительностью.

Используя модифицированную методику составлена технологическая карта сборочного процесса, дополненная описанием характера поверхностей взаимодействия (рис. 2). В соответствии с классификацией формируется связующий модуль МС, представляющий собой сочетание поверхностей, включающее сложную поверхность (МС). Для упрощения восприятия схемы дано метрологическое описание сопрягаемых поверхностей, представленных: базовая (НП) и присоединительная (ВП), звездочкой указана обратная дробь.



$$37МС3 - \frac{НП37}{ВП3}; 37МС31 - \frac{НП31}{ВП37}; 31МС33 - \frac{ВП33}{НП31}; 7МС33 - \frac{НП7}{НП33};$$

$$7МС11* - \frac{ВП7}{НП11}; 11МС12 - \frac{ВП12}{НП11}; 31МС30 - \frac{ВП30}{НП31}; 30МС12 - \frac{НП12}{НП30};$$

$$10МС11 - \frac{НП11}{ВП10}; 13МС10 - \frac{НП10}{ВП13}; 29МС31 - \frac{НП31}{ВП29}; 29МС13* - \frac{НП29}{ВП13}.$$

Рисунок 2 – Модульное представление поверхностей взаимодействия

Представленный пример модульного построения технологического процесса сборки позволил сформировать маршрут не только последовательности сборочных операций, но и охарактеризовать связующие модули и поверхности сопряжения. Данный метод дает возможность с достаточной точностью установить ожидаемую трудоемкость процесса сборки и сопоставить варианты процессного маршрута.

Заключение

Рассмотрены варианты информационного сопровождения ремонтного производства.

Установлена недостаточная информативность с точки зрения оценки качества и остаточного ресурса узлов сборки агрегатов машины.

Предложено, используя типовую модель модульного проектирования, модернизированную методику составления технологических карт операционной сборки узла с дополнением информационной инфограммы поверхностей взаимодействия.

Представление технической документации в модульной форме позволяет совершенствовать ремонтную технологичность, выявляя элементы лимитирующие безотказность работы, повышающие качество ремонтных воздействий и учитывающие ресурс машины в целом [1-5].

Библиографический список

1. Апатенко А.С. Влияние срока службы машин на их эксплуатационную надежность при выполнении работ / А.С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – № 10. – 2013. – С.4-6.
2. Гриб, В.В. Многокритериальная оценка технического состояния механизмов и машин (динамика и изнашивание) В.В. Гриб, В.А. Зорин, И.И. Жуков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – № 6. – 2016. – С. 19-22.
3. Евграфов, В.А. Взаимосвязь эксплуатационно-технологических свойств машин и качества их технической эксплуатации в природообустройстве / В.А. Евграфов, А.С. Апатенко, А.И. Новиченко // Монография / Российский государственный аграрный университет – московская сельскохозяйственная академия имени К.К. Тимирязева. Москва, 2015. – 183с.
4. Севрюгина, Н.С. Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве / Н.С. Севрюгина, А.С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – № 7 (265). – 2019. – С. 35-38.
5. Севрюгина, Н.С. Теория формирования технической безопасности полного жизненного цикла транспортных и технологических машин. Монография / Н.С. Севрюгина. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 179с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

Новиченко Антон Игоревич, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Анисимов Андрей Валерьевич, аспирант кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** в статье рассмотрены методические вопросы разработки системы оценки производственной эксплуатации средств механизации в природообустройстве, ее влияния на эффективность функционирования технологических систем, предложена структура экспертной системы.*

***Ключевые слова:** уровень производственно-технической эксплуатации, надежность функционирования технологических систем, экспертная система, мультиагентное моделирование.*

В последние годы наблюдается значительное снижение эффективности использования средств механизации в природообустройстве. Как правило, это связано со снижением уровня технического и технологического оснащения производственных организаций.

Придерживаясь принятым программам импортозамещения для выполнения производственных задач и рационального планирования расходов, необходимо учитывать уровень производственно-технической эксплуатации технологической базы предприятий агропромышленного комплекса и изменять его в соответствии с фактическим состоянием парка машин.

Под уровнем производственно-технической эксплуатации понимается совокупность свойств осуществляемых процессов эксплуатации, от которого зависит соответствие этого процесса и результатов его реализации требованиям, установленным технологической документацией.

Повышение уровня производственной эксплуатации способно обеспечить высокий уровень эффективности производства механизированных работ, но для комплексного развития предприятия необходимо также управлять уровнем качества организации производственных процессов.

При решении подобных задач, преимущественно, организационно-экономического характера, целесообразно в качестве объекта исследования и оптимизации рассматривать не только самостоятельные технологические элементы в виде отдельных операций, но и целые технологические системы, включающие множество участников процесса со всей полнотой связей.

Данную задачу целесообразно решать путем реализации комплекса мероприятий по поддержанию надежности функционирования технологических систем предприятия.

Технологическая система (ГОСТ 27.004-85) – это совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства, заданных технологических процессов или операций [1]. К основным параметрам, отвечающим за надежность технологической системы, относятся параметры качества продукции, производительности и параметры затрачиваемых ресурсов [1].

Известно, что эксплуатационно-технологические параметры участников общего технологического процесса тесно взаимосвязаны, изменения в одном параметре неизбежно отразятся на характере проявления остальных [2].

Параметр производительности технологической системы, в свою очередь, напрямую зависит от особенностей технологического процесса, уровня качества эксплуатации парка машин предприятия, качества используемой техники и уровня организации производственных процессов [3].

Предлагаемая методика определения комплексного показателя уровня качества производственно-технической эксплуатации, подразумевает использование метода экспертных оценок. Обобщенный показатель качества эксплуатации технологических систем должен учитывать такие основные производственные показатели, как:

1. качество проведения технического обслуживания и ремонта машин (соблюдение периодичности регламентных работ, полнота проведения регламентных работ, наличие необходимой технологической оснастки, подготовленность технического персонала, качество запасных частей и пр.);

2. качества подготовленности механизаторских кадров (общий стаж работы, классность машиниста, уровень профессиональной подготовки);

3. качество применяемых эксплуатационных материалов (качество топлива, масел и прочих технологических жидкостей, консервационных материалов и средств ухода; соблюдение сортамента применяемых эксплуатационных материалов);

4. качество подбора средств механизации в состав технологического комплекса (эксплуатационно-технологические свойства машин и оборудования, степень согласованности параметров машин и оборудования для совместной реализации производственной задачи, возраст и общее состояние машин);

5. качество обеспеченности технологической системы материально-техническими средствами (своевременность снабжения необходимыми технологическими материалами, соответствие материалов требованиям технологического процесса, качество обеспечения электрической энергией, технологическими и расходными материалами);

6. качество организации производственного процесса (наличие опытных специалистов по производственному менеджменту, комплекта технологической документации, информационных систем поддержки принятия решений).

Обобщенный показатель, характеризующий уровень производственно-технической эксплуатации средств механизации, определяется по формуле [2]:

$$K_o = \frac{\sum_{j=1}^n K_j f_j}{\sum_{j=1}^n f_j}, \quad (1)$$

где K_j – частный показатель, характеризующий j -й основной фактор;
 f_j – коэффициент весомости j -ого основного фактора.

Значение K_j подсчитывается из выражения [2]:

$$K_j = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m A_i}, \quad (2)$$

где A_i – оперативное значение определяющего фактора;
 m – количество определяющих факторов для каждого основного фактора.

Определив обобщенный показатель качества можно судить об уровне организации производственно-технической эксплуатации элементов, входящих в состав технологической системы. Однако, такой показатель не обладает достаточной информативностью и не позволяет выявить неочевидные проблемы в деятельности организации. В связи с этим необходимо создать инструмент по выявлению недостаточно увязанных элементов технологической системы [3].

Задачи такого уровня успешно решаются с помощью экспертной системы, построенной на основе мультиагентного имитационного моделирования. Оценка надежности функционирования технологической системы может определяться на различных этапах реализации производственного задания с возможностью учета стадии выполнения производственных задач и распределения ресурсов в соответствии с разработанной технологией ведения работ [3].

Такой подход к построению структуры экспертной системы поддержки технологических процессов предполагает формализацию его элементов, описание взаимосвязей и выбор уровня декомпозиции элементов технологической системы. Основной задачей экспертной системы в данном подходе является выработка организационных решений, основанных на оценке качества функционирования технологических систем предприятия и результатов имитационного моделирования функционирования технологических комплексов машин. Данная задача обусловлена необходимостью повышения эффективности эксплуатации машинного парка мелиоративно-строительных организаций и корректирования состава комплексов машин для механизации технологических процессов в природообустройстве по различным критериям оптимизации: минимальная стоимость выполненных работ, минимальный срок выполнения работ, минимум энергозатрат, минимум использования средств механизации и пр.

В формировании структуры экспертной системы самым сложным и важным этапом разработки является создание и накопление базы знаний. Так как любой технологический процесс носит динамический характер, то его описание оправдано применением средств имитационного моделирования.

Подход к описанию структуры имитационной модели технологического процесса предполагает формализацию его элементов, описание взаимосвязей и декомпозиция моделируемых процессов.

Для описания характера производственно-технической эксплуатации средств механизации необходимо также выявить множество эксплуатационно-технологических параметров, влияние которых наиболее тесным образом коррелирует с параметрами технологического процесса, например: объем рабочего органа, продолжительность основного технологического цикла, возраст или суммарная наработка машины, показатели надежности [4, 5].

На основе рассмотренных особенностей можно описать имитационную модель, которая будет осуществлять подбор наиболее рациональных параметров технологического процесса и в целом структуры технологической системы в природообустройстве, предлагать возможные варианты согласования эксплуатационно-технологических параметров элементов технологической системы и предоставлять статистические данные для осуществления обобщенной оценки качества функционирования производственной системы предприятия.

Библиографический список

1. ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике: Системы технологические. Термины и определения. – М.: Изд-во Стандартов, 1986.– 10 с. Введ.01.07.1986.
2. Тойгамбаев, С.К. Исследования по оптимизации и эффективности использования машинотракторного парка предприятия / С.К. Тойгамбаев, В.А. Евграфов // Механизация и Электрификация сельского хозяйства. Теоретический и научно-практический журнал. – № 5. – 2016. – С. 28-33.
3. Евграфов, В.А. Применение мультиагентного подхода при формировании оптимального состава парка машин в среде имитационного моделирования AnyLogic / В.А. Евграфов // Научное обозрение. – 2015. – №24. – С. 123-127.
4. Тойгамбаев, С.К. Размерный анализ подшипников скольжения при обжати / С.К. Тойгамбаев, П.В. Голиницкий // Вестник. Агроинженерия. Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – № 2 (58). – 2013. – С. 3-7.
5. Новиченко, А.И. Повышение эксплуатационной технологичности средств механизации в природообустройстве с помощью контрольно-информационных систем: дис...канд. техн. наук. Новиченко, А.И. – МГУП.– Москва, 2011. – 178 с.

МУЛЬТИАГЕНТНОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Подхватилин Иван Михайлович, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Новиченко Антон Игоревич, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Горностаев Владислав Игоревич, ассистент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье рассмотрен обобщенный методический подход к решению задач оптимизации технологических систем в природообустройстве с учетом характера производственных процессов, условий функционирования и уровня производственно-технической эксплуатации их элементов с использованием методов мультиагентного имитационного моделирования.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровой двойник, компромиссные решения, оптимизация технологических процессов, метод мультиагентного моделирования, технологические системы, природообустройство.

В последнее время с активным развитием компьютерных технологий во всем мире широкое распространение получила цифровизация во всех сферах социально-экономической деятельности. Наша страна не является исключением и распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р была утверждена программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Одной из целей этой программы является создание экосистемы цифровой экономики Российской Федерации, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности и в которой обеспечено эффективное взаимодействие, включая трансграничное, бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан.

Цифровая экономика представлена тремя следующими уровнями, которые в своем тесном взаимодействии влияют на жизнь граждан и общества в целом: рынки и отрасли экономики (сферы деятельности), где осуществляется взаимодействие конкретных субъектов; платформы и технологии, где формируются компетенции для развития рынков и отраслей экономики; среда, которая создает условия для развития платформ и технологий и эффективного взаимодействия субъектов рынков и отраслей экономики и охватывает нормативное регулирование, информационную инфраструктуру.

Предприятия природообустройства являются неотъемлемой частью многих отраслей народного хозяйства, в том числе водохозяйственного строительства, природопользования и охраны земель.

Сегодня для успешной работы предприятий природообустройства необходимо организовывать и внедрять «цифровое производство», под которым можно понять, прежде всего, использование технологий моделирования производственных процессов и всех сопутствующих процессов, протекающих на предприятии. По сути, речь идет о создании Цифровых двойников производства и технологических систем.

Цифровой двойник является сложным программным продуктом, который создается на основе сложных алгоритмов описания работы каждого элемента системы и накопленных баз знаний. Помимо данных, полученных на стадии разработки и изготовления продукта Цифровой двойник продолжает собирать и анализировать данные во время всего жизненного цикла реального объекта с помощью функций самообучения, с помощью накопления информации в базах знаний, в том числе, с помощью многочисленных сенсоров, которыми необходимо оснащать элементы моделируемой технологической системы.

Данная технология позволяет моделировать различные ситуации, которые могут возникать на производстве. Цифровой двойник дает возможность подбирать наиболее рациональные сценарии реализации технологических процессов, предупреждать и избегать сбоев и форс-мажорные ситуации.

Цифровой двойник технологической системы, точнее метод с помощью которого он создан (мультиагентное имитационное моделирование), позволяет в режиме реального времени решать локальные оптимизационные задачи. Помимо оптимальных решений модель позволяет выявить компромиссные решения, которые способны реализовать поставленные задачи с показателями, приближенными к оптимальным по нескольким критериям.

В предыдущих исследованиях авторами были обосновываны критерии оптимальности, наилучшим образом подходящие для организаций природообустройства: продолжительность выполнения работ и суммарные приведенные затраты. Данные критерии позволяют обеспечить высокий уровень конкурентоспособности, максимально быстро выполнять работы и уменьшать затраты на производство работ без потери качества.

Технологическая система в производственных процессах природообустройства – это взаимоувязанная совокупность строительной и специализированной техники, материалов и исполнителей, предназначенных для выполнения в условиях производства заданного технологического процесса в соответствии с проектной документацией и нормативными требованиями.

Следует различать четыре иерархических уровня технологических систем:

1. Технологическая система операции обеспечивает выполнение одной заданной технологической операции.

2. Технологическая система процесса включает в себя в качестве подсистем совокупность технологических систем операций, относящихся к одному методу или к одному виду производимой продукции.

3. Технологическая система производственного подразделения состоит из технологических систем процессов и операций, функционирующих в рамках данного подразделения.

4. Технологическая система предприятия состоит из технологических систем его производственных подразделений.

Общий вид функционального описания взаимодействия элементов технологической системы в области природообустройства имеет следующее описание:

$$S = \{t, c, x, q, y, \varphi, \beta\}, \quad (1)$$

где t – область временных периодов; c – множество возможных входных возмущений;

x – набор мгновенных значений входных возмущений; q – множество состояний; y – набор значений выходных величин; φ – переходная функция состояния системы;

β – отклик системы.

Одной из основных задач исследования является построение цифрового двойника технологической системы предприятия природообустройства, что включает в себя построение сложной иерархической сети, включающей в себя технологические системы операций, технологические системы процессов и технологические системы производственного подразделения. На сегодняшнем этапе работы успешно реализовано моделирование технологической системы производственного подразделения. В дальнейшем необходимо более тщательно проработать вопрос условий эксплуатации, связанных с технической эксплуатацией машин и оборудования предприятий природообустройства.

Функциональная схема технологической системы имеет общий вид. На входе задается предмет труда, а на выходе товар или услуга. Взаимосвязь между элементами технологической системы изображена на рисунке 1.

Используя имеющееся описание свойств изучаемой системы, следует обобщить и скорректировать некоторые свойства в соответствии с имеющимися знаниями о технологических системах. Описание технологической системы реального технологического процесса сводится к определению основных элементов и установлению влияющих воздействий от компоненты к компоненте.

У каждой технологической системы свои отличные от других условия эксплуатации. Все условия эксплуатации можно разделить на две группы.

В первую группу входят те условия эксплуатации, которые мы учитываем, но не можем на них повлиять, сюда относятся, природно-климатические условия, условия, обусловленные технологическим процессом производства.

Во вторую группу входят условия, которые мы можем и должны регулировать для улучшения работы всей системы сюда относятся уровень технической эксплуатации, профессионализм персонала. Большая доля затрат предприятия природообустройства связана с простоем машин и

технологического оборудования в результате внезапных отказов, что в свою очередь сильно зависит от уровня технической эксплуатации.

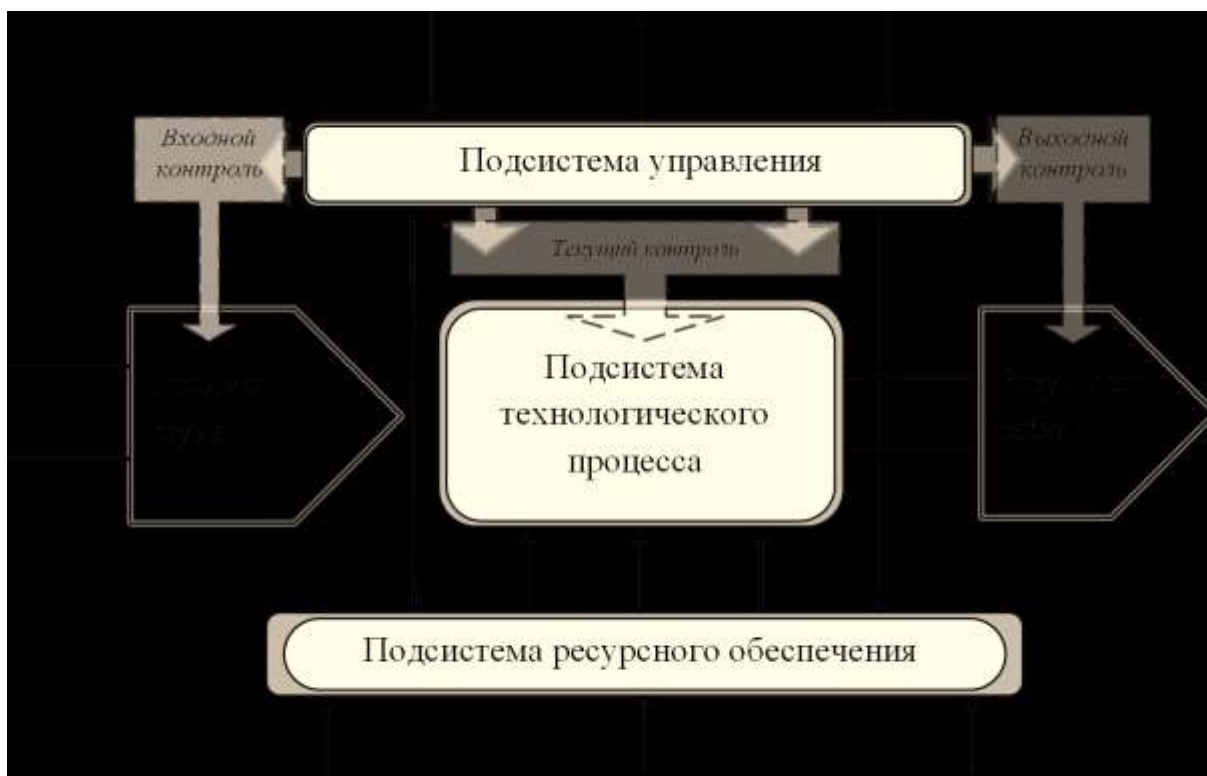


Рисунок 1 – **Функциональная схема технологической системы**

Построение цифрового двойника производственно-технической базы предприятия со всеми подразделениями, отвечающими за восстановление работоспособного состояния машин и оборудования позволит выявить слабые места и усилить их, тем самым снизить затраты на эксплуатацию и потери от простоев техники.

Для решения поставленных задач на наш взгляд подходит именно мультиагентное имитационное моделирование. При традиционных подходах имитационного моделирования объекты моделирования представлены в пассивном виде или как среднее арифметическое значение. Эти методы не учитывают индивидуальных особенностей каждого из моделируемых объектов. Но на наш взгляд именно в силу особенностей описания каждого элемента как активного участника системы может изменяться динамика всей системы в целом. Агентное моделирование рассматривает объекты как активные, взаимодействующие между собой элементы, способные проявлять индивидуальные свойства. По этой причине можно считать агентное моделирование наиболее предпочтительным традиционным подходом. При мультиагентном моделировании есть возможность воздействовать на объекты моделирования, а значит можно найти такие управляющие воздействия на агентов, которые могут привести к желаемой динамике состоящей из них сложной системы. Все это позволит создать систему поддержки принятия

решения предприятием, что позволит успешно выполнять необходимые задачи с получением прибыли и в заданные сроки [1-5].

Библиографический список

1. Горностаев, В.И. Повышение эффективности эксплуатации парка машин в природообустройстве с помощью информационно-экспертных систем: дисс... канд. техн. наук Горностаев В.И. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – С. 203.

2. Анисимов, А.В. Исследование сложных организационно-технологических систем в АПК методом статистических испытаний с применением распределенных вычислений / А.В. Анисимов, А.И. Новиченко, В.И. Горностаев // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 100-летию И.С. Шатилова, г. Москва, 6-7 июня 2017 г.: Сборник статей.– М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017.– С. 318-319.

3. Евграфов, В.А. Применение мультиагентного подхода при формировании оптимального состава парка машин в среде имитационного моделирования AnyLogic / А.И. Новиченко, И.М. Подхватилин, В.А. Евграфов, В.И. Горностаев, А.В. Анисимов // Научное обозрение: науч.-практ. журн. – № 24. – 2015. – С.123-127.

4. Тойгамбаев, С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Тойгамбаев С.К. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва. 2000.

5. Улыбин, А.В. Мультиагентный подход в имитационном моделировании / А.В. Улыбин, А.А. Арзамасцев // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, – Т.15. – № 5. – 2010. – С.1470-1471.

УДК 656.073.9

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Горностаев Владислав Игоревич, ассистент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Некрасов Сергей Игоревич, инженер кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: в статье проведен анализ основных элементов для функциональной модели транспортного обеспечения, по результатам которого определен ряд выполняемых системой функций, состав подсистем и их взаимосвязи

Ключевые слова: функциональная модель, транспортное обеспечение.

Современная экономика требует от транспорта не только перемещения грузов, но и глубокой интеграции в процессы производства, снабжения. Для удовлетворения этих требований транспортные системы становятся все более сложными, используя инновационные решения, такие как космические системы слежения и связи, методы адаптивного управления транспортной системой в режиме реального времени, интегрированные системы доставки с использованием нескольких видов транспорта и т.д.

Главное внимание привлекают интегративные исследования в области складской и транспортной логистики, ввиду их гармоничной зависимости друг от друга и объединению их для осуществления технологических операций [1, 2].

В процессе интеграции все этапы и операции управления грузопотоками рассматриваются как единое целое, затраты на этих этапах оцениваются как взаимосвязанные, требующие скоординированного подхода при своевременном качественном обеспечении груза с наименьшими затратами. В связи с этим особое значение приобретает организация транспортных процессов, оказание транспортных услуг по доставке грузов.

Важным свойством структуры являются свойства элементов, которые существенно зависят от характера связей между ними. Прямые связи предназначены для передачи веществ, энергии, информации или их комбинаций одного элемента к другому в соответствии последовательностью выполняемых функций. Обратные связи в основном имеют функцию управления процессами; как правило, информационными. Элементный состав может содержать однотипные элементы, разнотипные или смешанные.

Транспортное обеспечение – это сложная динамическая система, состоящая из элементов, которые объединяются в операции, формируют отдельные процессы, на которые влияют экономические, коммерческие, правовые, организационные и управленческие методы. Кроме того, на определенном этапе транспортного обеспечения возникают различные виды смежных операций, в том числе страхование грузов, транспортных средств и ответственности перевозчиков, хранение и агентирование транспортных средств, техническое обслуживание и т.д. На каждом этапе транспортного обеспечения необходима организация информационного обеспечения участников транспортного процесса. В качестве элементных групп транспортного обеспечения могут приниматься:

- Технические элементы транспортного обеспечения требуют, прежде всего, согласования технических, физико-химических и других характеристик и свойств перевозимых грузов с технико-эксплуатационными параметрами и характеристиками транспортных средств с целью защиты товара прежде всего от атмосферных, температурных и динамических воздействий при перевозке, перегрузке и технологическом хранении.

- Технологические включают в себя совокупность способов перевозки груза, когда в транспортных процессах создаются особые условия и режимы, способствующие повышению экономичности и качества транспортного обслуживания.

- Организационные содержат информационное обеспечение транспортных процессов, построение организационных структур управления транспортных организаций, участвующих во внешнеэкономической деятельности.

- Экономические охватывают меры государственного регулирования: налоговая политика для транспортных предприятий, таможенное регулирование временного ввоза транспортных средств, пограничные сборы за прохождение товаров через государственную границу [3-5].

Функциональное описание раскрывает принципы функционирования системы или некоторой ее структурной части, как компоненты целого. Оно необходимо для определения места системы, оценки ее отношения к другим системам.

Как правило, подсистемы обеспечивают выполнение процессов для достижения цели функционирования системы. Управление системой поддерживается наличием обратных связей, передающих информацию о соответствии цели результатам процессов и функционирования подсистем.

В результате проведенной работы был сформирован ряд выполняемых системой функций, состав функциональных подсистем, их взаимосвязи. Исследования рассматриваемой системы показали, что при нарушении поставки ресурсов (грузов) вся система не может функционировать.

В свою очередь можно выделить ряд основных характеристик элементов влияющих на транспортный процесс: грузоподъемность, скорость, средний расход топлива, ресурс, объем кузова, длина маршрута, пробег, вид груза, способ выполнения ПРР, размер партии, срочность.

Таким образом, проведенные исследования показали, что функционирование исследуемой системы зависит от причинно-следственных связей между ее составными элементами, в свою очередь это позволяет нам составить модель объекта. Полученная таким образом модель может быть наглядно представлена в пространстве свойств или параметров, что дает возможность проведения ее последующего анализа и обработки.

Библиографический список

1. Некрасов, С.И. Предпосылки интегрирования методов управления складской и транспортной логистики с целью повышения эффективности планирования транспортных процессов / Некрасов Сергей Игоревич // Молодой ученый №46 – М., 2018.– 47-51 с.

2. Горев, А.Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие / А.Э. Горев; СПбГАСУ. – СПб. – 2010. – 214 с.

3. Правдина, Н.В. Транспортное обеспечение коммерческой деятельности: учебное пособие / сост. Н.В. Правдина. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 89 с.

4. Тойгамбаев, С.К. Стенд для обкатки и испытания двигателей / С.К. Тойгамбаев // Актуальные проблемы современной науки № 5, (78) – 2014. – С. 39-42.

5. Новиченко, А.И. Информационное обеспечение транспортного процесса в организациях агропромышленного комплекса / А.И. Новиченко, В.И. Горностаев // Материалы международной научно-технической конференции Наземные транспортно-технологические комплексы и средства. –2015. – С.239-242.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОИЗВОДСТВЕННО- ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ

Подхватилин Иван Михайлович, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Рассмотрены основные методы функционального моделирования в решении задач производственно-технической эксплуатации машин в природообустройстве.*

***Ключевые слова:** функциональное моделирование, производственно-техническая эксплуатация.*

Современные тенденции развития экономики России направлены в сторону цифровизации, в соответствии с государственной программой «Цифровая экономика Российской Федерации». Согласно целям, поставленным перед программой инструментами для их реализации будут являться следующие информационные технологии: большие данные; нейротехнологии и искусственный интеллект; системы распределенного реестра; квантовые технологии; новые производственные технологии; промышленный интернет; компоненты робототехники и сенсорики; технологии беспроводной связи; технологии виртуальной и дополненной реальностей [1].

Использование современных технологий в управлении производственными процессами в сельском хозяйстве, наиболее эффективно, может быть использовано при планировании и распределении ресурсов предприятия по видам работ.

Первым этапом для изучения любой сложной системы является ее структурное и функциональное описание. На сегодняшний день существует множество методов описания сложных систем в виде функциональных моделей. В качестве инструмента для описания функциональной модели имеет смысл воспользоваться технологиями IDEF. У данного метода существует несколько типовых подходов различаемых цифровым обозначением после названия. Мы считаем, что для описания процессов протекающих в задачах производственно-технической эксплуатации, наиболее подходящим является способ графической нотации IDEF0. Она позволяет графически раскрыть взаимосвязи между всеми элементами, изучаемой системы и установить влияние всех факторов, влияющих на изучаемый процесс, которые могут быть представлены как «механизм», «ресурс» и «управление» [2].

Особенностью такого подхода является использование аналогичного правила описания для каждого объекта внутри системы, что в конечном итоге

позволяет описать все возможные связи между элементами изучаемой системы. Например, при изучении трех объектов внутри одной системы, их графическое представление по технологии IDEF 0 будет в следующем виде (рис. 1):

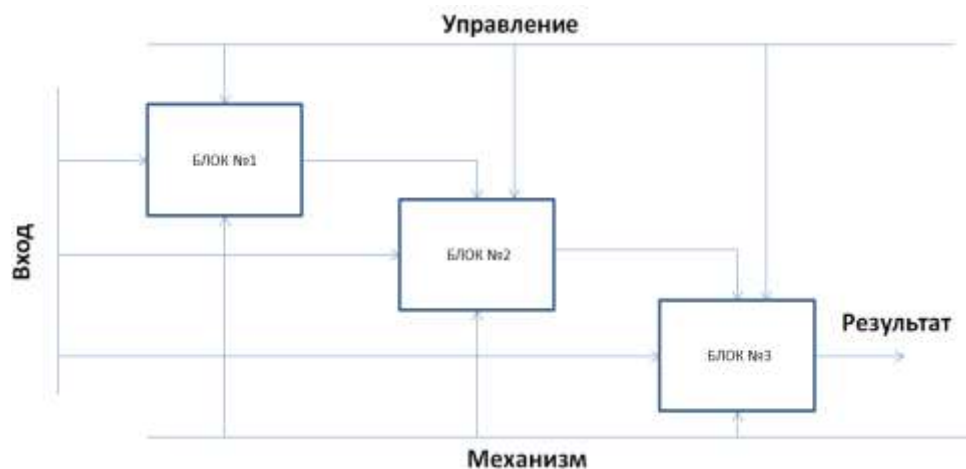


Рисунок 1 – Графическое представление трех объектов, согласно методологии IDEF0

Производственная деятельность предприятия природообустройства, как правило, выполняется комплексами машин и технологическим оборудованием (механизм). Технология работ и условия их проведения, в соответствии с графической нотацией является «управлением». Ресурсом для работ природообустройства (вход) являются применяемые материалы, топливо и т.д.

Из этого следует, что процесс будет выполняться стабильно, при условии, что все элементы в наличии и функционируют. Иначе неизбежны простои, разделяемые на технологические и технические. Учесть влияние технологических простоев возможно при компьютерном моделировании, которое можно реализовать на основе разработанной функциональной модели. Технические простои, как правило, возникают в результате внезапных отказов, что невозможно спрогнозировать без статистики по изучаемым машинам. Также, следует отметить, что наличие случайных процессов в любых технологических системах природообустройства требует большого повторения компьютерных экспериментов. Целью моделирования производственных процессов, как правило, является определение наиболее эффективных сочетаний исполняющих элементов или технологий производства работ в соответствии с критериями оптимизации. Существует множество различных критериев оптимизации при производстве работ комплексом машин природообустройства из которых следует выделить: минимум затрат на производство работ и минимальная продолжительность работ.

Учитывая, большие объемы компьютерных экспериментов и схожесть в описании однотипных объектов исследования, мы предлагаем применить технологию паспортизации по отношению к каждому типу элементов системы. Разрабатываемые формы должны быть взаимозаменяемыми, но при этом и индивидуальными. Они должны отображать основные технические

характеристики объектов исследования, влияющие на производство работ. С технической точки зрения, элементы, описывающие технологические машины, дополнительно должны обладать статистикой, накопленной в результате наблюдений за реальными машинами, эксплуатируемыми в аналогичных условиях. В качестве примера описания технологической машины для компьютерного моделирования с помощью технологии паспортизации на рисунке 2 изображен паспорт бульдозера Komatsu D65E-12.

Паспорт технического средства
Технический паспорт

Общая информация
 Тип: Бульдозер Вид двигателя: дизельный
 Марка: Komatsu D65E-12 Тяговый класс: 9

Параметры оборудования
 Объем раб. органа (ковша), м³: 5.6 Время цикла, с: 0

Теоретич. произ-ть, м³/час: 125 Техническая произ-ть, м³/час: 0

Параметры отказов

Среднее число отказов на 1000 мото·ч		Диапазоны времени восстановления, ч	
I гр. 5.6	Вер. отк. 0.60	I гр. (дизайн) 1-2.5	Коэф. восст. k1 1
II гр. 2.4	Вер. отк. 0.20	II гр. (дизайн) 5-7.5	k2 1
III гр. 0.9	Вер. отк. 0.1	III гр. (дизайн) 10-20	

Параметр потока отказов, ед/ч*1000: 8,900 Задан горючее: Нарработка, мото·ч: 2492
 Средняя наработка на отказ, мото·ч: 112,360 Задать

Проведение ремонтно-обслуживающих работ

Периодичность проведения, мото·ч	Время на проведение ТО, ч	Допуск (Отказ-ТО)
Тех. обл. ТО-1: 60	Тех. обл. ТО-1: 5	20
Тех. обл. ТО-2: 240	Тех. обл. ТО-2: 10	
Тех. обл. ТО-3: 960	Тех. обл. ТО-3: 17	
Кап. ремонт: 6000	Кап. ремонт: 22	

Технические параметры
 Мощность двигателя, кВт (л.с.): 132 Скорость передвижения, км/ч: 50

Тип и расход топлива
 Тип исп. топлива: дт Средний расход топлива: Komatsu Определили

Отмена Обновить Сохранить

Рисунок 2 – Паспорт бульдозера Komatsu D65E-12

Используя аналогичную технологию паспортизации для всех изменяемых в процессе исследования элементов изучаемой системы, при ее моделировании, появляется возможность реализовать серии компьютерных экспериментов, сравнение результатов которых позволит предложить наиболее эффективные из них по отношению к технологическому процессу [3-5].

Библиографический список

1. Федеральная целевая программа «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28 июля 2017 г. №1632-р.
2. Новиченко, А.И. Повышение эффективности использования средств механизации в сельском хозяйстве с помощью технологий имитационного моделирования / А.И. Новиченко, И.М. Подхватилин, В.И. Горностаев // Инновации и инвестиции. – №12. – 2014. – С.184-186.
3. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. Диссертация на соискание

ученой степени кандидата технических наук Тойгамбаев С.К. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва. 2000.

4. Горностаев, В.И. Функциональное моделирование технологических систем в задачах оценки эффективности механизированных процессов в природообустройстве / В.И. Горностаев, В.А. Евграфов, А.И. Новиченко, И.М. Подхватилин, А.В. Анисимов // Научное обозрение. – №24. – 2016. – С.85-89.

5. Шнырёв, А.П. Основы надёжности транспортных и технологических машин / А.П. Шнырёв, С.К. Тойгамбаев. Учебное пособие для студентов технических ВУЗов УМО МГУП Издательская «Компания Спутник +» 2006. – 123 с.

УДК 631.311.5

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Теловов Нормурод Кандахорович, старший преподаватель кафедры машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Рассмотрены вопросы обработки почвы для улучшения структуры сельскохозяйственных земель, с разными сельскохозяйственными оборудованием, показаны достоинства и недостатки. Предложен один из путей улучшения структуры почвенного слоя сельскохозяйственных земель, без оборота пласта и снижения тягового сопротивления в процессе работы глубокорыхлителя.*

***Ключевые слова:** почва дисковая борона, плуг, культиватор и глубокорыхлитель производительность, однородность комков почвы.*

Современный сельскохозяйственный рынок предлагает широкий ассортимент почвообрабатывающей техники. Предлагаем читателям ознакомиться с перечнем основных разновидностей агрегатов для обработки земли. С его помощью вы сможете подобрать оптимальный вариант машины, рабочие параметры которой будут полностью соответствовать характеристикам почвы на участке, технологиям и уровню севооборота.

Для обработки почвы в современном сельском хозяйстве применяются различные виды почвообрабатывающих орудий и комплексов почвообрабатывающих орудий, таких как; дисковые бороны, сетчатые бороны, культиваторы, плуги различных конфигурации и т.д. Специалистам известны их недостатки и преимущества, вкратце скажем о сетчатых боронах, а для примера рассмотрим недостатки и преимущества культиваторов в сравнении с предложенной нами конструкцией глубокорыхлителя – удобрения почвы.

Сетчатая борона – ещё одна разновидность сельскохозяйственной техники, при помощи которой осуществляется обработка почвы. Она становится

отличным помощником в решении актуальных агротехнических проблем. На данный момент в сельском хозяйстве сорняки, которые засоряют собой культурные посевы, убираются преимущественно механическим способом. Самый продуктивный способ борьбы с ними – боронование посевов. Сетчатая борона помогает провести эту процедуру правильно.

Культиваторы, делая обзор техники для обработки почвы, нельзя обойти вниманием и культиваторы. Они представлены различными видами, но у работников сельского хозяйства популярны культиваторы сплошной обработки (рис. 1). Их конструкция состоит из нескольких рядов рабочих «лап» (от 2 до 8). Каждый из них принадлежит к определённому типу и помогает производить как мелкостерневую, так и более основательную, глубокую обработку грунта.

Универсальный культиватор способен тщательно перемешать органические остатки, не активизируя при этом рост корневищ сорных растений. Чтобы эффект от применения агрегата был максимальным, рекомендуется чередовать обработку им с рыхлением грунта дисковыми боронами.

Преимущества культиваторов: а) Идеально подходят для повторной обработки почвы; б) Дают хороший эффект обработки грунта на глубину 8 см; в) Осуществляют рыхление пахотных слоёв земли; г) Равномерно перемешивают все растительные остатки; д) Характеризуются лёгким и удобным в применении устройством; е) Способствуют рыхлению колес, оставшихся после прохождения тяжёлой сельскохозяйственной техники; ё) Рекомендованы к использованию перед посевными работами на хорошо мульчированной земле.



Рисунок 1 – Культиватор в процессы обработки почвы

Основные недостатки универсального сельскохозяйственного культиватора таковы: а) агрегату необходимо больше мощности, если у него много лап; б) если машина не оснащена защитными элементами для прикатывания разрыхлённой поверхности, это приведёт к активному размножению и распространению грызунов на полях.

Глубокорыхлители-удобрители

Глубокорыхлитель – важный элемент в сельском хозяйстве. Уборка урожая не зависит от погодных условий. Иногда бывает так, что её приходится осуществлять в дождливую погоду, когда повышается влажность воздуха. В таком случае возникает проблема, связанная с избыточной уплотнённостью грунта. Из-за этого урожайность культур в следующем сезоне снижается.

После многократных проходов мелиоративных машин ряд авторов указывает на значительное уплотнение подпочвенного слоя, то есть образование «плужной подошвы», которую необходимо ликвидировать. Для разрушения уплотненного слоя применяют глубокорыхлители. В такой ситуации правильным решением будет применение новых конструкций глубокорыхлителей – это является энергосберегающим оборудованием, так как одновременно разрыхляет почвы и удобряет. Одним из таких технических решений является конструкция глубокорыхлителя-удобрителя предложенная нами и представленная на рисунке 2. По данной конструкции получен патент [1-3] на изобретение № 2500092.

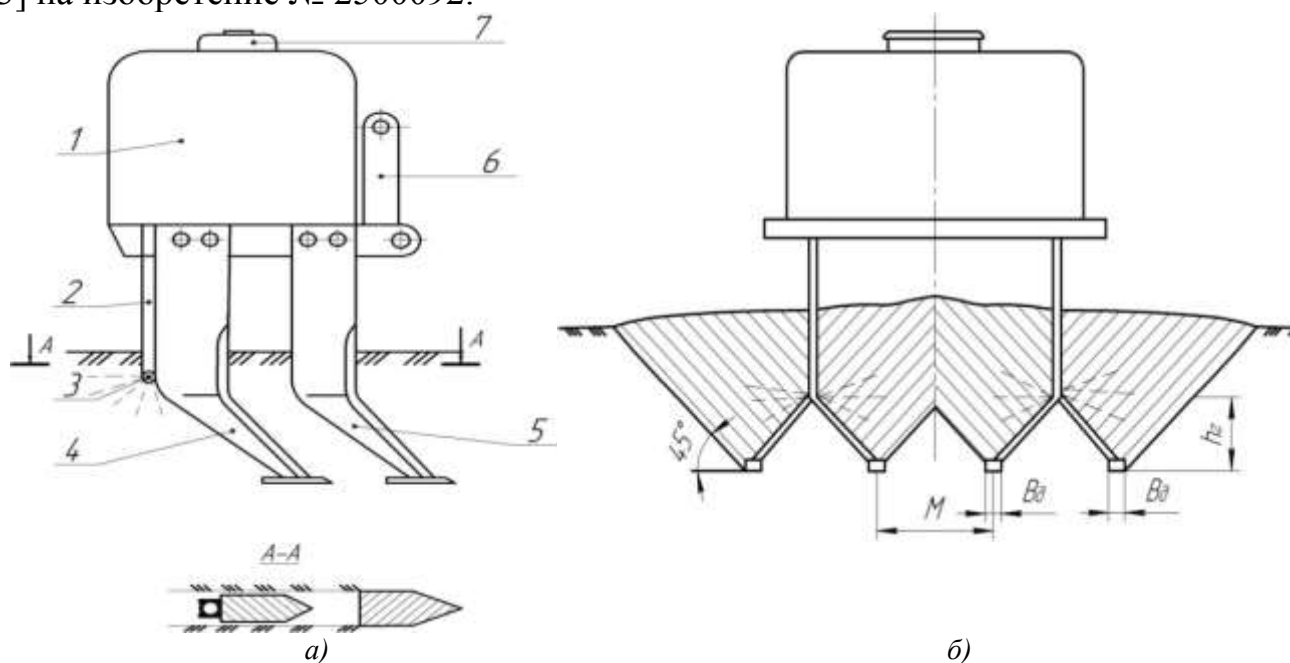


Рисунок 2 – Глубокорыхлитель – удобритель

а) вид с боку и б) вид спереди. 1 – бак для удобрения, 2 – трубопровод для подачи удобрения в почву, 3 – форсунка, 4 – рыхлитель (стойка) второго ряда, 5 – рыхлитель первого ряда, 6 – кронштейн для агрегатирования с базовой машиной, 7 – крышка бака.

Орудие представляет собой два ряда последовательно установленных стоек разной толщины, причем толщина передней стойки больше чем задней это видно по сечению А-А. Такое решение позволяет уменьшить тяговые сопротивления при рыхлении. Вторая стойка снабжена трубчатым элементом с форсункой для подачи жидких удобрений. В нижней части второй стойки режущие элементы повернуты в противоположную сторону относительно режущих элементов первой стойки. Такое расположение элементов конструкции позволяет рыхлить почву с максимальной для данной конструкции вертикальной площадью обработки, т.е. агротехническим требованием. Лемеха шириной B_0

находятся на расстоянии M друг от друга, глубина наклонной части рыхлителя повернутой на 45° составляет h_2 . С помощью глубокорыхлителя – удобрения можно вносить в разрыхленный почвенный профиль жидкие минеральные удобрения (азотные или растворы аммиачного типа).

С моделью рабочего органа были проведены экспериментальные исследования на грунтовом канале в лаборатории мелиоративных машин института Природообустройства им. А.Н. Костякова. Эксперименты показали, что при рабочей скорости рыхления $0,6...0,8$ м/с происходит интенсивное разрушение слитной структуры грунта. В неоднородных почвенных слоях грунты под действием режущих элементов глубокорыхлителя быстро разрушаются и вспучиваются на $0,015...0,03$ м над поверхностью. Были также определены тяговые сопротивления при рыхлении грунта с последующим пересчетом их на рабочий орган в натуральную величину. Сделан вывод о возможности работе рыхлителя по тяговым условиям на базе тракторов тягового класса 30-70 кН.

По исследованиям, проведенным в работе [3] видно, что под действием глубокого рыхления коренным образом изменяются водно – физические свойства почв. Так, объемная масса снижается с $1700...1800$ до $1300...1400$ кг/м³, а число ударов динамического плотномера (Ударника ДорНИИ) – в $3...4$ раза, что существенно увеличивает водопроницаемость почвы и ее фильтрационные свойства. Коэффициент фильтрации увеличился с $0,05...0,1$ до 1 м/сут. Новым направлением мелиорации и окультуривания тяжелых почв является создание органоминеральной структуры почвенного профиля, что достигается глубоким рыхлением с одновременным внутрпочвенным внесением структурообразующих веществ органического происхождения: измельченные стебли кукурузы, травы, торф и др., а также использованием для полива дренажного стока, содержащего органические вещества [1]. Это достигается использованием совместно с рыхлителем специальной конструкции удобрения. Наибольшая эффективность глубокого рыхления наблюдается в первый год после обработки почвы. Затем под действием осадков, воздействия сельскохозяйственных машин и испарения почвенной влаги вновь происходит постепенное уплотнение почвы. В связи с этим рыхление целесообразно проводить через каждые $3...4$ года или ежегодно вместо плуга, т.к. разработки можно проводить без оборота почвы.

При мелиорации и окультуривании низменных почв в Волоколамском районе Московской области, для которых стоки животноводческих комплексов и птицеферм являются ценными органическими мелиорантами достигнуто их широкое применение одновременно с рыхлением сельскохозяйственных угодий. Жидкие мелиоранты можно вносить в разрыхленный профиль почвы с помощью глубокорыхлителей и машин типа РЖТ-8, работающих на полях в едином комплексе. Жидкий навоз, жидкие минеральные удобрения и химические мелиоранты перемещаются самотеком или под давлением из баков, смонтированных на тракторах Р-ТМ-160У и ЛТЗ-155, в распределительное устройство рыхлителя с помощью гибких шлангов, при этом обрабатываемый

рыхлителем почвенный пласт приподнимается и затем распадается на мелкие комья. В разрыхленное пространство вносятся жидкие удобрения и мелиоранты. При таком способе внесения удобрений питательные вещества остаются в почве и не загрязняют окружающую среду. Применение химических мелиорантов и структурообразующих веществ позволяет создавать новую комковатую структуру почвенного профиля и в дальнейшем при необходимости управлять этой структурой.

Выводы:

- применение предлагаемой глубокорыхлителя – удобрения позволяет наиболее полно разрыхлять почвы и насыщать их различными мелиорантами;
- наибольший интерес в применении глубокорыхлителя для повышения урожайности почв представляет возможность внесения минеральных удобрений в комплексе с органическими;
- применение нового комбинированного орудия позволяет снижать тяговые сопротивления, возникающие при рыхлении;
- энергосберегающим оборудованием, так как одновременно разрыхляет почвы и удобряет.

Библиографический список

1. Тойгамбаев, С.К. Проводимость почвенного слоя в Акмолинской области / С.К. Тойгамбаев, А.С. Ногай, С.О. Нукешев // Вестник. Агроинженерия. Мос. гос. агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – № 1 (26). – 2011. – С 5-7.
2. Патент № 2500092 Теловов Н.К. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений // от 10.12.2013г/ А.В. Шмонин, С.К. Тойгамбаев, Н.К. Теловов.
3. Тойгамбаев, С.К. Применение термодиффузионных процессов для упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной техники. Монография / С.К. Тойгамбаев, Рекомендован УМО ВУЗов МГУП. Редакционно-издательский отдел МГУП, 2011. – 123 с.

УДК 624.15075.8-624.0

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Орлов Борис Намсынович, профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. В зависимости от величины наработки или ресурса конструктор и разработчик выбирают материалы, проводят прочностные расчёты, выбирают конструктивное исполнение изделия, размеры, технологические процессы, системы технического обслуживания и ремонта так, чтобы обеспечить заданную долговечность для проектируемой машины природообустройства.

Ключевые слова: колесный движитель, долговечность, машины, надежность.

При проектировании колесных движителей основным этапом является стадия «Технический проект». На этом этапе должно обеспечиваться и подтверждаться соответствие достигнутого уровня долговечности разрабатываемого или модернизируемого изделия нормативным требованиям; на этом же этапе должны быть выявлены все основные «слабые» элементы конструкции, установлены ожидаемые причины отказов. Проводимые же на этой стадии мероприятия по повышению долговечности должны учитывать и быть взаимосвязаны как с технологией изготовления, так и со стратегиями технического обслуживания и ремонта конструкций [1].

На стадии «Технический проект» выполняются следующие основные виды работ по обеспечению долговечности:

- разработка ПОН («Программы обеспечения долговечности»);
- установление требований к долговечности, выбор номенклатуры и нормирование показателей долговечности изделий с учетом особенностей его конструктивного исполнения, режимов применения и условий эксплуатации; анализ долговечности лучших отечественных и зарубежных аналогов, составных частей, комплектующих изделий, свойств конструкционных материалов;
- изучение условий эксплуатации и внешних воздействующих факторов;
- анализ возможных схемно-конструктивных вариантов построения изделия, расчеты долговечности этих вариантов изделий и выбор наилучшего по долговечности варианта;
- выбор конструктивных материалов и комплектующих элементов с учетом требований к долговечности;
- разработка методов и средств испытаний;
- разработка мероприятий, обеспечивающих стойкость изделий к внешним воздействиям;
- уточнение оценок показателей долговечности изделия в целом его составных частей для выбранного варианта построения изделия;

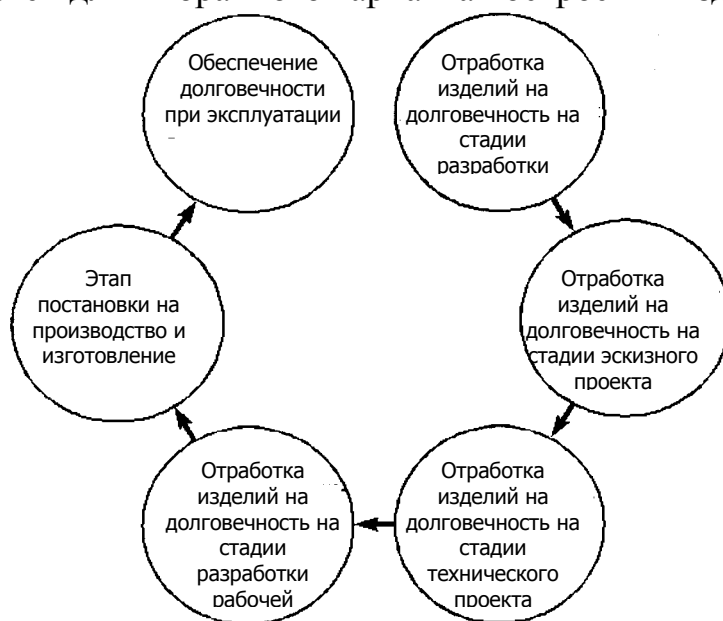


Рисунок 1 – Отработка изделий на долговечность на различных стадиях жизненного цикла

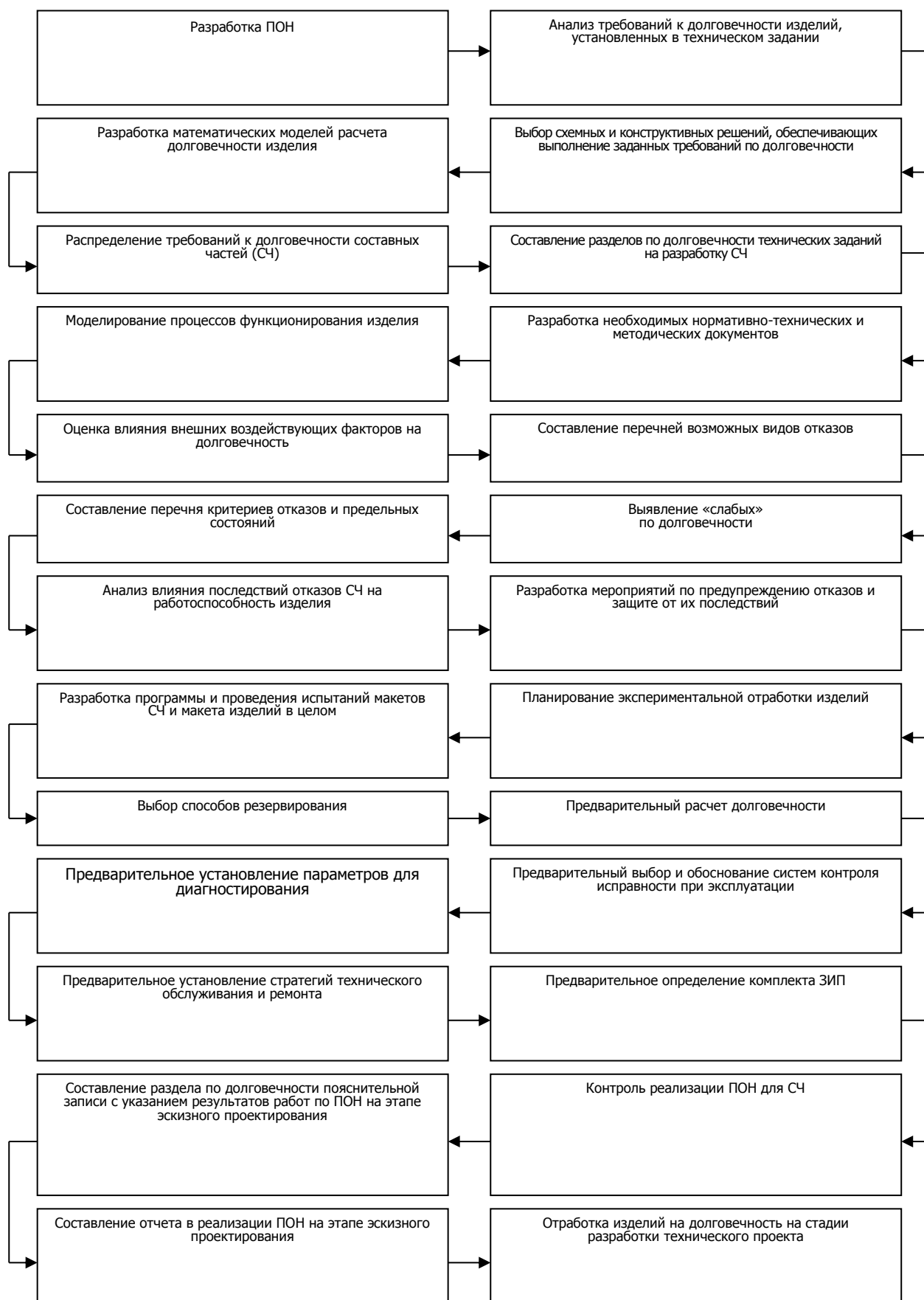


Рисунок 2 –Этапы отработки изделий на долговечность на стадии эскизного проекта

- анализ причин отказов опытных образцов, разработка мероприятий по их устранению;
- испытания на надежность и долговечность макетов опытных образцов изделия и его составных частей;
- анализ ремонтной и эксплуатационной документации с точки зрения обеспечения долговечности;
- разработка системы сбора и обработки информации о долговечности и надежности изделия и его составных частей на различных стадиях жизненного цикла изделий;
- анализ технологии изготовления с точки зрения обеспечения требований к долговечности;
- технико-экономический анализ эффективности проводимых на стадии НИОКР мероприятий по обеспечению долговечности;
- разработка нормативно-технической и методической документации, необходимой для обеспечения долговечности.

Типовая последовательность проведения мероприятий по отработке изделий на долговечность на стадиях разработки аванпроекта и эскизного проекта показана на рисунке 1 и 2.

В зависимости от вида конструкции этот состав работ может быть изменен в сторону уточнения, связанных с возможностями и квалификацией работников конструкторских бюро. Как правило, за *основу отработки на долговечность конструкции* должна приниматься *требуемая* (назначенная, гарантируемая) *наработка $T_{тр}$, ресурс или срок службы* [2, 3]. В зависимости от величины этой наработки или ресурса конструктор и разработчик выбирают материалы, проводят прочностные расчёты, выбирают конструктивное исполнение изделия, размеры, технологические процессы, чтобы обеспечить эти нормы для проектируемого объекта.

Библиографический список

1. Орлов, Б.Н. Влияние индустриализации сельского хозяйства на конструктивную надежность машин АПК / Б.Н. Орлов, М.А. Карапетян, А.С. Матвеев // Международный технико-экономический журнал. – № 3. – 2018. – С. 72-77.
2. Матвеев, А.С. Влияние одновременной работы машин на надежность звена парка техники / А.С. Матвеев // Природообустройство. – № 2. – 2011. – С. 88-91.
3. Тойгамбаев, С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва. 2000 г.
4. Орлов, Б.Н. Программное обеспечение задач МКЭ прочности конструкций / Б.Н. Орлов, А.С. Матвеев // В сборнике: Наземные транспортно-технологические комплексы и средства Материалы Международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 194-198.
5. Шнырёв, А.П. Основы надёжности транспортных и технологических машин / А.П. Шнырёв, С.К. Тойгамбаев. Учебное пособие для студентов технических ВУЗов УМО МГУП Издательская «Компания Спутник +» 2006, г. Москва. – 203 с.

МОНИТОРИНГ РЕСУРСА КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ПЕРЕУВЛАЖНЕННОЙ ПОЧВЕ

Матвеев Александр Сергеевич, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Орлов Намса Борисович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова

Аннотация. Исследованы схемы лопаток для ведущего колеса и определены места их расположения.

Разработана методика расчета основных гидравлических параметров пневматического колеса при совместной работе с ведущим колесом.

Ключевые слова: колесный движитель, мониторинг, ресурс, почва.

Исследованию ресурса колесного движителя уделено большое внимание, т.к. процессы, происходящие при этом, сложные и требуют глубокого осмысления с точки зрения взаимодействия пневматического колеса с жидкой переувлажненной почвенной средой. Для системного изучения этих сложных процессов применяются методы математического моделирования с целью определения направлений и конкретных решений для повышения тягово-сцепных свойств движителя при работе на переувлажненных почвах.

Важным параметром оценки качества машин при мониторинге является оценка эффективного срока службы, под которым понимается продолжительность работы в средних условиях эксплуатации, после которого затраты средств на восстановление работоспособности машин возрастают настолько, а производительность их настолько снижается, что дальнейшее восстановление и эксплуатация экономически нецелесообразны [1].

С увеличением срока службы машины эксплуатационные расходы возрастают, а степень их возрастания зависит от организации и качества технического обслуживания и ремонта машины. Главной причиной увеличения расходов на техническое обслуживание и ремонт машин является возрастание количества запасных и восстанавливаемых деталей, необходимых для замены изношенных. В настоящее время на ремонт машин расходуется металла в несколько раз больше, чем на изготовление новых, а стоимость ремонтов за срок службы в несколько раз превышает стоимость новой машины.

Экономически целесообразный срок эксплуатации машины аналитически может быть установлен путем определения себестоимости продукции с учетом интенсивности нарастания расходов на техническое обслуживание и ремонты машины. Однако экономически целесообразный срок службы машины может быть значительно увеличен путем повышения надежности их за счет улучшения узлов и деталей, использования более надежных комплектующих

элементов, автоматизации управления, регулирования и контроля за работой механизмов и рабочих органов, совершенствования условий эксплуатации, но это решается на основе технико-экономических сопоставлений.

Экономическую эффективность сопоставляемых способов повышения надежности определяют сравнением основных стоимостных и натуральных показателей.

Повышение уровня надежности сопряжено с повышением себестоимости машины, так как это связано с дополнительными расходами на проведение необходимых мероприятий. С другой стороны, эксплуатация более надежных машин обходится дешевле за счет сокращения затрат на ремонты и сокращения простоев по причинам отказов.

При определении экономически эффективного срока службы машины следует учитывать ее *моральный износ*. Под моральным износом машины понимается срок службы, после которого конструкция машины технически и экономически неэффективна по сравнению с вновь выпускаемыми машинами для выполнения данных работ. При современном техническом прогрессе в машиностроении моральный износ часто опережает технический износ машины, что приводит к уменьшению срока ее службы и замене эксплуатируемой машины новой, более производительной и экономичной. Замена морально устаревшей машины, или ее модернизация, производится с учетом как затрат на приобретение новой машины, так и того экономического эффекта, который может быть получен при ее эксплуатации [2].

Экономический метод анализа основывается на том, что затраты на изготовление и затраты на эксплуатацию машины или оборудования разделяют по их экономическим элементам и в зависимости от величины поэлементных затрат выбирают соответствующие основные показатели качества. Это позволяет также определять весомость отдельных показателей при оценке технического уровня качества. Выбор основных показателей качества на основе анализа затрат осуществляется на базе анализа себестоимости машин (оборудования) и себестоимости производимой продукции [3, 4].

Затраты изготовления и эксплуатации машины следует рассматривать по их укрупненным экономическим элементам.

Себестоимость изготовления машины можно представить в виде формулы

$$\sum_{i=1}^n K_i = K_1 + K_2 + \dots + K_n,$$

где $i = 1, 2, 3, \dots$,

n – количество укрупненных поэлементных экономических показателей; K_1 – затраты на основные и вспомогательные материалы (включая полуфабрикаты и комплектующие изделия);

K_2 – затраты на заработную плату и социальные отчисления;

K_3 – затраты на энергию;

K_4 – затраты на содержание и обслуживание заводского оборудования; K_5 – общезаводские затраты на освоение производства;

K_6 – внепроизводственные затраты;

K_n – другие затраты на изготовление, не учтенные в предыдущих.

Себестоимость эксплуатации или суммарные затраты на эксплуатацию машины (единицы оборудования) за весь срок службы определяются как сумма

$$\sum_{i=1}^m C_i = C_1 + C_2 + \dots + C_m,$$

где C_1 – расходы на заработную плату и социальные отчисления;

C_2 – затраты на электроэнергию, топливо, сжатый воздух и т.п.;

C_3 – затраты на гидрожидкость, смазочные, обтирочные и другие материалы;

C_4 – расходы на техническое обслуживание и на все виды ремонтов (кроме капитального);

C_5 – отчисления в фонд амортизации, определяемые в соответствии с действующими нормами;

C_6 – косвенные затраты или потери из-за непредвиденных простоев;

C_m – все остальные затраты на эксплуатацию, не учтенные в предыдущих.

Определив средние значения суммарных и поэлементных затрат на изготовление и эксплуатацию, можно вычислить коэффициенты весомости всех поэлементных затрат.

Коэффициенты весомости каждого вида поэлементных затрат C , определяют по формулам

$$K_{i_k} = \frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^m C_i}; \quad K_{i_э} = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^m C_i}$$

где K_{i_k} и $K_{i_э}$ – коэффициенты поэлементных затрат соответственно при изготовлении и эксплуатации.

Выводы.

Предлагаемый подход позволяет интерпретировать при проведении мониторинга с установленных позиций данные, которые получены в результате исследования динамики движения колесного движителя по переувлажненной почве, и сделать перспективные выводы о направлениях исследований и конкретных решениях.

Библиографический список

1. Орлов, Б.Н. Влияние индустриализации сельского хозяйства на конструктивную надежность машин АПК / Б.Н. Орлов, М.А. Карапетян, А.С. Матвеев // Международный технико-экономический журнал. – № 3. – 2018. – С. 72-77.

2. Матвеев, А.С. Влияние одновременной работы машин на надежность звена парка техники / А.С. Матвеев // Природообустройство. – № 2. – 2011. – С. 88-91.

3. Абдулмажидов, Х.А. Трёхмерное моделирование элементов машин природообустройства в системе «AutoCAD» Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 280100 / Х.А. Абдулмажидов; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования Московский гос. ун-т природообустройства. Москва, 2012. – 102 с.

4. Орлов, Б.Н. Программное обеспечение задач МКЭ прочности конструкций / Б.Н. Орлов, А.С. Матвеев // В сборнике: Наземные транспортно-технологические комплексы и средства Материалы Международной научно-технической конференции. – 2015. – С. 194-198.

УДК 621.793

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Бурак Павел Иванович, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Проведён обзор исследований посвящённых изучению способа холодного газодинамического напыления.

Ключевые слова: холодное газодинамическое напыление, прочность, коррозионная стойкость, износостойкость, покрытие, порошки, функциональные покрытия.

Способ холодного газодинамического напыления (далее – ХГДН) сегодня широко используется в промышленности при восстановлении формы и размеров металлических деталей; герметизации сварных швов, пор, трещин; обработки электрических контактов; защиты от коррозии; нанесения подслоя под пайку; упрочнении резьбовых соединений и других областях ремонтного производства (Каширин А.И., Шкодкин А.В., 2007).

При устранении такого рода неисправностей, важным является знать какой именно диаметр отверстия возможно загерметизировать данным методом без использования дополнительных деталей (заплаток). Было выяснено, что каждый напыляемый порошок имеет определённый угол при основании у края материала основы, зная который можно рассчитать максимальный диаметр отверстия для заделки его ХГДН. На основании проведённых экспериментов [1], при напылении порошком марок: А-20-11, С-01-11, N3-00-02 и С-01-01 на установке «Димет-405» при давлении воздуха 0,6 МПа, при различных температурных режимах, но при одинаковом расходе порошка (1,0 г/с), были определены углы напыления и величина максимального диаметра запыления $D_{кр}$ при оптимальных температурных режимах напыления для рассматриваемых порошков (табл. 1). В

качестве основы при напылении использовался стержень электрода Э46-МР-3 АРС-3-УД ГОСТ9466-75, ГОСТ 9467-75, диаметром электрода 3 мм.

Таблица 1

Угол напыления β для исследуемых порошков

Марка порошка	Температура воздуха, °С	β , °	$D_{кр}$, мм
A-20-11	300	32,20	0,63δ
C-01-11	300	57,72	1,58δ
N3-00-02	600	54,46	1,4δ
C-01-01	500	65,97	2,24δ

Новым применением ХГДН в технологиях ремонта и упрочнения деталей машин, является использование его для подготовки материалов и создания на них промежуточных слоёв при электроконтактной приварки металлических лент, что позволило значительно повысить качество получаемых покрытий [2]. Из результатов исследований было определено, что применение биметаллических лент снижает химическую неоднородность в зоне соединения; снижает остаточные напряжения и устраняет влияние различия в значениях коэффициента линейного теплового расширения свариваемых материалов; предотвращает их пластическую деформацию; существенно снижает основные параметры режима электроконтактной приварки при одновременном обеспечении высокой прочности соединений.

На данный момент ХГДН активно применяется не только при ремонте деталей машин [1-5], но при создании функциональных покрытий [4]. При этом под функциональными покрытиями понимается – слой, созданный на поверхности детали являющийся её неотъемлемой частью, отличающийся от неё по химическому составу и имеющий меньшую толщину, чем основной материал, со строго определёнными, заданными свойствами, чередованием или градиентом свойств, необходимыми для работы детали или обеспечивающими более высокие технико-экономические показатели эксплуатации изделия, чем без наличия такового.

При получении функциональных покрытий фактической задачей становится программирование их свойств, что возможно лишь при полном понимании процессов и закономерностей, протекающих при их получении тем или иным методом. Для этого необходимо опираться на весь имеющийся теоретический и практический опыт исследователей в данной области.

Многие учёные занимались изучением процесса холодного газодинамического напыления и получения покрытий данным методом, а также свойств получаемых покрытий.

Для напыления керамических порошков ХГДН учёный (Сова А.А., 2009) использовал смесь из металлического (матрица) и керамического порошков; определил зависимость скорости и температуры микродисперсных частиц перед соударением с преградой от области (дозвуковая или сверхзвуковая) потока в сопле Лаваля в которую они инжесктированы; разработал способ ХГДН многокомпонентных металлических покрытий с отдельной инжескцией

напыляемого компонента в различные области сопла с целью оптимального нагрева и ускорения частиц каждого порошка; предложил использовать эффект эжекции для подачи компонентов напыляемой смеси в сверхзвуковую область.

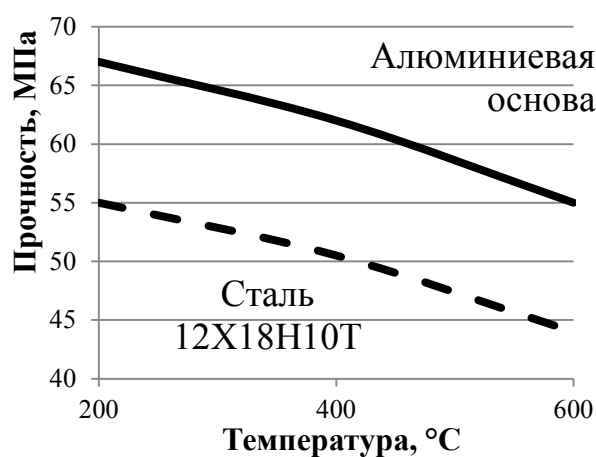
Учёный (Кузнецов, Ю.А., 2010-2011) при исследовании адгезии покрытий напыленных ХГДН установил зависимость прочности сцепления от температуры нагрева воздуха (рис. 1, а).

Автором (Кулаков К.В., 2006) установлено, что оптимальной температурой воздуха при напылении алюминия на низкоуглеродистую сталь является 300...320°C, более высокая температура (свыше 350°C) приводит к снижению коэффициента использования порошка, повышению энергозатрат и увеличению вероятности налипания порошка на стенки сопла.

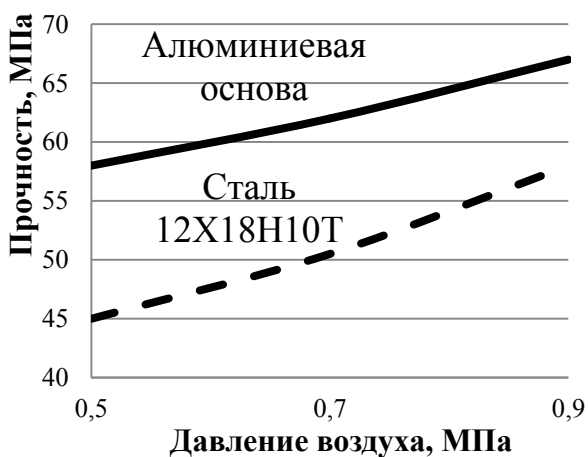
Наибольшая прочность сцепления покрытия (рис. 1, б) из порошка марки А-80-13 с основой из стали 12Х18Н10Т и алюминиевого сплава АК7ч ($\approx 58...67$ МПа) достигается при давлении воздуха равном 0,9 МПа в напылительном блоке (Кузнецов, Ю.А., 2010-2011), что связано с увеличением скорости воздушной струи и как следствие напыляемого порошка.

Оптимальным размером частиц при ХГДН является фракция 40 мкм (Кузнецов, Ю.А., 2010-2011) (рис. 1, в).

Была установлена зависимость между прочностью на отрыв покрытий из порошков марок А-80-13 и С-01-01 с основой из стали 45 в зависимости от толщины наносимого покрытия (Кузнецов, Ю.А., 2011) (рис. 1, г).



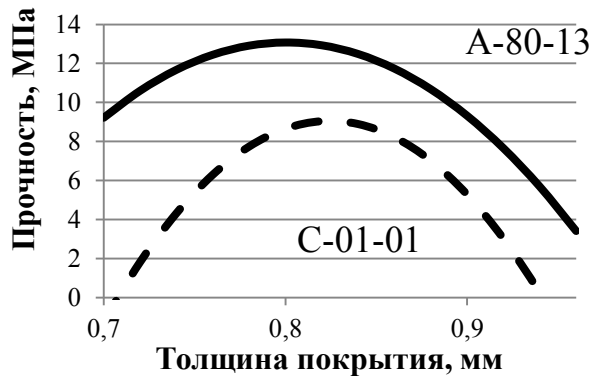
а



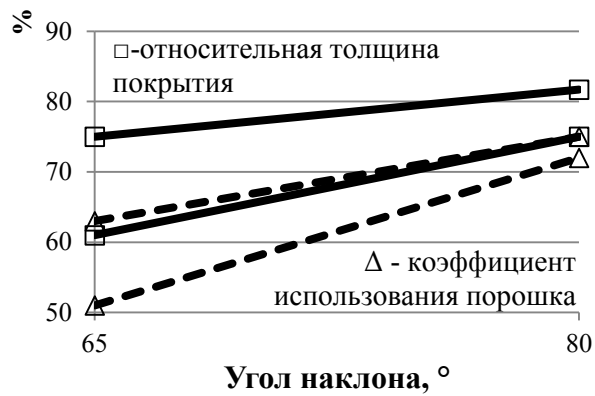
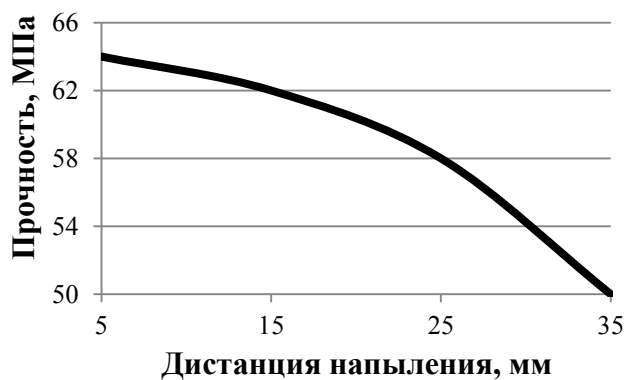
б



в



г



д

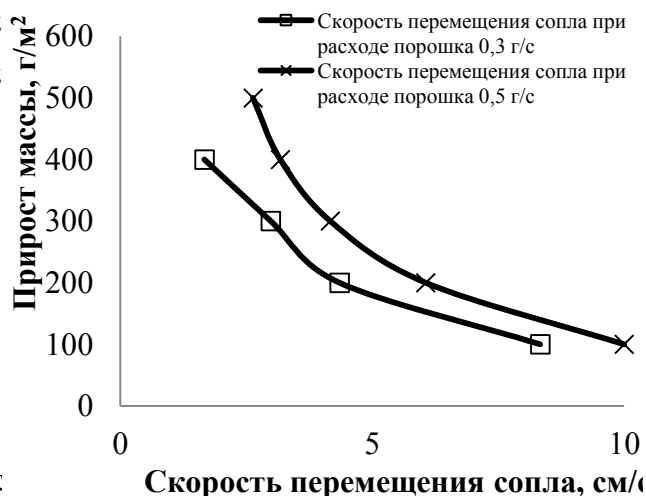
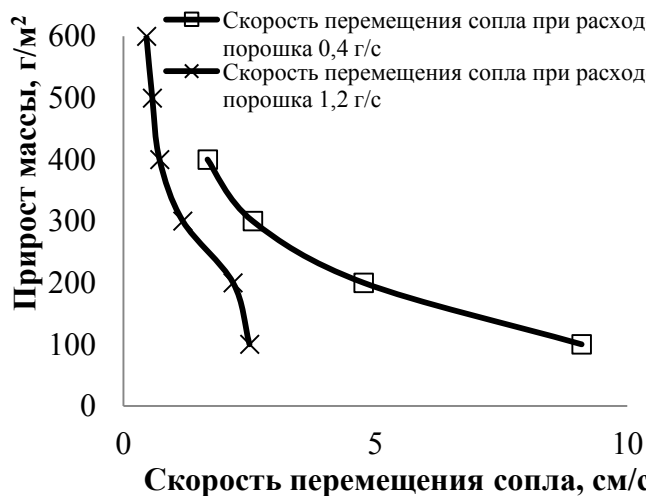
е

Рисунок 1 – Прочность покрытий полученных ХГДН в зависимости:
 а – температуры нагрева воздуха; б – давления воздуха; в – фракции порошка; г – толщин покрытий; д – дистанции напыления; е – зависимости относительной толщины и коэффициента использования порошка от угла наклона напылителя по отношению к подложке

При исследовании покрытий толщиной 0,7...1,0 мм из порошков марок С-01-01 и А-80-13 учёными (Кузнецов, Ю.А., 2010-2011) установлена оптимальная дистанция напыления (не более 10...16 мм) (рис. 1, д).

Зависимость прироста массы покрытия от времени напыления (скорости перемещения сопла) определена учёными (Zhao Z.B., Gillispie B.A., Smith J.R., 2006) (рис. 2 а, б).

Были проведены исследования по определению предельного угла наклона сопла относительно нормали к напыляемой поверхности, при котором коэффициент использования порошка будет относительно высоким (Геращенко Д.А., 2015). При отклонении угла напыления от нормального на 10° коэффициент использования порошка снижается на 25%, а при отклонении более чем на 25° коэффициент использования порошка снижается на 50%.



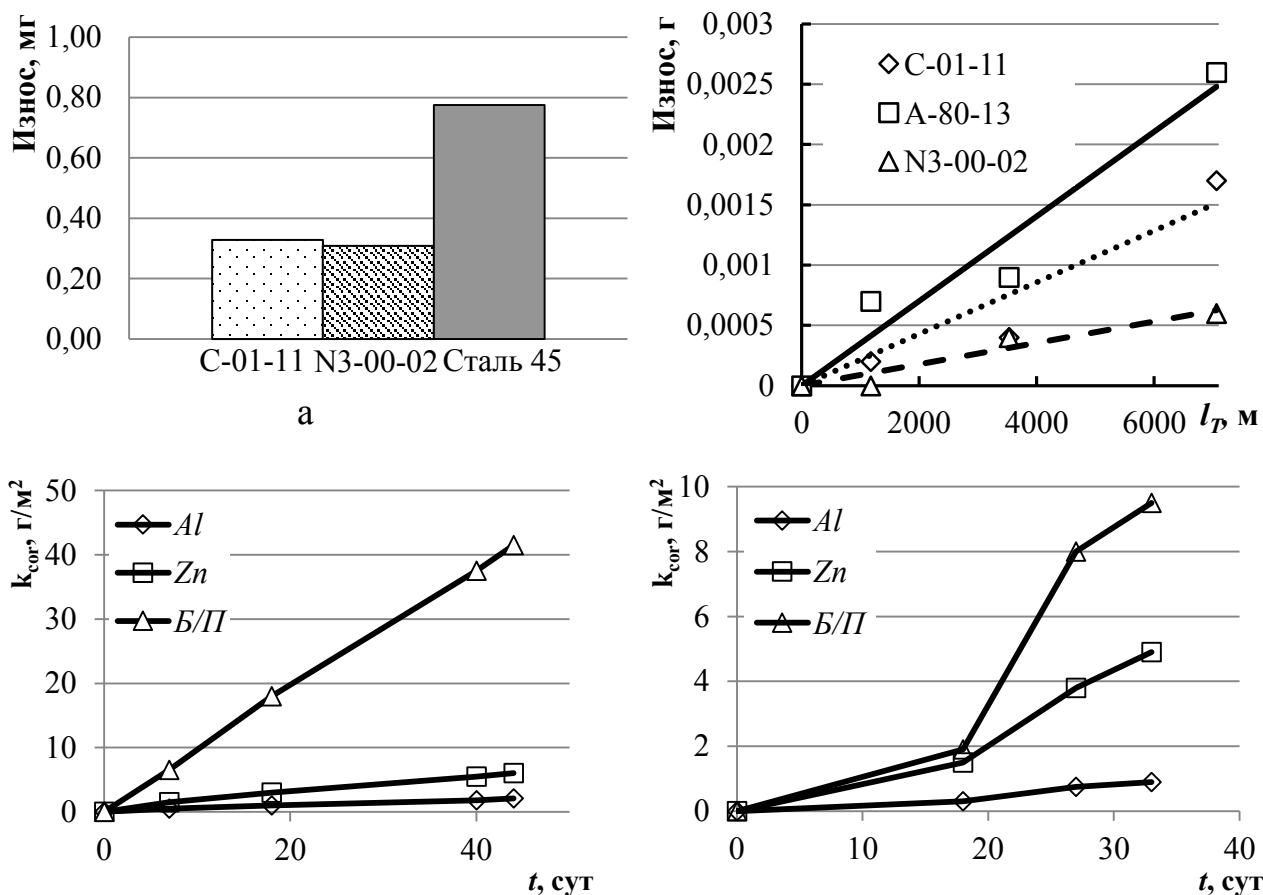


Рисунок 2 – Исследования в области ХГДН:

а, б) зависимость прироста массы покрытия от скорости перемещения сопла при напылении порошка цинка и порошка алюминия; в) изменение массы образцов при абразивном изнашивании в единицу времени; г) накопленный износ пар трения; д, е) удельное изменение массы образцов при коррозии водопроводная вода, 3 % водный раствор $NaCl$

Износостойкость покрытий полученных ХГДН учёные [4] исследовали при абразивном износе на установке ИМ-01 (подложка – сталь 08пс; среднее контактное давление в зоне трения 0,33 МПа, расход абразивного материала – 7,0 г/мин, длительность испытаний – 30 мин, путь трения – 540 м) и по схеме ролик-колодка на машине трения ИИ 5018 (материал колодки – СЧ 21 ГОСТ 1412–85, смазка – масло М-8В2, частота вращения вала установки 500 мин⁻¹, сила нагружения – 1000 Н.).

Из результатов, полученных учёными [4] видно, что износ покрытий из С-01-11 и N3-00-02 более чем в 2 раза ниже образцов из стали 45 (рис. 2 в).

Результаты износостойкости на машине трения ИИ-5018 установленные учёными [4] показывают, что наибольшую износостойкость имеют покрытия, полученные газодинамическим напылением порошка марки N3-00-02, при этом коэффициент трения составил 0,26 (рис. 2 г).

При испытаниях в 3% водном растворе хлорида натрия лучшими антикоррозионными свойствами (рис. 2 д, е), обладают покрытия из цинка (Алхимов А.П., Клинков С.В., Косарев В.Ф., 2010). Более высокая скорость коррозии для алюминиевого образца, обусловлена разрушением оксидной

плёнки под действием ионов хлора, при этом скорость коррозии у образца без покрытия была в 2,5 раза выше, чем у образца с покрытием из алюминия и в 12 раз была выше, чем у покрытия из цинка.

Имеющиеся экспериментальные данные позволяют не только назначать оптимальные параметры процесса ХГДН при ремонте деталей машин и получении функциональных покрытий, но и прогнозировать ряд свойств получаемых покрытий.

Библиографический список

1. Серов, А.В. Исследование возможности применения холодного газодинамического напыления при заделке отверстий радиаторов охлаждения / А.В. Серов, П.И. Бурак, Н.В. Серов // Техника и оборудование для села. – № 12. – 2018. – С. 38-41.
2. Бурак, П.И. Восстановление деталей электроконтактной приваркой разнородных материалов / П.И. Бурак, А.В. Серов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – № 8. – 2012. – С. 15-20.
3. Бурак, П.И. Обзор исследований в области холодного газодинамического напыления / П.И. Бурак, А.В. Серов, Н.В. Серов // Труды ГОСНИТИ. – Т. 114. – № 1. – 2014. – С. 169-174.
4. Серов, А.В. Функциональные покрытия в сельскохозяйственном машиностроении / А.В. Серов, П.И. Бурак, Р.А. Латыпов, Н.В. Серов // Международный научный журнал. М.: ООО «Спектр», – Вып. 6. – 2014. – С. 71-77.
5. Денисов, В.А. Исследования прочности сцепления электроискровых и газодинамических покрытий / В.А. Денисов, [и др.] // Ремонт восстановление модернизация. – Вып. 7. – 2011. – С. 14-17. с.

УДК 621.791.763

РАСЧЁТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗОНЫ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКЕ

Серов Антон Вячеславович, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Разработана расчётная модель для расчёта электрического сопротивления зона соединения при электроконтактной приварке стальной ленты.*

***Ключевые слова:** восстановление, функциональные покрытия, приварка, упрочнение, восстановление, электроконтактная приварка.*

Величина передаваемой тепловой энергии определяется количеством теплоты Q выделяющейся при протекании электрического тока во вторичной цепи трансформатора источника сварочного тока [1-5]:

$$Q = \int_0^{tu} I_2^2(t) R(t) dt, \text{ где (1)}$$

R – полное электрическое сопротивление цепи; I_2 — действующая величина силы сварочного тока во вторичной цепи трансформатора.

В процессе электроконтактной приварки получают ряды последовательных сварочных точек, поэтому часть электрического тока вторичной цепи трансформатора шунтируется через соседнюю точку ряда (Рис. 1 а) и через предыдущий ряд приварки:

$$I_2 = I_{ш} + I_{CB} \text{ (2)}$$

$$I_{ш} = I_2 (R_{св} / R_{ш} + R_{св}), \text{ где (3)}$$

I_{CB} – сила тока протекающая через зону сварки; $I_{ш}$ – сила тока в шунте через соседние точки точку; $R_{св}$ – электрического сопротивления зоны сварки; $R_{ш}$ – сопротивление шунтирования через соседние точки.

Сопротивление шунта (рис 1) найдём как по редложенной Гельманом А.С. формуле:

$$R_{ш} = k_p A_{\Gamma} \rho_{\Gamma} \frac{l_{ш}}{S_{ш}}, \text{ где (4)}$$

$S_{ш}$ – площадь шунта; $l_{ш}$ – длинна шунта; ρ_{Γ} – удельное электрическое сопротивление металла деталей; k_p – коэффициент, учитывающий неравномерность нагрева деталей. A_{Γ} – «коэффициент Гельмана» – коэффициент, учитывающий уменьшение сопротивления детали r_d относительно сопротивления цилиндра $r_{ц}$, высотой s и диаметром d , которое происходит из-за растекания линий тока до диаметра d_j ; деталей.).

Поскольку сопротивление ленты и детали может быть различным формула определения сопротивления шунтирования через соседнюю точку примет вид:

$$R_{шт} = R_{шл} + R_{шд} = k_p A_{\Gamma} \rho_{\Gamma} \frac{l_{шл}}{S_{шл}} + k_p A_{\Gamma} \rho_{\Gamma} \frac{l_{шд}}{S_{шд}} = k_p A_{\Gamma} \left(\frac{\rho_{тл} l_{шл}}{S_{шл}} + \frac{\rho_{тд} l_{шд}}{S_{шд}} \right) \text{ (5)}$$

За длину шунта примем гипотенузу прямоугольного треугольника с катетами равными расстоянию между соседними точками $k_{п}d$ и толщину слоя материала:

$$l_{шл} = \sqrt{(k_{п}d_{св})^2 + h^2} \text{ (6)}$$

$$l_{шд} = \sqrt{(k_{п}d_{св})^2 + H^2} \text{ (7)}$$

$$R_{шт} = k_p A_{\Gamma} \left(\frac{\rho_{тл} \sqrt{(k_{п}d_{св})^2 + h^2}}{S_{шл}} + \frac{\rho_{тд} \sqrt{(k_{п}d_{св})^2 + H^2}}{S_{шд}} \right) \text{ (8)}$$

$R_{шл}$, $R_{шд}$, электрическое сопротивление шунта через ленту и деталь; $l_{шл}$, $l_{шд}$ – длинна и электрическое сопротивление шунта через ленту и деталь; $\rho_{тл}$, $\rho_{тд}$ – удельное электрическое сопротивление ленты и детали; h – толщина ленты; H – толщища (диаметр) детали; $S_{шл}$ и $S_{шд}$ – площадь шунта через ленту и деталь найдём как площадь эллипса с большей полуосью равной радиусу сварочной точки, а меньшей равной половине высоты прямоугольного треугольника с гипотенузой $k_{п}d$, катетом h (для ленты) и H (для детали соответственно) и вторым катетом равным $l_{шл}$, (для ленты) и $l_{шд}$ (для детали соответственно):

$$S_{шл} = \pi ab \text{ (9)}$$

$$a = \frac{d_{\text{CB}}}{2} \quad (10)$$

$$b_{\text{л}} = \frac{k_{\text{п}} d_{\text{CB}} h}{2\sqrt{(k_{\text{п}} d_{\text{CB}})^2 + h^2}} \quad (11)$$

$$b_{\text{д}} = \frac{k_{\text{п}} d_{\text{CB}} H}{2\sqrt{(k_{\text{п}} d_{\text{CB}})^2 + H^2}} \quad (12)$$

$$S_{\text{шл}} = \pi \frac{d_{\text{CB}}}{2} \frac{k_{\text{п}} d_{\text{CB}} h}{2\sqrt{(k_{\text{п}} d_{\text{CB}})^2 + h^2}} = \frac{\pi k_{\text{п}} d_{\text{CB}}^2 h}{4\sqrt{(k_{\text{п}} d_{\text{CB}})^2 + h^2}} \quad (13)$$

$$S_{\text{шд}} = \frac{\pi k_{\text{п}} d_{\text{CB}}^2 H}{4\sqrt{(k_{\text{п}} d_{\text{CB}})^2 + H^2}} \quad (14)$$

Подставив полученные значения в (8) после математических преобразований получим:

$$R_{\text{шт}} = \frac{4k_{\text{р}} A_{\Gamma}}{\pi d_{\text{CB}} k_{\text{п}} d_{\text{CB}}} \left(\frac{\rho_{\text{ТЛ}} (k_{\text{п}}^2 d_{\text{CB}}^2 + h^2)}{h} + \frac{\rho_{\text{ТД}} (k_{\text{п}}^2 d_{\text{CB}}^2 + H^2)}{H} \right) \quad (14)$$

При электроконтактной приварке соединение формируется за счёт простановки последовательных точек в несколько рядов с определённым перекрытием сварочных площадок. Таким образом, сопротивление шунтирования при электроконтактной приварке будет отличаться от сопротивления шунтирования при простановке отдельных соседних точек.

Величину площади шунтирования через деталь примем равной площади соседних четырёх точек:

$$S_{\text{шрд}} = 4\pi \left(\frac{d_{\text{CB}}}{2}\right)^2 = \pi d_{\text{CB}}^2 \quad (15)$$

А длину шунта равной диаметру детали (толщине плоской пластины) H (D):

$$l_{\text{шд}} = H \quad (16)$$

$$R_{\text{шрд}} = k_{\text{р}} A_{\Gamma} \rho_{\text{ТД}} \frac{H}{\pi d_{\text{CB}}^2} \quad (17)$$

Шунтирование тока через ранее приваренную ленту так же происходит в четырёх ранее оставленных точках, через предыдущую точку в ряду и через три соседних в предыдущем ряду приварки, сечения шунта через каждую точку найдём как:

$$S_{\text{шрл}} = \pi ab \quad (18)$$

Длина шунта для соседних точек:

$$l_{\text{шл1}} = l_{\text{шл3}} = \sqrt{(k_{\text{п}} d_{\text{CB}})^2 + h^2} \quad (19)$$

$$a_{1-4} = \frac{d_{\text{CB}}}{2} \quad (20)$$

$$b_{1,3} = \frac{k_{\text{п}} d_{\text{CB}} h}{2\sqrt{(k_{\text{п}} d_{\text{CB}})^2 + h^2}} \quad (21)$$

$$S_{\text{шрл1,3}} = \frac{\pi k_{\text{п}} d_{\text{CB}}^2 h}{4\sqrt{(k_{\text{п}} d_{\text{CB}})^2 + h^2}} \quad (22)$$

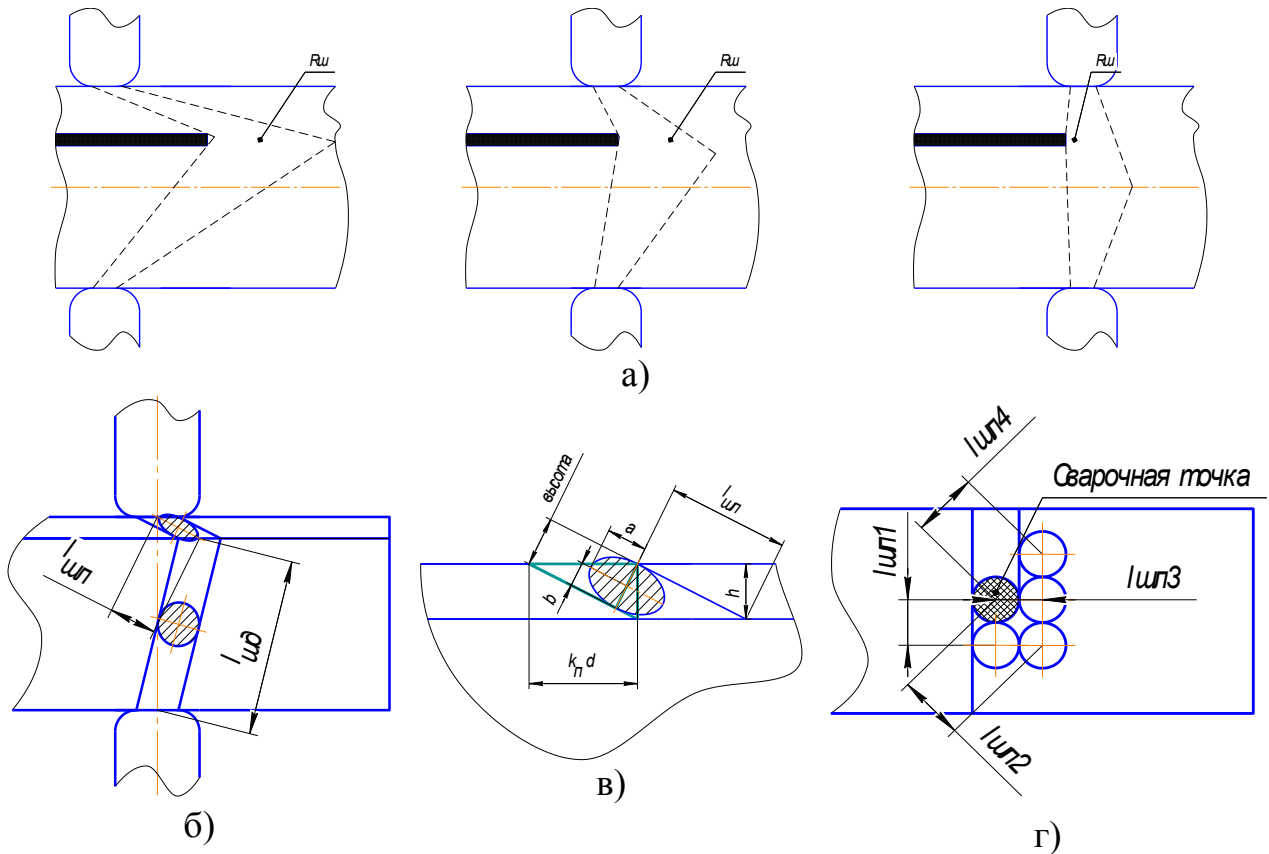


Рисунок 1 – Схема формирования шунтирования при ЭКП

Расстояние между точками расположенными диагонально, найдём как гипотенузу прямоугольного треугольника с катетами $k_{\Pi}d$, а длину шунта:

$$l_{шл2} = l_{шл4} = \sqrt{h^2 + \sqrt{(k_{\Pi}d_{CB})^2 + (k_{\Pi}d_{CB})^2}} = \sqrt{h^2 + k_{\Pi}d_{CB}\sqrt{2}} \quad (23)$$

$$b_{2,4} = \frac{\sqrt{2}k_{\Pi}d_{CB}}{2\sqrt{h^2 + k_{\Pi}d_{CB}\sqrt{2}}} \quad (24)$$

$$S_{шрл2,4} = \pi \frac{d_{CB}}{2} \frac{\sqrt{2}k_{\Pi}d_{CB}}{2\sqrt{h^2 + k_{\Pi}d_{CB}\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{2}\pi d_{CB}^2 k_{\Pi}}{4\sqrt{h^2 + k_{\Pi}d_{CB}\sqrt{2}}} \quad (25)$$

Сопротивления шунтирования через ленту можно найти как результирующее сопротивление четырёх параллельно подключённых резисторов (рис. 2):

$$\frac{1}{R_{шрл}} = \frac{1}{k_p A_{\Gamma} \rho_{ТЛ} \frac{l_{шл1}}{S_{шл1}}} + \frac{1}{k_p A_{\Gamma} \rho_{ТЛ} \frac{l_{шл2}}{S_{шл2}}} + \frac{1}{k_p A_{\Gamma} \rho_{ТЛ} \frac{l_{шл3}}{S_{шл3}}} + \frac{1}{k_p A_{\Gamma} \rho_{ТЛ} \frac{l_{шл4}}{S_{шл4}}}, \quad (26)$$

$$R_{шрл} = \frac{2k_p A_{\Gamma} \rho_{ТЛ}}{\pi d_{CB}^2 k_{\Pi} \left(\frac{h}{k_{\Pi}^2 d_{CB}^2 + h^2} + \frac{\sqrt{2}}{h^2 + k_{\Pi}d_{CB}\sqrt{2}} \right)} \quad (27)$$

Полное сопротивление шунтирования через приваренную область:

$$R_{шр} = 2R_{шрл} + R_{шрд} \quad (28)$$

Полное сопротивление шунта:

$$R_{\text{ш}} = \frac{4k_p A_{\Gamma} \rho_{\Gamma\text{Л}}}{\pi d_{\text{СВ}}^2 k_{\Pi} \left(\frac{h}{k_{\Pi}^2 d_{\text{СВ}}^2 + h^2} + \frac{\sqrt{2}}{h^2 + k_{\Pi} d_{\text{СВ}} \sqrt{2}} \right)} + k_p A_{\Gamma} \rho_{\Gamma\text{Д}} \frac{H}{\pi d_{\text{СВ}}^2}$$

$$= \frac{k_p A_{\Gamma}}{\pi d_{\text{СВ}}^2} \left(\frac{4\rho_{\Gamma\text{Л}}}{k_{\Pi} \left(\frac{h}{k_{\Pi}^2 d_{\text{СВ}}^2 + h^2} + \frac{\sqrt{2}}{h^2 + k_{\Pi} d_{\text{СВ}} \sqrt{2}} \right)} + \rho_{\Gamma\text{Д}} H \right) \quad (29)$$

Полная тепловая мощность, выделяемая во вторичной цепи сварочного трансформатора равна:

$$N = I^2 R, \text{ где (30)}$$

$$R = R_{\text{СВ}} + r_{\text{и}} + r_{\text{э}}, \text{ где (31)}$$

R – полное сопротивление; $r_{\text{э}}$ – электрическое сопротивление электродов и шин; $r_{\text{и}}$ – полное сопротивление источника тока которое находится из активного и реактивного сопротивления.

$$r_{\text{и}} = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}, \text{ где (32)}$$

R_2 – величина активного сопротивления вторичной обмотки; X_2 – величина реактивного сопротивления вторичной обмотки.

Напряжение вторичной цепи трансформатора определяется как:

$$U_2 = I_2 R \quad (33)$$

В свою очередь полное сопротивление зоны сварки (рис 1) складывается из:

$$R_{\text{СВ}} = \frac{R_{\text{ЗК}} R_{\text{ш}}}{R_{\text{ЗК}} + R_{\text{ш}}}; \quad (34)$$

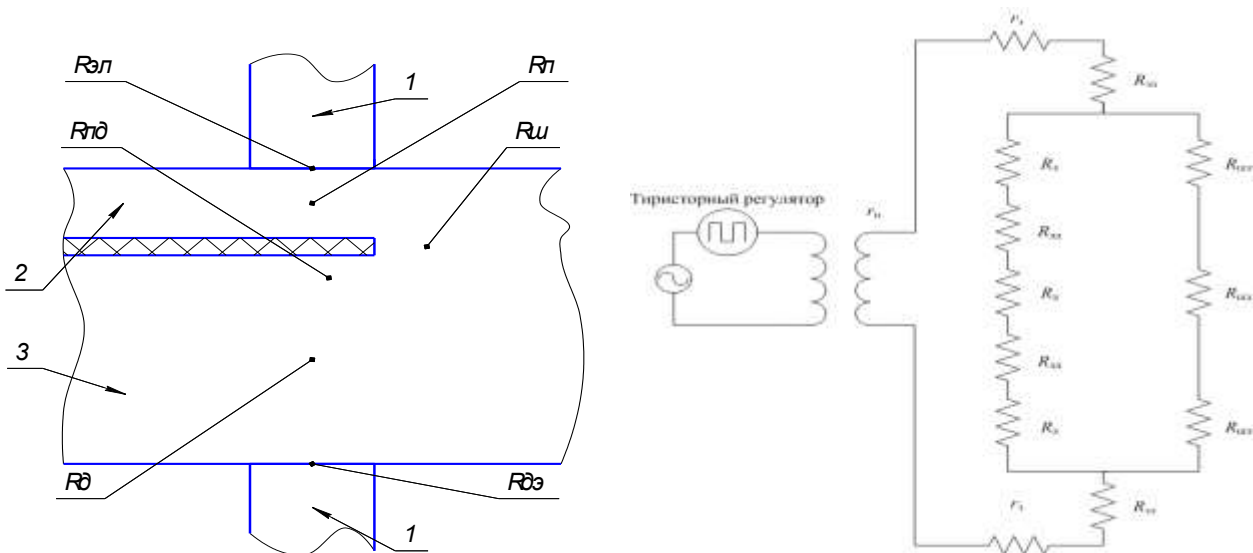


Рисунок 2 – Схема формирования электрического сопротивления зоны контакта(а) и расчётная схема (б):

1 – электроды; 2 – стальная лента; 3 – деталь

Сопротивление зоны соединения $R_{зк}$ равно:

$$R_{зк} = 2R_{л} + 2R_{лд} + R_{д}, \text{ где (35)}$$

$R_{эл}$ – сопротивление зоны контакта электрод-лента; $R_{л}$ – электрическое сопротивление стальной ленты; $R_{лд}$ – сопротивление зоны контакта лента – деталь; $R_{д}$ – сопротивление детали;

Полное сопротивление зоны сварки получим подставив (11) и (10) в (9):

$$R_{св} = 2R_{эл} + \frac{R_{зк}R_{ш}}{R_{зк} + R_{ш}} \text{ (36)}$$

Подставив полученные выражения в (31) получим полное сопротивление вторичной цепи:

$$R = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} + 2r_э + 2R_{эл} + \frac{R_{зк}R_{ш}}{R_{зк} + R_{ш}} \text{ (37)}$$

На каждом из рассмотренных участков зоны соединения будет выделяться теплота Q_i пропорциональная сопротивлению этой зоны:

$$Q = Q_{т} + Q_{э} + Q_{св} \text{ (38)}$$

$$Q_{св} = 2Q_{эл} + 2Q_{л} + 2Q_{лд} + Q_{д} + Q_{ш}, \text{ где (39)}$$

$Q_{т}$, $Q_{ш}$, $Q_{св}$, $Q_{эл}$, $Q_{л}$, $Q_{лд}$, $Q_{д}$ – теплота выделяемое в обмотке трансформатора (и количество энергии теряемое на реактивное сопротивление обмотки) на шунте через соседние точки, в зоне соединения, на участке электрод-лента, в ленте, в зоне контакта и в детали соответственно.

$$Q = I_2^2 \sqrt{R_2^2 + X_2^2} t_{и} + 2I_2^2 r_э t_{и} + 2I_2^2 R_{эл} t_{и} + I_2^2 \frac{R_{зк}R_{ш}}{R_{зк} + R_{ш}} t_{и} \text{ (40)}$$

Полученная формула, позволит определить количество теплоты выделяемое в различных зонах приварки в процессе ЭКП, что позволит при известных геометрических параметрах присадочного материала и заготовки определить температуру, а следовательно задавать её, т.е. программировать свойства получаемых покрытий.

Библиографический список

1. Бурак, П.И. Особенности получения восстанавливаемых покрытий электроконтактной приваркой металлической ленты / П.И. Бурак, Р.А. Латыпов, А.В. Серов, А.М. Бугаев // Упрочняющие технологии и покрытия. – № 3 (99). – 2013. С. 11-17.
2. Burak, P.I. Optimization of the process of electric resistance welding of metallic strips through an amorphous solder / P.I. Burak, A.V. Serov, R.A. Latypov // Welding International. 2012. Т. 26. № 10. С. 814-818.
3. Бурак, П.И. Восстановление деталей электроконтактной приваркой разнородных материалов / П.И. Бурак, А.В. Серов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – № 8. – 2012. – С. 15-20.
4. Серов, Н.В. Технология упрочнения лемехов плуга электроконтактной приваркой / Н.В. Серов, А.В. Серов, П.И. Бурак // Труды ГОСНИТИ. – Т. 121. – 2015. – С. 287-290.
5. Серов, Н.В. Технологические аспекты повышения работоспособности плугов / Н.В. Серов, А.В. Серов, П.И. Бурак // Международный технико-экономический журнал. – № 4. – 2015. – С. 81-89.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

Серов Антон Вячеславович, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
Соколова Вера Михайловна, старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Предложена классификация функциональных покрытий по их назначению, в зависимости от выполняемых ими функций.

Ключевые слова: функциональные покрытия, упрочнение.

Существуют различные принципы и варианты классификации функциональных покрытий, однако предлагаемые классификации не учитывают всех возможностей и перспектив данного направления в машиностроении. Исходя из этого и проведенного авторами [1-2] анализа, а также существующих классов конструкционных материалов и направлений в современном материаловедении, функциональные покрытия можно классифицировать по назначению (функции) следующим образом (рис. 1):

1 Эксплуатационные покрытия – это класс покрытий, которые обеспечивают требуемые свойства изделий при их эксплуатации;

1.1 Трибологические, при эксплуатации которых важными является их износостойкость и коэффициент трения [3-4];

1.1.1 Износостойкие, определяющим для которых является их износостойкость, например наплавка сормаита на рабочих органах сельскохозяйственных машин. Такие покрытия могут создаваться на траках гусеничных машин, ковшах экскаваторов, деталях дробильных аппаратов и других деталей работающих в условиях ударных нагрузок и абразивного износа;

1.1.2 Антифрикционные, прежде всего покрытия подшипников скольжения, для которых определяющими являются антифрикционные свойства (низкий коэффициент трения, высокая износостойкость, хорошая приработываемость, высокая смазываемость и теплопроводность);

1.1.3 Фрикционные, определяющими для которых является высокий коэффициент трения, износостойкость и теплостойкость, это элементы фрикционных муфт и тормозных систем;

1.2 Защитные, функция которых защитить материал основы от негативных внешних воздействий;

1.2.1 Декоративные, кроме защиты от внешних воздействий, должны выполнять эстетическую функцию (иметь требуемый цвет и фактуру);

1.2.2 Коррозионностойкие, устойчивые к коррозии при нормальных условиях;

1.2.3 Химически стойкие – устойчивые к воздействию агрессивных сред;

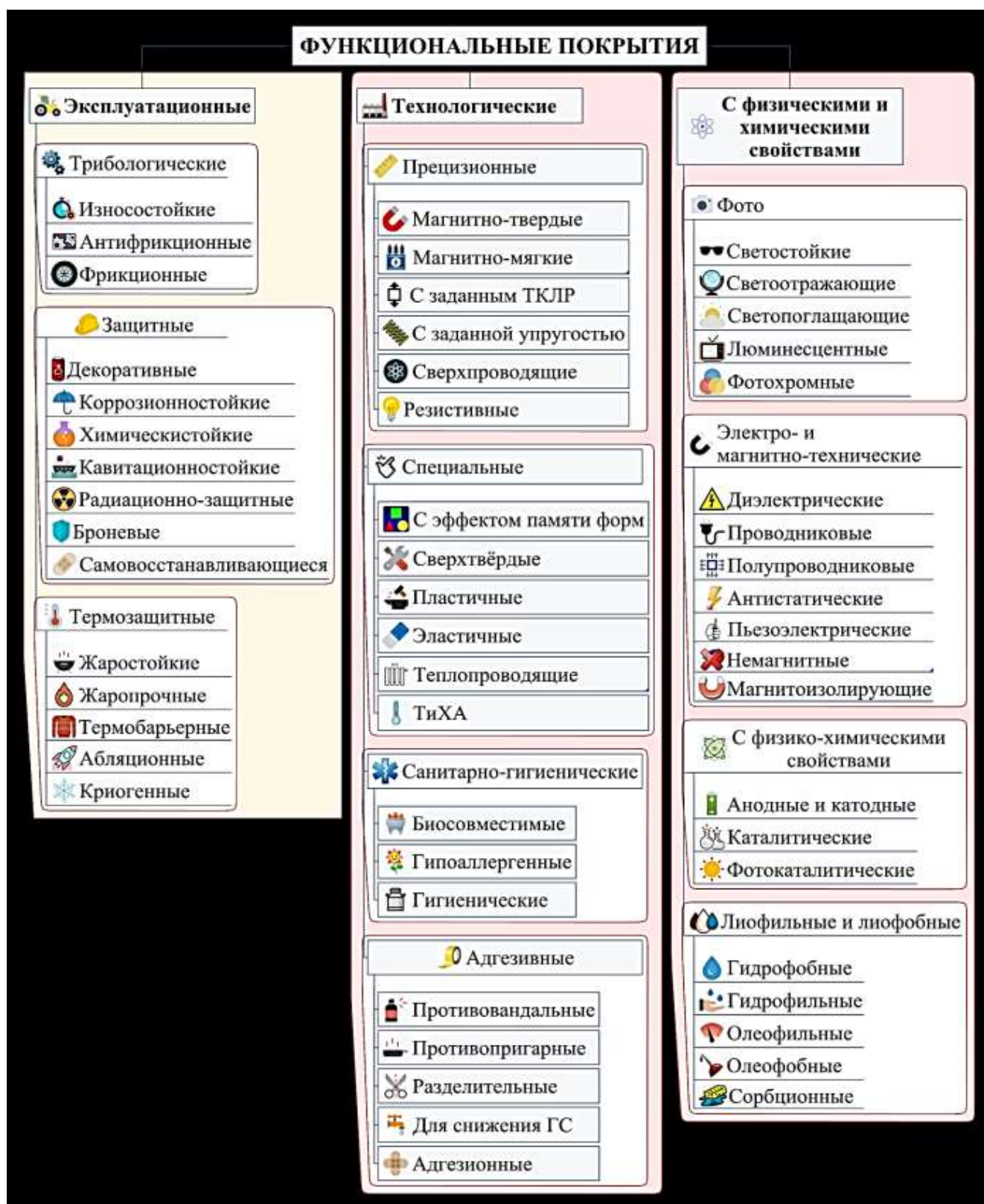


Рисунок 1 – Классификация функциональных покрытий по назначению

1.2.4 Кавитационностойкие, работающие в условиях кавитационного изнашивания;

1.2.5 Радиационно-защитные, для защиты человека, других живых существ или чувствительного к излучению оборудование, а также материалов от радиации;

1.2.6 Самовосстанавливающиеся покрытия, восстанавливающие свою целостность после повреждений;

1.2.7 Броневые или бронепокрытия, необходимы для защиты материала от механических повреждений, обладающие высокой прочностью и высокой ударной вязкостью;

1.3 Термозащитные предназначенные для защиты материала от явлений, связанных с изменением температуры или длительным пребыванием, в том числе при работе в условиях повышенных или пониженных температур;

1.3.1 Жаростойкие, устойчивые к коррозии при повышенных температурах;

1.3.2 Жаропрочные, способные в течение длительного времени сохранять прочность при высоких температурах;

1.3.3 Термобарьерные, применяемые для изолирования основного материала от воздействия высоких температур;

1.3.4 Абляционные, защищающие основной материал от передачи ему теплоты, в том числе и за счёт уноса материала покрытия;

1.3.5 Криогенные, защищающие основной материал от воздействия сверхнизких температур;

2 Технологические покрытия, функции которых определяются назначением детали;

2.1 Прецизионные, с точным химическим составом, обладающих заданными физико-механическими свойствами;

2.1.1 Магнитно-твердые, для создания постоянной намагниченности;

2.1.2 Магнитно-мягкие, способные проводить магнитные поля (магнитоводы);

2.1.3 Покрытия с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР), применение которых широко, от биметаллических датчиков до покрытий на стёклах;

2.1.4 Покрытия с заданной упругостью, для упругих чувствительных элементов, или обеспечения гарантированных натягов;

2.1.5 Сверхпроводящие, для создания слоёв со сверхвысокой проводимостью электрического тока;

2.1.6 Покрытия с высоким электрическим сопротивлением (резистивные) для создания нагревающихся покрытий или резисторов;

2.2 Специальные, узкого круга по назначению деталей, например покрытия инструментов, или деталей специальных машин и оборудования;

2.2.1 Покрытия с эффектом памяти форм, применяемые например для самозажимающиеся элементы соединений, медицинских изделий, датчиков, управляемых подвижных силовых элементов;

2.2.2 Сверхтвёрдые, покрытия инструментов, например нитрид титана;

2.2.3 Пластичные, демпферные покрытия и покрытия уплотнителей и уплотнительных шайб;

2.2.4 Эластичные, для покрытия валков типографного оборудования, зажимных устройств, покрытия на контактных поверхностях манипуляторов;

2.2.5 Теплопроводящие, для обеспечения отвода или подвода тепла от основного материала и к нему;

2.2.6 Тепло- и холодоаккумулирующие, основная функция которых накапливать и сохранять тепловую энергию;

2.3 Санитарно-гигиенические, применяемые при изготовлении медицинского инструмента имплантатов, протезов, а также медицинской посуды, например биосовместимые покрытия;

2.3.1 Биосовместимые, являющиеся инертными в отношении биологических объектов, или способствующие интергации небиологических объектов в ткани организма;

2.3.2 Гипоаллергенные, из материалов с низкой вероятностью появлению на них аллергической реакции;

2.3.3 Гигиенические покрытия внутренних поверхностей тары, которые не ухудшает качество и потребительские свойства пищевой продукции, обеспечивают ее сохранность и не оказывают неблагоприятного влияния на здоровье человека;

2.4 Адгезивные, имеющие особенности молекулярного взаимодействия поверхности с поверхностным слоем других определенных материалов;

2.4.1 Противовандальные, наносимые на изделия и детали, обычно имеющие низкую адгезию с лакокрасочными материалами;

2.4.2 Противопригарные, препятствующие пригоранию веществ, к основе, например в процессе получения литых деталей, в том числе из полимерных материалов;

2.4.3 Разделительные или антиадгезионные, применяются, например при формировании деталей из композитных материалов или для отделения одних слоёв материала от других;

2.4.4 Покрытия для снижения гидравлического сопротивления, т.е. имеющие низкое сопротивление (коэффициент трения) перемещению жидкости или сыпучих материалов;

2.4.5 Адгезионные, применяющиеся как промежуточные при соединении деталей, как имеющие лучшую соединяемость с обоими материалами, чем соединяемые материалы между собой [5];

3 Покрытия с физическими и химическими свойствами, которых проявляются при воздействии физических полей и излучений, а также химических веществ;

3.1 Фото- с оптическими свойствами связанными с воздействием светового излучения;

3.1.1 Светостойкие, не меняющие свой цвет под воздействием солнечного света или искусственного источника освещения;

3.1.2 Светоотражающие, обладающие высокой отражающей способностью;

3.1.3 Светопоглощающие, применяющиеся для поверхностей приборов, устройств или аппаратуры, где требуется максимальное поглощение световых лучей;

3.1.4 Люминесцентные, способны излучать видимое излучения после поглощения ими энергии возбуждения;

3.1.5 Фотохромные, меняющие цвет под действием видимого света или ультрафиолета;

3.2 Электро- и магнитно-технические, покрытия свойства, которых определяются реакцией на воздействие магнитных полей и электрического тока;

3.2.1 Диэлектрические, как электроизолирующие покрытия;

3.2.2 Проводниковые, функция которых, подводить или снимать электрический ток к (от) различных элементов электрических машин;

3.2.3 Полупроводниковые, обладающие полупроводниковыми свойствами;

3.2.3 Антистатические, применяющиеся для снижения электростатических зарядов;

3.2.4 Пьезоэлектрические, используемые когда необходимо создать пьезоэлектрический эффект у детали;

3.2.5 Немагнитные, это антиферромагнитные материалы с низкой магнитной проницаемостью, которые не обладают собственным магнитным полем и не реагируют (не меняют внутреннее строение) при воздействии внешнего магнитного поля;

3.2.6 Магнитоизолирующие, применяемые для магнитных экранов;

3.3 Покрытия с физико-химическими свойствами, свойства которых определяющими их применение при химических реакциях, взаимодействиях с химическими соединениями, растворами и веществами;

3.3.1 Анодные и катодные, создают гальваническую пару с материалом основы в соответствии с их электроотрицательностью;

3.3.2 Каталитические, для снижения энергии активации химических реакций.

3.3.3 Фотокаталитические, например тонкий слой диоксида титана (TiO_2), нанесенный на какую-либо поверхность способен под воздействием мягкого ультрафиолетового излучения (солнечный свет, UVA лампа) стимулировать химические реакции разложения органических соединений;

3.4 Лиофильные и лиофобные, покрытия с заданной интенсивностью взаимодействия с жидкостями;

3.4.1 Гидрофобные, с малой смачиваемостью поверхности водой;

3.4.2 Гидрофильные, с высокой смачиваемостью водой;

3.4.3 Олеофобные, характеризующиеся малой смачиваемостью поверхности маслами и жирами;

3.4.4 Олеофильные, обладают сильной смачиваемостью маслами и жирами;

3.4.5 Сорбционные, способные избирательно поглощать жидкости, пары и газы;

Более разнообразная и подробная классификация покрытий упорядочивает и систематизирует информацию, упрощает и облегчает выбор оптимального для заданных условий работы типа покрытия. При появлении новых функциональных покрытий чётко определяет их место в классификации.

Перспективным способом создания функциональных покрытий с точки зрения номенклатуры получаемых покрытий является электроконтактная приварка [1-5].

Библиографический список

1. Оськин, В.А. Электроконтактная приварка как метод получения функциональных покрытий в сельском хозяйстве / В.А. Оськин, А.В. Серов, В.М. Соколова // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 288. В 4-х ч. IV. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – С. 252-255.

2. Латыпов, Р.А. Утилизация отходов инструментального и машиностроительного производства электроконтактной приваркой / Р.А. Латыпов, П.И. Бурак, А.В. Серов, Н.В. Серов // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 290. Часть 2. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. – С. 207-209.

3. Бурак, П.И. Износостойкость покрытий, полученных газодинамическим напылением / П.И. Бурак, А.В. Серов, А.И. Каширин, А.В. Шкодкин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – № 7. – 2011. – С. 26-30.

4. Бурак, П.И. Обзор исследований в области холодного газодинамического напыления / П.И. Бурак, А.В. Серов, Н.В. Серов // Труды ГОСНИТИ. – Т. 114. – № 1. – 2014. – С. 169-174.

5. Бурак, П.И. Восстановление деталей электроконтактной приваркой разнородных материалов / П.И. Бурак, А.В. Серов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – № 8. – 2012. – С. 15-20.

УДК 621.373.826:621.78:539.52

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Соколова Вера Михайловна, старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

***Аннотация:** Показана классификация лазерной термической обработки по энергетически-временным параметрам. Рассмотрены процессы лазерной закалки, лазерного поверхностного легирования и лазерный наклёп. Показано применение лазерных технологий в сельском хозяйстве.*

***Ключевые слова:** лазерная закалка, лазерное легирование, лазерный наклёп.*

Направлением повышения надёжности машин, является упрочнение и восстановление поверхностей деталей. При этом упрочнение деталей осуществляться как непосредственно за счёт воздействия на материал детали, так и созданием на поверхности функциональных покрытий [1-2]. Под упрочнением материалов понимается модифицирование химического состава и/или структуры существующего материала, приводящее к получению требуемых свойств (функциональных состояний) [3].

Одним из наиболее универсальных методов обработки является лазерная. Область применения лазеров на данный момент очень широкая: термическая обработка, сварка, очистка поверхностей, легирование, создание аморфных структур, пайка, зонная очистка кристаллов, плакирование, резка, сверление, наплавка, ударное упрочнение и т.д (рис. 1).

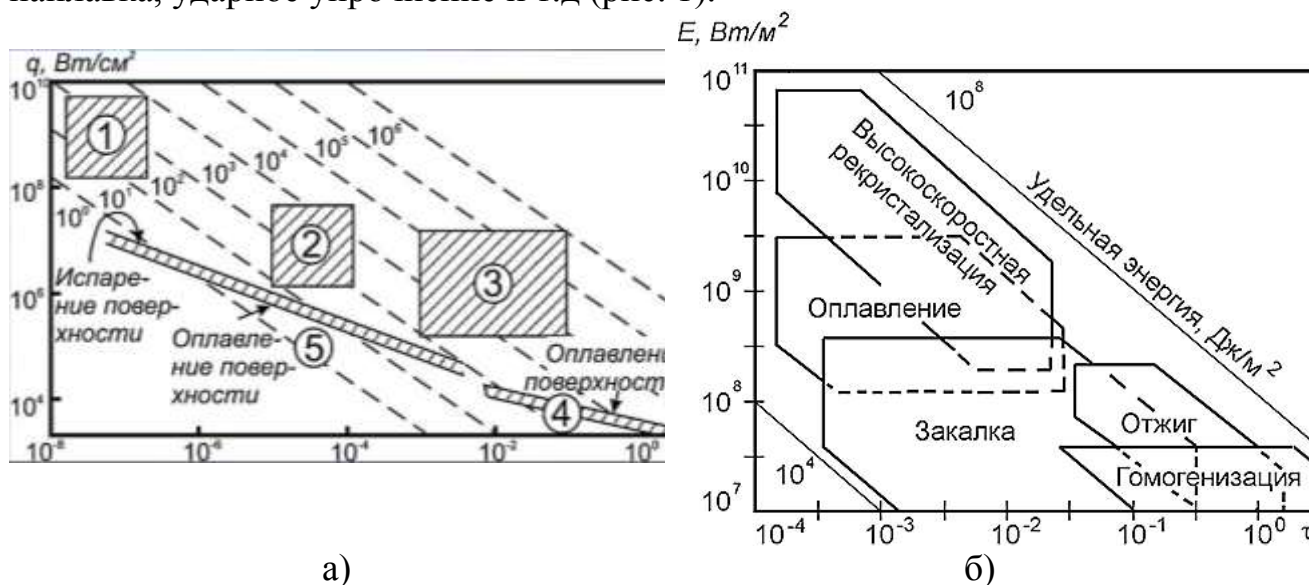


Рисунок 1 – Классификационная диаграмма лазерной обработки (а) и лазерной термической обработки (б) по энергетически-временным параметрам: 1 – ударное упрочнение; 2 – пробивка отверстий; 3 – сварка с кинжальным проплавлением; 4 – термообработка; 5 – аморфизация

Применение лазеров для термической обработки основано на трансформации световой энергии в тепловую. При лазерной упрочняющей обработке может достигаться наноструктурное состояние в тонких поверхностных слоях металлических материалов или изделий, полученных по традиционным технологиям, путем взаимодействия вещества с лазерным излучением высокой плотности мощности энергии. Используется импульсное лазерное излучение с плотностью энергии $10^3 \dots 10^{10}$ Вт/см² и временем импульса $10^{-2} \dots 10^{-9}$ с. В ряде случаев применяется и непрерывное излучение СО₂-лазеров с плотностью энергии $10^5 \dots 10^7$ Вт/см² со скоростями сканирования луча, обеспечивающими время взаимодействия материала с излучением $10^{-3} \dots 10^{-8}$ с. Под действием лазерного облучения поверхностный слой материала толщиной $0,1 \dots 100$ мкм очень быстро расплавляется и затем затвердевает со скоростями охлаждения $10^4 \dots 10^8$ К/с. При этом основная масса металлического материала вследствие кратковременности термического воздействия не нагревается и

обеспечивает высокие скорости теплоотвода. Высокие скорости охлаждения позволяют достигать получения нанокристаллической или даже аморфной структуры. В последнем случае нанокристаллическое состояние получают с помощью проведения дополнительной контролируемой кристаллизации при термообработке. Например, в стали У8 после объемной закалки длина игл мартенсита составляет 7...10 мкм, а после лазерной – всего 2...3 мкм.

Лазерная закалка – перспективный метод упрочнения сложных изделий, долговечность которых лимитируется износостойкостью и сопротивлением усталости, когда их закалка другими методами затруднена.

Процесс лазерной поверхностной закалки осуществляется за счет нагрева поверхности детали высококонцентрированной энергией лазерного излучения, плотность мощности которой на несколько порядков превосходит по концентрации ранее приведенные источники теплоты с последующим интенсивным теплоотводом в глубь детали.

Твёрдость зависит от концентрации углерода и легирующих элементов в стали. Хорошо упрочняются средне- и высоколегированные конструкционные и инструментальные стали. Стали с низким содержанием углерода и высокопрочные низколегированные стали при лазерной обработке, упрочняются плохо. Лазерная термическая обработка не влияет на предел прочности при растяжении и предел текучести сталей.

В зависимости от плотности мощности лазерного излучения нагрев осуществляется как с расплавлением металла, так и без него. Критическая удельная мощность, выше которой происходит оплавление поверхности, составляет $(2...6) \cdot 10^4$ Вт/см². Чем выше мощность излучения, меньше диаметр пятна и скорость перемещения, тем больше толщина упрочненного слоя. Наибольшая толщина слоя без оплавления стали не превышает 0,5...2,0 мм, а чугуна – 1,0...1,5 мм. При обработке с оплавлением толщина упрочненного слоя больше.

Структура по толщине зоны лазерного воздействия на среднеуглеродистых (0,35...0,45% С) сталях включает: 1) **зону плавления**, состоящую чаще из дендритных кристаллов мартенсита твёрдость 800...850HV; 2) **зону термического влияния** (нагрев до температуры выше A_{c3}), состоящую из белого нетравящегося слоя азотистоуглеродистого мартенсита с твердостью 800HV; нижняя граница слоя определяется зоной неполной закалки (нагрев в интервале температур A_{c1} - A_{c3}) со структурой мартенсит и феррит; 3) *зону отпуска с пониженной твердостью (500...650 HV); 4) зону исходной структуры и твердости.*

Твердость после обработки лазером высокоуглеродистых сталей (У8, У10, ШХ15 и др.) достигает 1000...1100 HV. Поверхностная закалка при нагреве лазером без оплавления повышает в 2...4 раза (в зависимости от стали) износостойкость, на 70...80% предел выносливости при изгибе и на 60...70% – предел контактной выносливости.

Лазерное поверхностное легирование осуществляют путем введения в заданные участки поверхности различных компонентов, которые, смешиваясь с

материалом основы, образуют сплавы или композиции требуемого состава. При этом обязательным условием является сохранение в обработанных лазером участках поверхности значительного материала основы. Таким образом, принципиальное отличие лазерного легирования от лазерной закалки состоит в изменении химического состава поверхностного слоя материала.

Преимущества лазерного поверхностного легирования заключается в следующем: хорошая воспроизводимость параметров и свойств поверхностного слоя; большая скорость процесса и достижение высокого качества поверхностного слоя; возможность получения узких локальных зон с заданным химическим составом; экономия дорогостоящего легирующего материала; отсутствие необходимости в последующей термообработке; экологическая чистота процесса легирования.

Размеры легированной зоны зависят в основном от энергетических параметров излучения и толщины покрытия из легирующего материала. Как правило, легирование импульсным излучением обеспечивает меньшие размеры легированной зоны, чем при обработке непрерывным излучением. В частности, если при импульсной обработке глубина зоны достигает 0,3...0,7 мм, то применение непрерывного излучения мощных лазеров позволяет увеличить глубину зоны до 3 мм.

При легировании рабочих поверхностей инструмента часто используются дисперсионные порошки твердых сплавов ВК6, ВК10, Т15К6.

В зависимости от вида инструментального материала и условий лазерной обработки эффект упрочнения инструмента достигается в результате одного или сочетания нескольких эффектов (рис. 2).

При лазерном легировании упрочнение достигается в результате целого комплекса эффектов: создания новых упрочняющих фаз, уменьшения степени неоднородности мартенсита, выделения дисперсных карбидов и интерметаллидов, повышения плотности дефектов кристаллического строения, измельчения всех элементов структуры. Упрочнение инструмента из твердого сплава в основном достигается в результате создания новых упрочняющих фаз, повышения плотности дефектов кристаллического строения и измельчения всех элементов структуры. Эффект упрочнения «в основном» обеспечивается созданием в поверхностном слое материала напряжений сжатия, заполнением поверхностных трещин расплавленными легирующими элементами и измельчением всех элементов структуры.

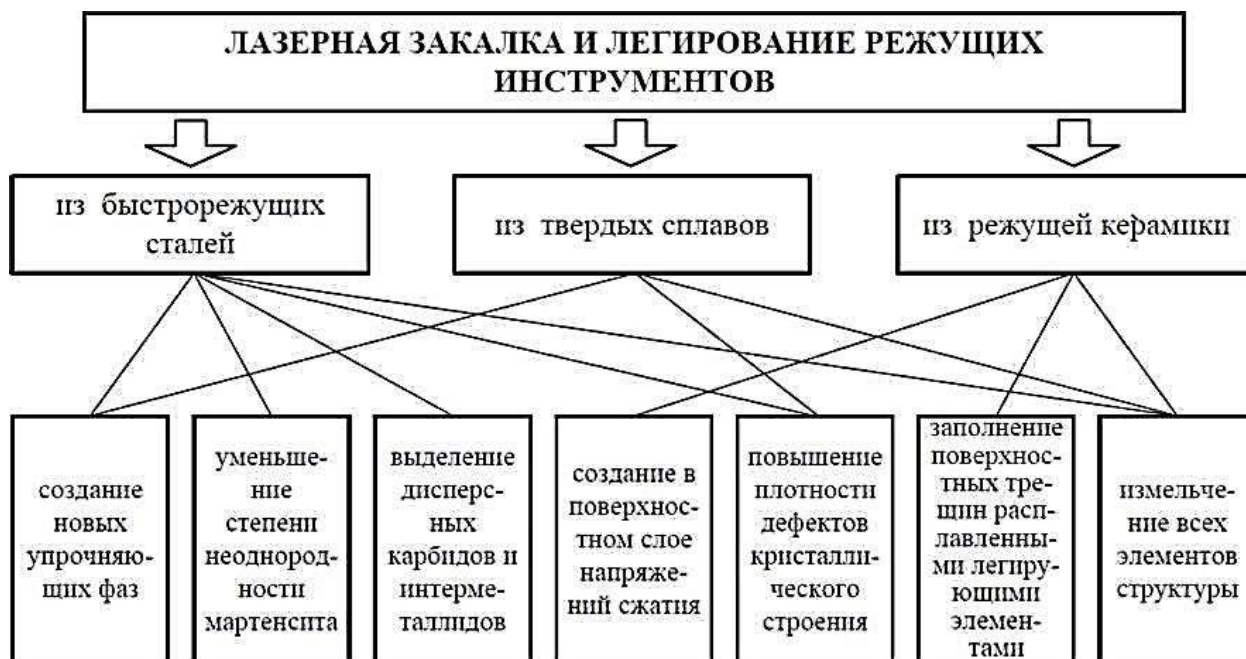


Рисунок 2 – Основные механизмы лазерного упрочнения инструментов из различных инструментальных материалов

Другим перспективным и относительно новым методом поверхностного упрочнения является лазерный наклёп. Обработка методом лазерного ударного упрочнения (лазерный наклёп) происходит следующим образом: обрабатываемую поверхность покрывают непрозрачным для лазерного излучения слоем с низкой температурой испарения: черной краской, металлической фольгой или лентой. Сверху находится прозрачный слой, роль которого обычно выполняет вода. Энергия лазерного импульса поглощается непрозрачным слоем, что приводит к его нагреву, частичному испарению и формированию высокотемпературной плазмы, ограниченной с одной стороной поверхностью материала, а с другой – прозрачным слоем, сдерживающим распространение температуры плазмы. Вследствие ограниченности объема, давление газа резко возрастает до высоких значений (более 2 ГПа) и проходит в металл, создавая в нем ударную волну, которая приводит к появлению в материале сжимающих напряжений. Если эти напряжения превосходят упругий предел Гюгонио, то материал пластически деформируется.

Непрозрачный слой служит защитой от прямого контакта поверхности образца с лазерно-индуцированной плазмой, а также помогает согласовать свойства поверхности для взаимодействия с лазерным излучением, вне зависимости от фактических свойств материала детали. Прямое взаимодействие поверхности образца с плазмой ведет в большинстве случаев к образованию расплава металла на поверхности. Процесс лазерного наклепа не является термическим, так как не происходит нагрева поверхности материала и вода используется в нем прежде всего для ограничения распространения плазмы, а не для охлаждения поверхности.

В настоящее время имеется достаточно большой опыт в применении лазерных технологии для упрочнения деталей сельскохозяйственной техники: лазерное упрочнение новых и восстановление изношенных коленчатых валов тракторного двигателя А-41 трактора ДТ-75 (сталь 45) на Борском РТП, HRC – 50...56, глубина упрочнения 0,5...0,8 мм, увеличение износостойкости в 1,5...2 раза; лазерное упрочнение нажимных дисков трактора К-701 А на ПО «Кировский завод», HRC – 50...56, глубина упрочнения 0,5...0,8 мм, увеличение износостойкости в 2,5...3 раза; лазерное упрочнение демпфера крутильных колебаний из чугуна СЧ18 тракторного двигателя 8ДВТ-330 на Волгоградском моторном заводе, HRC – 52...58, глубина упрочнения 1,0...1,2 мм, увеличение износостойкости в 2 раза; упрочнение и наплавка лемехов, грейдерных ножей, упрочнение подшипников на Г.П. Вуков (Словакия), HRC – 52...68, глубина упрочнения 1,5...1,8 мм, глубина наплавки 3,5...4,0 мм увеличение износостойкости в 2,5...4 раза; упрочнение деталей ходовой части гусеничных тракторов, в том числе изготовленных из стали Гадфильда, увеличение износостойкости в 1,7...2 раза; лазерное упрочнение корпусов гидронасоса из чугуна СЧ20 на ПО «Пневмостроймашина» (Екатеринбург); лазерное легирование и восстановление канавок поршня на Ульяновском моторном заводе 62...68 HRC, глубина упрочнения 1,5...1,8 мм, увеличение износостойкости в 2,5...3 раза.

В сельском хозяйстве на сегодняшний день имеется большая потребность в почвообрабатывающих машинах, а именно плугах. При этом наиболее подверженной износу деталью является лемех плуга [4, 5].

При нанесении на поверхность лемеха в зоне его износа параллельных упрочняющих дорожек шириной 6...9 мм при глубине упрочненного слоя 1,0...1,7 мм, износостойкость увеличивалась в 2...3 раза по сравнению с серийно выпускаемыми лемехами.

Библиографический список

1. Серов, А.В. Функциональные покрытия и методы их получения / А.В. Серов, В.М. Соколова // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 288. В 4-х ч. IV. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – 232-234 с.
2. Оськин, В.А. Электроконтактная приварка как метод получения функциональных покрытий в сельском хозяйстве / В.А. Оськин, А.В. Серов, В.М. Соколова // Доклады ТСХА : Сборник статей. Вып. 288. В 4-х ч. IV. М.:Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – С. 252-255.
3. Серов, Н.В. Особенности некоторых методов упрочнения материалов / Н.В. Серов, В.М. Соколова // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 291. часть 2. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. – 92-97 с.
4. Серов, Н.В. Технологические аспекты повышения работоспособности плугов/Н.В. Серов, А.В. Серов, П.И. Бурак//Международный технико-экономический журнал. -2015. -№ 4.-С. 81-90.
5. Серов, Н.В. Технология упрочнения лемехов плуга электроконтактной приваркой / Серов Н.В., Бурак П.И., Серов А.В., Труды ГОСНИТИ. М.: ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, Т. 121. – 2015. – С. 287-290.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ

Колокатов Александр Михайлович, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Нагнибедова Елизавета Владимировна, старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Пикина Анна Михайловна, аспирант кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В данной работе коллективом авторов рассмотрена проблема снижения износа режущего инструмента в процессе обработки металлов резанием, рассмотрены особенности применения смазывающе-охлаждающих жидкостей как одного из наиболее распространенного метода повышения эффективности механической обработки.

Ключевые слова: смазывающе-охлаждающая жидкость (СОЖ), температура, трение, машина трения, коэффициент трения.

Смазывающе-охлаждающие технические средства (СОТС) уже много лет являются неотъемлемой частью процесса механической обработки деталей машин. Среди широкого спектра средств наиболее распространенными являются смазывающе-охлаждающие жидкости ввиду их высокой эффективности и технологичности. Интенсификация процессов резания, переход к высокоскоростным методам обработки металлов, приводит к увеличению выделения тепла в зоне резания и ускоренному износу инструмента, остро ставит вопрос эффективности применения СОЖ [1].

СОЖ в зоне резания выполняет ряд функций [2]:

1. Снижение износа инструмента путем создания в зоне трения граничной пленки;
2. Утилизация выделяемого в процессе резания тепла;
3. Удаление стружки и продуктов износа из зоны трения;

Таким образом, эффективность механической обработки можно повысить путем применения более совершенных СОЖ, содержащих в своем составе поверхностно-активные вещества (ПАВ), даже в небольших концентрациях способствующие образованию пленок на трущихся поверхностях [3, 4]. Многие виды СОЖ не содержат в своем составе подобных веществ, а состоят из эмульсии минеральных или синтетических масел, молекулы которых не образуют пленок адсорбционного типа. Использование ПАВ в составе позволяет значительно повысить эффективность СОЖ, при этом не только за счет снижения износа инструмента и повышения качества обрабатываемой

поверхности, но и за счет повышения коррозионной стойкости обрабатываемой детали [5].

Целью данной работы является определение трибологических характеристик различных видов СОЖ и их сравнение, поскольку работы авторов [2] показывают, что работа трения в зависимости от типа обработки может составлять большую часть суммарной работы резания.

В качестве исследуемых характеристик были выбраны момент и коэффициент трения. Определялись данные характеристики не только в зависимости от силы взаимного прижима деталей пары трения, параметром также являлась и концентрация действующего вещества в водном растворе.

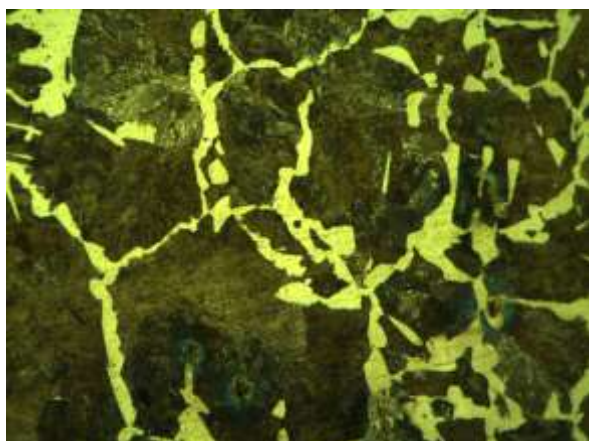
В качестве СОЖ были выбраны стандартные СОЖ, которые в исследованиях обозначены как Образец-1, Образец-2 и Образец-3. На основе этих препаратов были сделаны составы в различной пропорции: 3%, 6,5% и 10% концентрата в водном растворе. Стоит уточнить, что для всех выбранных СОЖ концентрация 10% является рекомендованной к применению для обработки большинства конструкционных материалов.

Образец-1 – сбалансированная смесь минеральных масел, эмульгатора, ингибитора коррозии и других компонентов, аналог состава типа Эмульсол.

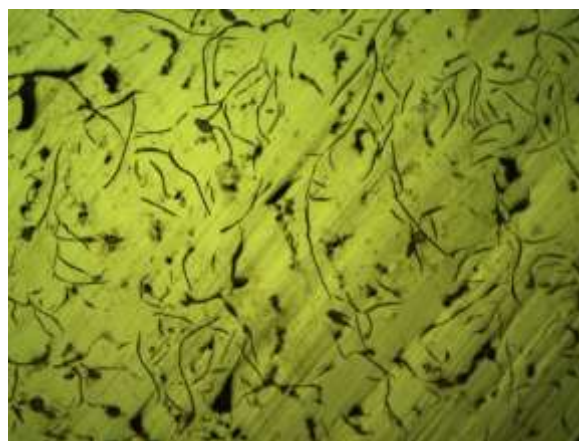
Образец-2 – Полусинтетический СОЖ, содержит минерального масла, ингибитор коррозии, биоцидные добавки, эмульгатор и другие компоненты.

Образец-3 – Синтетический СОЖ не содержит в своем составе минеральных масел. Образец представляет неионогенное поверхностно-активное вещество борат этаноламидов жирных кислот.

Исследования проводились на машине трения модели ИИ 5018, в качестве пары трения были выбраны пара колодка-ролик, причем колодка изготовлена из стали 65, ролик из серого чугуна СЧ20. Микроструктуры ролика и колодки представлены на рисунке 1. На рисунке 1а видна перлитно-ферритная структура колодки, на рисунке 1б четко видна пластинчатая форма графита.



а)



б)

Рисунок 1 – Микроструктура элементов пары трения (а – колодка, б – ролик)

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 23216-84. В процессе испытаний составы испытывались при различных значениях силы прижатия

колодки к ролику. Сила прижима изменялась от 200Н до 1000Н с шагом 200Н. В процессе испытаний измерялся установившийся момент трения и в дальнейшем на его основе производился расчет коэффициента трения. Частота вращения ролика во всех испытаниях составляла 300 об/мин.

Полученные результаты представлены в виде таблиц и графиков. На графиках точками показаны получившиеся в результате испытаний значения показателей, для которых в дальнейшем путем аппроксимации были получены и построены непрерывные функции, изображенные на графиках в виде линий.

Результаты испытания составов при концентрации 3% представлены в таблице 1. На рисунке 2 графически представлены зависимости момента трения от силы прижима образцов.

Таблица 1

**Зависимость момента и коэффициента трения от силы прижима образцов.
Концентрация составов 3%**

Сила прижима образцов Р, Н	Образец-1		Образец-2		Образец-3	
	Момент трения, Н·м	Коэф. Трения	Момент трения, Н·м	Коэф. Трения	Момент трения, Н·м	Коэф. Трения
200	1,05	0,21	0,9	0,18	1,05	0,21
400	2,7	0,27	1,65	0,17	1,65	0,17
600	2,85	0,19	2,175	0,15	2,25	0,15
800	3,3	0,17	2,55	0,13	2,7	0,14
1000	3,6	0,14	2,85	0,11	3	0,12

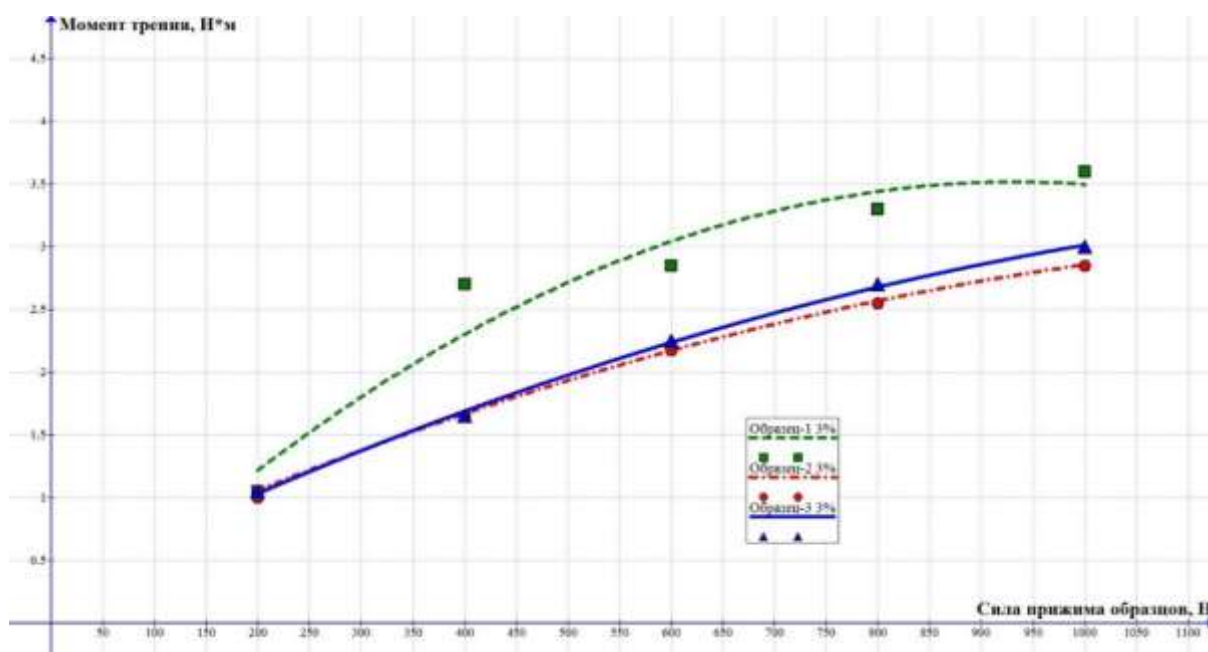


Рисунок 2 – Зависимость момента трения от силы прижима образцов при испытании составов с концентрацией 3%.

**Зависимость момента и коэффициента трения от силы прижима образцов.
Концентрация составов 6,5%**

Сила прижима образцов Р, Н	Образец-1		Образец-2		Образец-3	
	Момент трения, Н·м	Коэф. Трения	Момент трения, Н·м	Коэф. Трения	Момент трения, Н·м	Коэф. Трения
200	1,5	0,3	0,9	0,18	1,05	0,21
400	2,7	0,27	1,5	0,15	1,65	0,165
600	3	0,2	2,475	0,165	2,25	0,15
800	3,75	0,19	2,4	0,12	2,7	0,135
1000	3,9	0,16	2,85	0,114	2,7	0,108

Примечания. Образец-1 при испытаниях показал крайне нестабильные результаты, переходный процесс после увеличения нагрузки протекает дольше, чем у других составов, в образцах СОЖ визуально видно большое число продуктов износа, особенно после испытаний при высоких нагрузках.

На основании исследований можно утверждать, что СОЖ, состоящие преимущественно из минерального масла, не обеспечивают эффективного снижения трения, что может привести к ускоренному износу режущего инструмента. Также для подобных СОЖ концентрация 10% не является оптимальной с точки зрения снижения затрат на трение. Для снижения трения в процессе обработки с целью образования граничной пленки в зоне трения в состав СОЖ необходимо вводить ПАВ. Также из приведенных данных видно, что Образец-2 и Образец-3 показали очень близкие результаты практически на всех режимах испытания.

Для полноценного исследования характеристик различных СОЖ требуется также проведения дополнительных испытаний, таких как определение коррозионной стойкости различных материалов после обработки приведенными составами, определение шероховатости поверхности и другие. Данные испытания будут опубликованы авторами в дальнейших работах.

ВЫВОДЫ

1. СОЖ на основе минерального масла не обеспечивает эффективного уменьшения трения, при увеличении концентрации происходит рост момента и, соответственно коэффициента трения. При увеличении концентрации от 3 до 10% происходит увеличение коэффициента трения до 50%.

2. СОЖ, содержащие в своем составе ПАВ, эффективнее снижают трение по сравнению с СОЖ, состоящей из минерального масла. На тяжелых режимах момент трения уменьшается в 2 раза.

Библиографический список

1. Кравченко, И.Н. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации / И.Н. Кравченко, С.М. Гайдар, Л.В. Жуков, П.Г. Ларин // *Фундаментальные исследования*. – № 3-2. 2014. – С. 262-266.
2. Гайдар, С.М. Этаноламиды карбоновых кислот как полифункциональные ингибиторы окисления углеводородов / С.М. Гайдар // *Химия и технология топлив и масел*. – № 6 (562). – 2010. – С. 16-20.
3. Гайдар, С.М. Защитная эффективность водорастворимых ингибиторов коррозии / С.М. Гайдар, Р.К. Низамов, М.И. Голубев, И.Г. Голубев // *Вестник Мордовского университета*. – Т. 28. – № 3. – 2018. – С. 429-444.
4. Патент на изобретение RUS 2263160 Ингибитор коррозии металлов / Гайдар С.М., Тарасов А.С., Лазарев В.А. // 12.10.2004
5. Гайдар, С.М. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий / С.М. Гайдар, В.Н. Свечников, А.Ю. Усманов, М.И. Иванов // *Труды ГОСНИТИ*. – Т. 111. – № 1. – 2013. – С. 4-8.

УДК 621.89.017

ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОИЗНОСТНЫХ ПРИСАДОК К МАСЛАМ

Приходько Игорь Леонидович, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Малинина Ирина Дмитриевна, старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Наджи Наджм Абдулзахра Фархун, аспирант кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

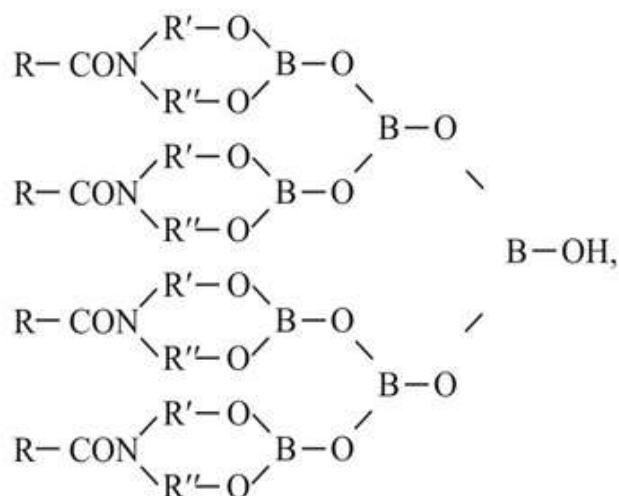
Аннотации. Рассмотрено влияние добавки полифункциональной присадки на свойства полусинтетических моторных масел. Экспериментально доказано изменение основных физико-химических и эксплуатационных свойств масел, таких как трибологические свойства, зольность, экологические свойства двигателя. Показан механизм действия разработанной присадки к моторному маслу, влияние её на формирование поверхности трения.

Ключевые слова: *трибосопряжение, трение, износ, моторное масло, двигатель, присадка, поверхностно-активные вещества.*

На сегодняшний день актуальной проблемой в области химмотологии является проблема повышения надежности силовых установок, так как ресурс техники как правило, и определяется ресурсом силовой установки. Перспективным направлением в решении данного вопроса является применение

многофункциональных присадок к моторному маслу с целью снижения величины и стабилизация условий трения, уменьшения износа [1].

В качестве такого рода присадок могут применяться различные поверхностно-активные вещества (ПАВ). Эти вещества способны изменять поверхностную энергию, значительно влияя на различные процессы, протекающие на границе раздела фаз. К таким веществам относятся бораты этаноламидов карбоновых кислот (БЭКК). Эти вещества зарекомендовали себя как ПАВ, имеющие широкий спектр применения, в том числе и в качестве присадок к моторным и трансмиссионным маслам [2]. Структура данного вещества представлена на рисунке 1.



где R — (CH₃—CH₂—...—CH₂—)
R', R'' — (—CH₂—CH₂—)

Рисунок 1 – Структурная формула БЭКК

Для сравнительных испытаний предлагаемой присадки были использованы составы с различным временем наработки в двигателе на основе моторного масла MANOL [3], а также составы с применением ингибитора коррозии АКОР-1. В результате были получены и испытаны следующие составы:

- 1) Состав №1 – Масло MANOL TS-5;
- 2) Состав №2 – Масло MANOL TS-5 + 10% БЭКК;
- 3) Состав №3 – Масло MANOL TS-5 + 10% АКОР-1;
- 4) Состав №4 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов;
- 5) Состав №5 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов + 10% БЭКК;

- 6) Состав №6 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов + 10% АКОР-1;
- 7) Состав №7 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов;
- 8) Состав №8 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов + 10% БЭКК;
- 9) Состав №9 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов + 10% АКОР-1;

Первый этап испытаний заключался в исследовании трибологических свойств разработанных составов. Испытания проводились на машине трения ИИ5018 по схеме «диск-колодка». Диск изготовлен из стали 40 ГОСТ 1050-88, колодка из чугуна марки СЧ 21 ГОСТ 1412-85. Параметры испытания: время испытания $t=30$ минут, сила прижима образцов $P=2000$ Н, частота вращения вала 200 об/мин, что соответствует скорости 0,52 м/с. Такие параметры были выбраны с целью получения гарантированного результата на всех испытываемых составах [3-5]. В результате определялись износ колодки и установившийся момент трения.

На рисунке 2 показаны результаты, полученные в рамках испытаний. Из представленных данных видно, что наилучшими путем применения в качестве присадки ИК-1 можно добиться значительного снижения износа и момента трения. Так для масла с наработкой 0 моточасов износ снизился в 2,6 раза, для масла с наработкой 90 моточасов в 1,9 раз и для масла с наработкой 250 моточасов в 1,8 раза. Также момент трения снизился при добавке в масло с наработкой 0 моточасов на 19,6%, 90 моточасов – на 26,3%, 250 моточасов – на 28,4%

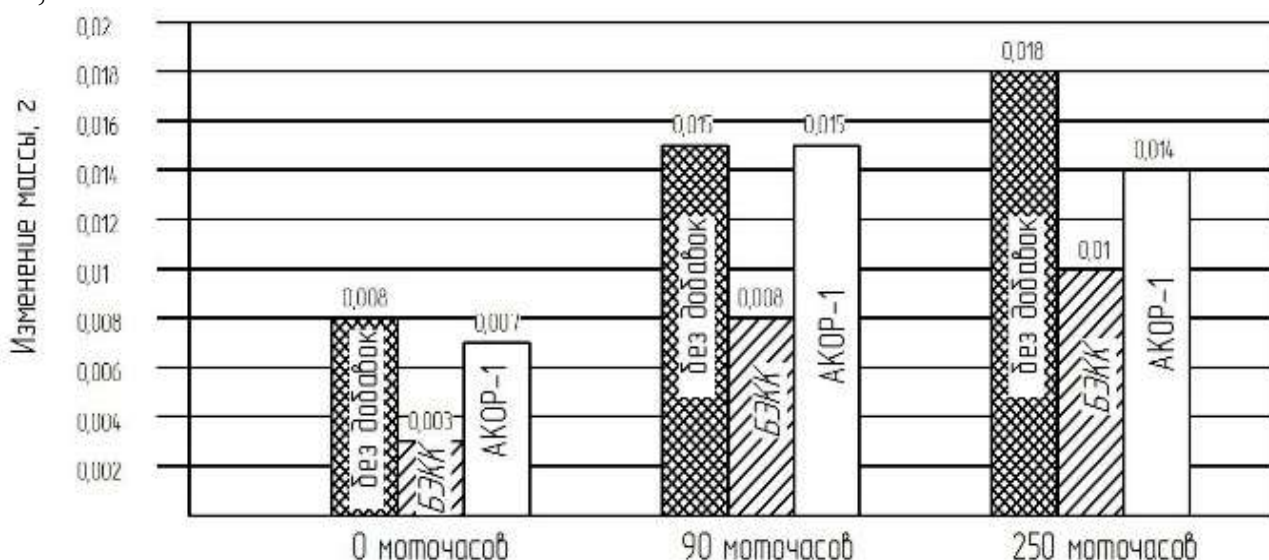


Рисунок 2 – Изменение массы колодки в процессе испытаний

Но для использования вещества в качестве присадки необходимо определение и некоторых других параметров, в частности зольности получившихся составов. Зольность является важным параметром, определяющим склонность масел к образованию нагара и лакоотложению в процессе

эксплуатации. В данной работе зольность определялась согласно ГОСТ 1461-75.

Как видно из приведенных данных, зольность масел при введении в качестве присадки ингибитора ИК-1 увеличивается незначительно, особенно для масел, имеющих наработку 90 и 250 моточасов (0,02% и 0,04% соответственно). При добавлении же ингибитора коррозии АКОР-1 происходит более значительное повышение зольности, что может отрицательно сказываться на работе двигателя.

ВЫВОДЫ

Испытания показали, что использование ингибитора ИК-1 в качестве присадки к моторному маслу позволяет:

1. Снизить износ трибосопряжений от 1,8 до 2,6 раз.
2. Уменьшить момент трения от 19,6% до 28,4%
3. Зольность при использовании присадки увеличивается незначительно.

Таким образом, серия проведенных испытаний показывает возможность использования предлагаемой присадки для улучшения трибологических характеристик моторного масла.

Библиографический список

1. Патент на изобретение RUS 2597442 Ингибитор коррозии металлов / Гайдар С.М., Карелина М.Ю., Пыдрин А.В., Петровский Д.И., Петровская Е.А., Быкова Е.В., Быков К.В., Голубев М.И., Шлыков А.Е. // 15.04.2015.
2. Пыдрин, А.В. Исследование защитных свойств рабоче-консервационных составов на основе отработанных масел / А.В. Пыдрин, А.А. Волков // Труды ГОСНИТИ. – Т. 124. – № 2. – 2016. – С. 103-105.
3. Гайдар, С.М. Этаноламиды карбоновых кислот как полифункциональные ингибиторы окисления углеводородов / С.М. Гайдар // Химия и технология топлив и масел. – № 6 (562). – 2010. – С. 16-20.
4. Кравченко, И.Н. Обоснование факторов, оказывающих влияние на надежность специальной техники в особых условиях эксплуатации / И.Н. Кравченко, С.М. Гайдар, Л.В. Жуков, П.Г. Ларин // Фундаментальные исследования. – № 3-2. – 2014. – С. 262-266.
5. Гайдар, С.М. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий / С.М. Гайдар, В.Н. Свечников, А.Ю. Усманов., М.И. Иванов // Труды ГОСНИТИ. – Т. 111. – № 1. – 2013. – С. 4-8.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Колокатов Александр Михайлович, профессор кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Приходько Игорь Леонидович, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Нагнибедова Елизавета Владимировна, старший преподаватель кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: исследования по изучению обрабатываемости твердосплавных покрытий различными методами при восстановлении деталей, разработан технологический процесс плосковершинного алмазного хонингования и ФАБО.

Ключевые слова: твердый сплав, производительность, хонингование, алмазные бруски, цилиндр, гильза.

Износ деталей машин, поступающих в ремонт, колеблется от 0,01 до 10 мм. Наибольшее число деталей (83%) имеет износ до 0,6 мм, из них: до 0,1 мм – 52%; до 0,2-12%; до 0,3-10%; до 0,4-1%; до 0,5-5%; до 0,6-3%.

Одним из путей компенсации износа является применение различных видов наплавки. Наплавленные поверхности, получаемые при восстановлении деталей, относятся к труднообрабатываемым из-за повышенной и неравномерной твердости, наличия шлаковых включений, пор, разнородной структуры как вдоль поверхности, так и по глубине слоя, наличия макронеровностей и др. При этом толщина наносимого покрытия значительно выше величины износа. При износе деталей в пределах 0,2...0,5 мм около 60...85% наплавленного металла удаляется механическим путем при последующей обработке. Трудовые затраты на механическую обработку единицы поверхности при ремонте значительно выше, чем при изготовлении, – например, в 3,2 раза для распределительных валов, в 13,4 раза для полуоси.

Восстановление деталей твердыми сплавами способами электроконтактной наплавки (армирования), плазменной наплавки, газопламенного напыления позволяет получать тонкослойные покрытия с отклонениями толщины слоя, находящимися в пределах припуска на шлифование. При этом наносимые покрытия имеют незначительное смешивание с основным металлом (5...6%). В зависимости от наплавленного материала (твердые сплавы на основе никеля, железа, металлокерамические твердые сплавы и др.) и способа нанесения твердость получаемых покрытий составляет HRC 40...70. В отличие от упомянутых методов дуговой наплавки перечисленные методы нанесения покрытий не дают полосчатости по твердости и структуре.

Внедрение в производство восстановления изношенных деталей твердыми сплавами тесно связано с возможностью их последующей обработки. В связи с этим на кафедре материаловедения и технологии машиностроения МГАУ проводились исследования по изучению обрабатываемости твердо-сплавных покрытий различными методами при восстановлении деталей.

Обработка твердосплавных покрытий при нанесении порошковых твердых сплавов осложняется тем, что в покрытиях, наряду с вязкой основой, имеются высокотвердые включения карбидов и боридов. Наличие железной основы приближает такие сплавы по обрабатываемости к сталям, никелевой основы - к твердым сплавам.

Для улучшения обрабатываемости в наплавляемый материал вводят добавки (например, НПЧ 1, 2, 3 в основную композицию ПГ-ХН80СР2), однако при этом несколько снижается износостойкость получаемых покрытий.

Для обработки материалов, обладающих низким пределом прочности при разрыве (твердых сплавов, чугуна и др.), могут применяться абразивные круги из карбида кремния зеленого. При абразивном шлифовании труднообрабатываемых материалов наблюдается большой размерный износ кругов, что не обеспечивает необходимой точности обработки. Проявляется также склонность указанных материалов к прижогам и образованию трещин на обрабатываемых поверхностях. Стойкость абразивных кругов в 20 и более раз ниже при шлифовании труднообрабатываемых материалов по сравнению с шлифованием конструкционных и инструментальных сталей.

Алмазный инструмент получил широкое распространение в производстве. Однако для обработки наплавленных поверхностей алмазные круги применяются крайне редко из-за наличия неровностей на обрабатываемых поверхностях, которые могут являться причиной повреждения и разрушения кругов. Восстановление деталей твердосплавными покрытиями методами газопламенного напыления с последующим оплавлением, электроконтактным напеканием и другими делает возможным применение алмазных кругов для обработки. Однако даже при алмазном шлифовании производительность недостаточно высокая (табл.1).

Таблица 1

Показатели абразивного и алмазного шлифования твердосплавного покрытия ПГ-ХН80СР2

Показатели	Абразивное шлифование кругом 63С16ПСМ15К5А	Алмазное шлифование кругом АС6 125/100 МВ1 100 %
Производительность металлосъема:		
средняя, мм ³ /мин	39,1	156,5
удельная, см ³ /Дж (10 ⁻⁶)	0,93	3,80
Относительный износ круга, %	64,2	1,4

Важным резервом повышения качества ремонта автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин, экономии материальных и других ресурсов

является применение прогрессивных технологических процессов для восстановления таких ответственных деталей двигателей, как гильзы цилиндров.

Наиболее распространенным способом ремонта гильз и цилиндров является их растачивание с последующим хонингованием под ремонтный размер. Алмазное хонингование, выполняемое с помощью хонинговальных головок различных конструкций, которым сообщается вращательное и возвратно-поступательное движение при одновременной радиальной подаче брусков, по сравнению с хонингованием абразивными брусками увеличивает в 1,4 раза производительность процесса, на 70% повышает точность обработки, а шероховатость поверхности на 2...3 класса.

Расточка является довольно трудоёмкой операцией, снижающей производительность процесса ремонта гильз. Нередко расточка снижает ремонтпригодность гильз с нирезистовыми вставками, так как резец вырывает металл в стыке вставки с основным металлом [1, 2].

В связи с этим на кафедре проведены исследования и внедрены в производство технологические процессы ремонта гильз только одним алмазным хонингованием, без их растачивания. В этом случае операция расточки заменяется хонингованием крупнозернистыми брусками. Режимы хонингования и характеристика алмазных брусков представлены в таблице 2.

Таблица 2

Режимы и бруски для алмазного хонингования без расточки

Наименование операции	Припуск на диаметр, мм	Характеристика брусков	Режим обработки		Продолжительность обработки, мин
			Число двойных ходов, n дв.х/мин	Давление бусков, МПа	
Предварительная	0,20...0,30	АРК4 800/630 50 МК1	50 ... 60	1,5 ... 1,8	1,5 ... 2,0
Черновая	0,15...0,20	АРК4 500/400 50 МК1	50 ... 60	1,5 ... 1,8	1,0 ... 1,5
Получистовая	0,07...0,10	АРК4 200/160 100 К2	30 ... 40	1,0 ... 1,2	1,0 ... 1,2

На операции обдирочного хонингования, заменяющей операцию расточки, рекомендуются бруски с алмазами АРВ1: для незакаленных чугунов (НВ 170...241) зернистостью 400/315...500/400 на связке МК2 с 50%-й концентрацией алмазов; для закаленных чугунов ($HRC \geq 40$) – с зернистостью 500/400...800/630 на связке МК2 с 50%-й концентрацией алмазов.

Разновидностью хонингования является плосковершинное алмазное хонингование. Плосковершинное алмазное хонингование формирует на рабочей поверхности гильзы (цилиндра) микропрофиль, представляющий собой чередование глубоких впадин (рисок или масляных карманов) и вершин, которые срезаются при последующем хонинговании с образованием площадок (плато), т.е. плосковершинного профиля. Это улучшает условия смазки и уменьшает износ деталей ЦПГ.

Процесс плосковершинного алмазного хонингования включает две операции: предварительное и окончательное хонингование. При окончательном хонинговании срезаются выступы, оставшиеся после предварительного

хонингования, т.е. формируется профиль, состоящий из впадин (рисок) и небольших площадок. Для предварительного хонингования рекомендуются бруски АРК4 125/100 100 МКЗ, для окончательного хонингования – антифрикционные бруски М5-15 в основу которых положена связка МКЗ, а алмазы заменены на антифрикционный наполнитель дисульфид молибдена.

На кафедре разработан и внедрен в производство процесс финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО) гильз цилиндров автотракторных двигателей в металлоплакирующих рабочих средах, содержащих в своем составе поверхностно-активные вещества и химические соединения металлов, способных восстанавливаться на поверхностях обрабатываемых деталей при воздействии трения специальными брусками.

Разработанная технология ФАБО позволяет при окончательной обработке сформировать на рабочих поверхностях деталей медьдисульфид-молибденовое антифрикционное приработочное покрытие. Процесс может осуществляться на обычных станках, применяющихся для финишной обработки, например, на хонинговальных станках с применением специальных антифрикционных брусков, содержащих в качестве твердой смазки дисульфид молибдена. Вместо СОЖ используется медьсодержащая водорастворимая технологическая среда. Режим обработки следующий: окружная скорость $V_o = 40 \dots 60$ м/мин; скорость возвратно-поступательного движения $V_n = 6 \dots 8$ м/мин; давление брусков $p = 0,4 \dots 0,6$ МПа; время на обработку $T_o = 0,6 \dots 1,0$ мин.

Технологическая среда для ФАБО имела следующий состав, мас. %: хлорид меди – 3...5; эмульсол НГЛ-205 – 3...5; глицерин – 35...45; вода – остальное. При обработке рекомендуется применять антифрикционные бруски марок КМ 2/1-М08-1Д и М5-15.

Эффективность использования разработанного технологического процесса ФАБО подтверждена проведением лабораторных, стендовых и эксплуатационных испытаний двигателей ЗМЗ-511 и СМД-62.

Эксплуатационные испытания гильз цилиндров двигателя ЗМЗ-511 проведены по следующей методике. На капитально отремонтированный двигатель при сборке были установлены по четыре гильзы, обработанные по типовой (заводской) технологии и по предлагаемой технологии ФАБО, т.е. с медьдисульфидмолибденовым покрытием. Двигатель был установлен на автомобиль ГАЗ-53А и прошел испытания до пробега в 23 тыс. км.

За время эксплуатационных испытаний средний износ гильз цилиндров, обработанных по типовой технологии, составил 52,6 мкм, максимальный износ – 92,2 мкм. Средний износ работавших с ними в паре поршневых колец составил: первого – 2,618 г; второго – 1,353 г. Зазор в замке соответственно увеличился: для первого кольца – на 2,40 мм; для второго кольца – на 1,81 мм.

Средний износ гильз цилиндров с медьдисульфидмолибденовым покрытием составил 33,4 мкм, максимальный износ гильз составил 52,4 мкм, средний износ работавших с ними в паре поршневых колец составил: первого – 1,860 г; второго – 1,006 г. Зазор в замке соответственно увеличился: для первого кольца – на 1,79 мм; для второго кольца – на 1,39 мм.

На рисунке представлено изменение средних диаметральных износов гильз цилиндров за время эксплуатационных испытаний.

Таким образом, по данным лабораторных, стендовых и эксплуатационных испытаний гильз цилиндров ЗМЗ-511 и СМД-62, использование новой

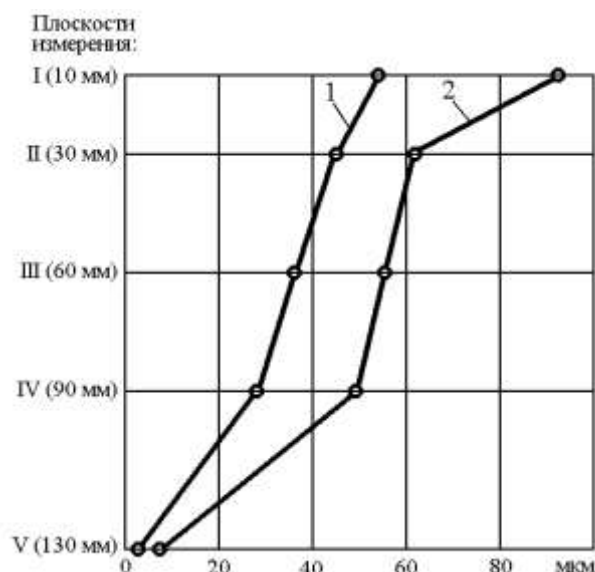


Рисунок 1 – Средние значения диаметральных износов гильз цилиндров двигателей ЗМЗ-511 по высоте после эксплуатационных испытаний: 1 – гильзы с медьдисульфид-молибденовым покрытием; 2 – гильзы без покрытия

технологии ФАБО для гильз цилиндров повышает их износостойкость в 1,60...1,75 раза. Износостойкость поршневых колец при этом повышается в 1,4...1,5 раз для первых колец и в 1,35...1,45 раза для вторых колец. По данным эксплуатационных испытаний двигателей ЗМЗ-511 и СМД-62 использование разработанной технологии ФАБО позволяет повысить их ресурс в 1,3...1,4 раза.

ФАБО обеспечивает повышение износостойкости деталей в 1,5...2,0 раза, антифрикционных и противозадирных свойств трущихся поверхностей, сокращение времени приработки. ФАБО гильз цилиндров и шеек коленчатых валов позволяет повысить ресурс двигателей до 30%.

Таким образом, исследования направлены как на разработку новых способов восстановления, обеспечивающих повышение износостойкости деталей и в целом ресурса машин, так и на решение вопросов, связанных с обработкой деталей, повышающих производительность процесса и способствующих улучшению эксплуатационных показателей деталей.

Библиографический список

1. Колокатов, А.М. Ремонтно-восстановительные составы для повышения ресурса машин. Монография / А.М. Колокатов. – М., РГАУ-МСХА, 2016. – 215 с.
2. Колокатов, А.М. Применение плосковершинного хонингования при ремонте шатунов ДВС / А.М. Колокатов // Доклады ТСХА: Сборник статей, Вып. 288. В 4-х ч. М.: РГАУ-МСХА, 2016. – С. 239-242.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ТРАНСМИССИОННОГО МАСЛА ТМ 5-18

Пыдрин Александр Викторович, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Показаны преимущества выбранной методики исследования смазочных материалов. Приведены результаты испытаний смазочных композиций, показаны основные зависимости параметров трения от внешней нагрузки.

Ключевые слова: износ, трибология, экспериментальные исследования, скорость изнашивания, момент сил трения.

Надежность машин в значительной степени обусловлена надежностью работы их подвижных соединений. Одним из факторов, снижающих надежность техники, является износ трущихся поверхностей трибосопряжений [1]. Для уменьшения износа и увеличения срока службы техники в трибосопряжения их агрегатов вводят специальные смазочные композиции, основой которых являются минеральные или синтетические масла [2].

Минеральные масла получили широкое распространение ввиду их низкой стоимости, для получения же необходимых эксплуатационных свойств в эти масла добавляют широкий спектр присадок. Так, одни присадки улучшают вязкость масла, другие уменьшают износ и т.д.

Таким образом, проблема легирования минеральных масел остается актуальной. В данной работе были исследованы следующие смазочные композиции:

- Масло трансмиссионное ТМ5-18;
- Смазочная композиция ТМ5-18 + 10% Акор-1;
- Смазочная композиция ТМ5-18 + 10% Телаз-ЛС;

Антикоррозионная присадка АКОР-1 (ГОСТ 15171–78) изготавливается на основе нитрованных базовых масел марок М-8, М-11, АС-9,5 с добавлением 10 % стеариновой кислоты и последующей нейтрализацией гидроксидом кальция. Присадка представляет собой густую маслянистую жидкость черного цвета, прозрачную в тонком слое. Применяется в основном для приготовления рабоче-консервационных составов, 5... 10% добавляют к маслам, 3,5% – к дизельному топливу. Для наружной консервации техники при хранении в помещениях и под навесом содержание АКОР-1 в свежих и отработанных маслах доводят до 20% [3].

Технология синтеза присадки АКОР-1 разработана на основе исследований Крейна и Шехтера. Процесс получения состоит из следующих стадий: нитрование масла (М-8, М-11) 98%-ной азотной кислотой, смешение полупродукта с 60%-ной

стеариновой кислотой, нейтрализация смеси оксидом кальция, сушка и центрифугирование полученной присадки [3].

Модификатор Телаз-ЛС представляет собой органические соединения, молекулы которых обладают хемосорбционной способностью, в качестве активного ингредиента использованы карбоновые кислоты. При синтезе использованы карбоновые кислоты с углеводородными или перфторированными радикалами. Радикалы участвуют в формировании гидрофобной части молекулы [4].

При синтезе использованы:

- карбоновые кислоты $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$; $\text{C}_6\text{F}_5(\text{CF}_2)_n\text{COOH}$

- диэтаноламин $\begin{array}{l} \text{HN} \begin{array}{l} / \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \backslash \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH} \end{array} \end{array}$

- борная кислота H_3BO_3 .

В результате синтеза получают органические соединения с асимметричной молекулярной структурой, содержащие гидрофобный радикал (для соединений с перфторированным радикалом он является лиофобным) и гидрофильную часть [4, 5].

Испытания проводились на стандартной машине трения типа Амслер – «МИ». Снабжена системами создания, поддержания и измерения температур, нормальных сил, линейных скоростей скольжения, моментов сил трения и скоростей изнашивания. Основные испытываемые параметры – трение и износ регистрируются с помощью двухканального самописца модели «2309» фирмы «Брюль и Кьер». Схема трения – «колодка-ролик» с постоянными величинами коэффициентов взаимного перекрытия и площади соприкосновения независимо от износа, что является важным фактором достоверности получаемых экспериментальных результатов (рис. 1).

Испытания по схеме «колодка-ролик»



Рис.1

Методика экспериментирования согласно ГОСТ 23216-84, и заключается в организации вращения ролика, находящегося в ёмкости тороидальной формы, в которую вливается тщательно перемешанная смазочная композиция. Прикладывается нормальная сила, происходит контакт рабочих поверхностей самоустанавливающейся колодки и вращающегося ролика, после чего осуществляется синхронное измерение скорости изнашивания и момента сил трения в течение всего опыта без разъединения зоны трения.

Зона трения образована цилиндрическими поверхностями ролика и колодки. Радиус ролика $R=35,0-0,1$ мм, площадь контакта колодки и ролика $0,1654$ см². Частота вращения вала $n=100$ об/мин (линейная скорость $0,37-0,01$ м/с), выбрана из условия гарантированного отсутствия гидродинамического режима смазки. Ряд нормальных сил, прикладываемых к испытуемым образцам – 31,15; 52,15; 73,15; 94,15; 115,15 кгс определен экспериментально, в том числе из условия гарантированного отсутствия признаков заедания.

В результате двух основных серий испытаний получены экспериментальные зависимости параметров трения от нормальной нагрузки. Итогом обработки зависимостей являются сводные таблицы (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Скорость изнашивания $V_{изн}$ (мкм/час) и момент сил трения $M_{тр}$ (кгс*м*10⁻²) при 100 об/мин. I серия экспериментов

Нормальные силы, кгс	TM5-18		TM5-18+10% Акор-1		TM5-18+10% Телаз-ЛС	
	$V_{изн}$	$M_{тр}$	$V_{изн}$	$M_{тр}$	$V_{изн}$	$M_{тр}$
31,15	40,2	14,01	6,3	12,01	5,7	2,0
52,15	56,3	24,02	51,2	26,02	11,3	24,02
73,15	83,3	36,03	117,4	38,03	26,9	34,03
94,15	186,2	46,03	139,1	50,04	25,3	44,03
115,15	238,2	56,04	169,6	64,05	29,2	58,04

Таблица 2

Скорость изнашивания $V_{изн}$ (мкм/час) при 100 об/мин. II серия экспериментов

Нормальные силы, кгс	TM5-18	TM5-18+10% Акор-1	TM5-18+10% Телаз-ЛС
73,15	70,0	35,8	29,2
94,15	118,7	104,5	30,5/10,1*
115,15	145,9	122,7	9,7*

Примечание: *-результаты получены после работы смазочной композиции при температуре 105°С.

Исследуемые смазочные композиции обнаружили различные уровни взаимодействия с трущимися поверхностями, и, соответственно, различного уровня воздействия на измеряемые параметры. Это выразилось в том, что все исследуемые смазочные материалы при одних и тех же условиях испытаний

имеют незначительно отличающиеся друг от друга значения $M_{тр}$, но $V_{изм}$ отличается существенно, в отдельных случаях на порядок.

Экспериментальные исследования, проведенные в испытательном узле трения «ролик-колодка» при описанных выше параметрах испытаний, позволяют сделать следующие основные выводы:

1) Смазочная композиция ТМ5-18+10% Телаз-ЛС во всем диапазоне нормальных сил демонстрирует:

- Снижение $V_{изн}$ по сравнению с чистым ТМ5-18 от 2 до 8 раз, а по сравнению со смазочной композицией ТМ5-18+10% Акор-1 от 1,1 до 6 раз;
- В целом композиция демонстрирует меньшие значения $M_{тр}$.

2) Трибохарактеристики смазочной композиции ТМ5-18+10% Телаз-ЛС после нагрева при температуре 105°C и последующего охлаждения демонстрирует уменьшение скорости изнашивания в 3 раза.

Библиографический список

1. Гайдар, С.М. Консистентные смазки с наномодифицированным дисульфидом молибдена / С.М. Гайдар // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 4. – 2010. – С. 27-29.

2. Гайдар, С.М. Наномодифицированные твердые смазочные покрытия с полимерными связующими / С.М. Гайдар // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – № 8. – 2010. – С. 29-32.

3. Гайдар, С.М. Улучшение эксплуатационных характеристик двигателя с применением нанотехнологий/ С.М. Гайдар, В.Н. Свечников, А.Ю. Усманов, М.И. Иванов // Труды ГОСНИТИ. – Т. 111. – №1. – 2013. – С.4-8

4. Гайдар, С.М. Использование наноматериалов в качестве присадок к маслам для уменьшения трения в трибосопряжениях / С.М. Гайдар, В.Н. Свечников, А.Ю. Усманов, М.И. Иванов // Техника и оборудование для села. – №1. – 2013. – С.35-37.

5. Гайдар, С.М. Модификация консистентных смазок с использованием нанотехнологии / С.М. Гайдар // Техника в сельском хозяйстве. – № 2. – 2010. – С. 38-40.

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ

***Пыдрин Александр Викторович**, доцент кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
Пикина Анна Михайловна, аспирант кафедры материаловедения и технологии машиностроения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Исследованы защитные свойства консервационных составов на основе товарного масла, модифицированные ингибиторами коррозии отечественного производства АКОР-1 и Телаз-ЛС. Приведены рецептуры исследуемых составов.*

***Ключевые слова:** коррозия, эксперимент, ингибитор, рабоче-консервационные составы, консервация.*

В современной металлургии большую часть выпускаемой продукции составляют черные сплавы. Черные сплавы составляют более 90% всех используемых в мировой экономике металлов и сплавов. Широкое применение черных металлов в различных областях техники объясняется их ценными физическими и механическими свойствами, а также их сравнительной дешевизной.

Наиболее распространенными из всего ассортимента черных сплавов являются низкоуглеродистые стали. Они легко обрабатываются резанием, хорошо свариваются, обладают хорошими показателями ковкости и низкой ценой. Из таких сталей изготавливают различный горячекатаный рядовой прокат: балки, швеллеры, уголки, прутки, а также листы трубы и проволоку. Низкоуглеродистые стали применяют для производства сварных конструкций, деталей, изготавливаемых методами пластического деформирования, а также различных деталей машин и механизмов (валы, оси, зубчатые колеса и т.д.) [1].

В то же время низкоуглеродистые стали не обладают высокой коррозионной стойкостью, что приводит к необходимости применения различных мер по защите деталей из этих сплавов и сборочных единиц, в которые они входят, от различных видов коррозии, в результате которой снижаются механические свойства и ресурс этих изделий [2].

Принимая во внимание вышесказанное, разработка технологических мероприятий, повышающих коррозионную стойкость изделий из низкоуглеродистых сталей, являются актуальным на данный момент времени вопросом, который и рассмотрен в данной работе [3].

Поскольку для внутренней консервации, которая является технологически более трудоемкой и сложной в практическом выполнении, зачастую используются рабочие и рабоче-консервационные составы на основе серийных

масел, которые, как правило, уже отработали некоторый ресурс в данном узле [4]. Для эксперимента были составлены композиции на основе товарного масла марки MANOL. Часть из этих составов была модифицирована добавлением распространенных ингибиторов коррозии отечественного производства Телаз-ЛС и АКОР-1.

Антикоррозионная присадка АКОР-1 (ГОСТ 15171-78) изготавливается на основе нитрованных базовых масел марок М-8, М-11, АС-9,5 с добавлением 10% стеариновой кислоты и последующей нейтрализацией гидроксидом кальция. Присадка представляет собой густую маслянистую жидкость черного цвета, прозрачную в тонком слое. Применяется в основном для приготовления рабоче-консервационных составов, 5...10% добавляют к маслам, 3,5% – к дизельному топливу. Для наружной консервации техники при хранении в помещениях и под навесом содержание АКОР-1 в свежих и отработанных маслах доводят до 20%.

Ингибитор коррозии Телаз-ЛС представляет собой продукт конденсации карбоновых кислот с этаноламинами.

В результате синтеза получают органические соединения с асимметричной молекулярной структурой, содержащие гидрофобный радикал и гидрофильную часть [5].

Были получены и испытаны следующие составы:

- 10) Состав №1 – Масло MANOL TS-5;
- 11) Состав №2 – Масло MANOL TS-5 + 10% Телаз-ЛС;
- 12) Состав №3 – Масло MANOL TS-5 + 10% АКОР-1;
- 13) Состав №4 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов;
- 14) Состав №5 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов + 10% Телаз-ЛС;
- 15) Состав №6 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 90 моточасов + 10% АКОР-1;
- 16) Состав №7 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов;
- 17) Состав №8 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов + 10% Телаз-ЛС;
- 18) Состав №9 – Масло MANOL TS-5 с пробегом 250 моточасов + 10% АКОР-1;

Испытания проводились согласно ГОСТ 9.054 на стальных образцах. Для каждой смазочной композиции было использовано по 3 образца, также были испытаны 3 контрольных образца без защитного покрытия. Оценивалось время появления первых очагов коррозии, динамика развития коррозионного поражения. Образцы снимались с испытания в соответствии с ГОСТ 9.054. Оценка велась по площади коррозионного разрушения.

Испытания проводились в камере солевого тумана DYCOMETAL серии SSC, заводской № 2563/07, аттестат ФБУ «РОСТЕСТ-Москва» АТ0015347.

Результаты по времени появления первых признаков коррозии и количеству циклов, которое выдержали испытанные консервационные составы, сведены в таблицу 1 и представлены на рисунках 1 и 2.

Приведенные результаты показывают, что наилучшими антикоррозионными свойствами обладают составы, в состав которых входит ингибитор коррозии Телаз-ЛС.

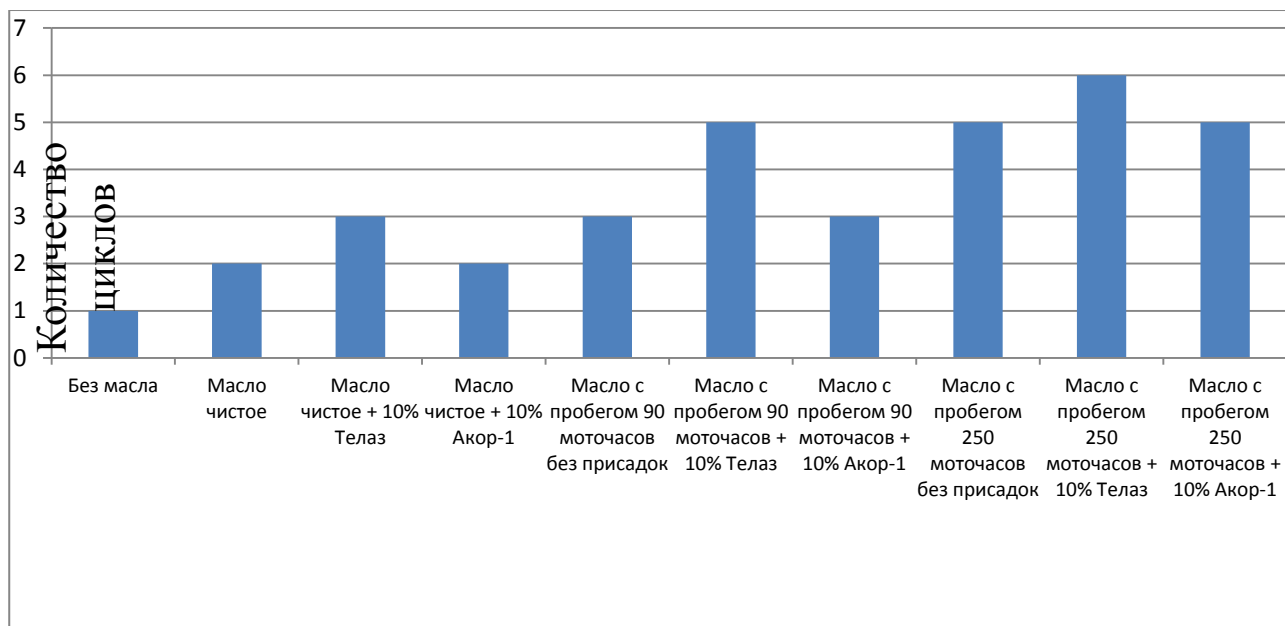


Рисунок 1 – Количество циклов до появления первых очагов коррозии

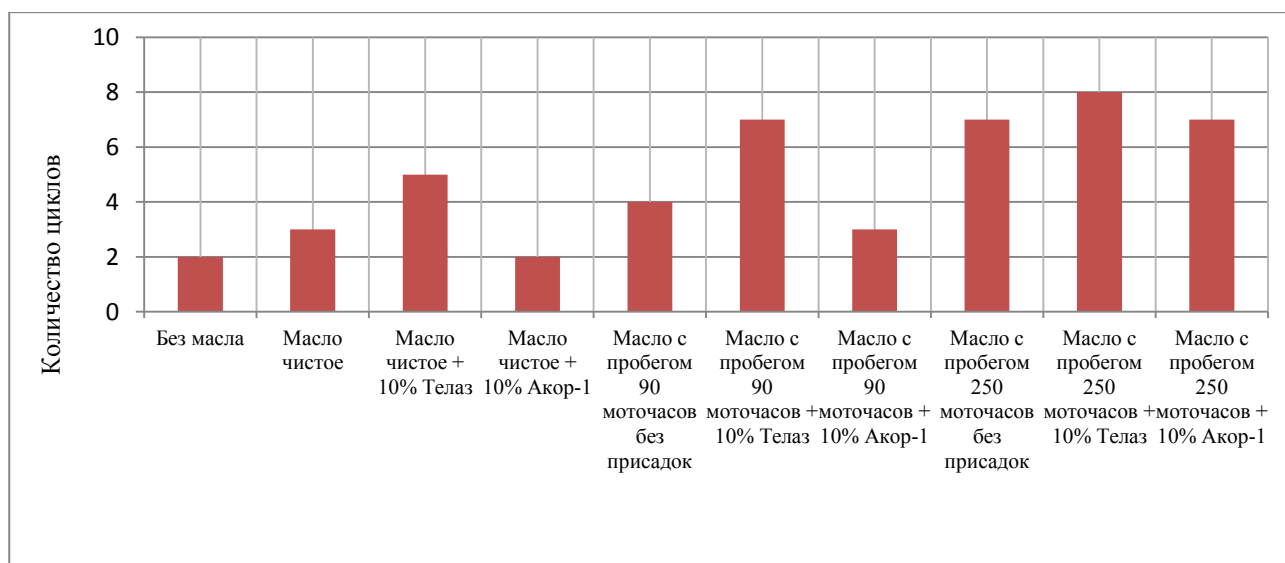


Рисунок 2 – Количество циклов, которое выдержало защитное покрытие

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- 1) Наилучшими антикоррозионными свойствами среди исследованных смазочных композиций обладает композиция № 8;
- 2) У рабоче-консервационных материалов на базе масла MANOL TS-5, частично или полностью отработавших цикл между техническими обслуживаниями (чаще всего 250 моточасов) коррозионно-защитные характеристики не ухудшаются;

3) Для консервации смазочной системы ДВС для создания рабоче-консервационного состава рекомендуется применять ингибитор коррозии Телаз-ЛС.

Таблица 1

Время появления первых очагов коррозии

№ образца	№ Консервационного состава	Среднее время появления первых признаков коррозии, циклы	Среднее количество циклов, которое выдержала защитная композиция
1,2,3	Без маслозащитного покрытия	>1	2
4,5,6	№1	2	3
7,8,9	№2	3	5
10,11,12	№3	2	2
13,14,15	№4	3	4
16,17,18	№5	5	7
19,20,21	№6	3	3
22,23,24	№7	5	7
25,26,27	№8	6	8
28,29,30	№9	5	7

Библиографический список

1. Гайдар, С.М. Теория и практика создания ингибиторов атмосферной коррозии / С.М. Гайдар, Низамов Р.К., Гурьянов С.А. // Техника и оборудование для села. – № 4. – 2012. – С. 8-10.
2. Гайдар, С.М. Подходы к определению технического состояния транспортных средств / С.М. Гайдар, Ю.А. Заяц, Т.М. Заяц, А.О. Власов // Грузовик. – № 5. – 2015. – С. 27-30.
3. Гайдар, С.М. Концепция создания ингибиторов коррозии с использованием нанотехнологических подходов / С.М. Гайдар, Р.К. Низамов, М.И. Голубев // Вестник Московского государственного университета леса – Лестной вестник. – №7(90). – 2012. – С. 140-142.
4. Гайдар, С.М. Инновационные консервационные составы для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии / С.М.Гайдар, Р.К. Низамов, В.Д. Прохоренков, Е.Г Кузнецова // Техника и оборудование для села. – № 11 (184). – 2012. – С. 40-43.
5. Патент на изобретение RUS 2597442 Ингибитор коррозии металлов / Гайдар С.М., Карелина М.Ю., Пыдрин А.В., Петровский Д.И., Петровская Е.А., Быкова Е.В., Быков К.В., Голубев М.И., Шлыков А.Е.// 15.04.2015

СОФЬЯ ВАСИЛЬЕВНА КОВАЛЕВСКАЯ

к 170-летию со дня рождения Софьи Васильевны Ковалевской

Павлов Александр Егорович, доцент кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Павлова Лариса Александровна, старший преподаватель кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Чеха Ольга Вячеславовна, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: *Приведены интересные страницы жизни и научного творчества великого русского математика и механика, заслужившей международное признание.*

Ключевые слова: *волчок Ковалевской, эллиптические функции Якоби, функции Вейерштрасса, матрица Ковалевской, показатели Ковалевской, Н.И. Мерцалов.*

Софья Васильевна Ковалевская родилась 3 (15) января 1850 года в Москве в семье артиллерийского полковника Василия Васильевича Корвин – Круковского. В 1858 году отец в чине генерал-лейтенанта вышел в отставку и переехал вместе с семьёй в своё родовое имение Палибино вблизи города Великие Луки.

После рождения Софьи родители полагали, что она будет жить обычной для женщины тех лет жизнью – выйдет замуж, родит детей и ограничит круг своих забот домашними хлопотами. Но судьба распорядилась иначе. В раннем возрасте Софья проявила большой интерес к математике, что поощрялось отцом, который и сам уважал математику. Дед и прадед Ковалевской были известными учёными. Очевидно, склонность к точным наукам передалась ей по наследству.

Интересный психологический эпизод из своей деревенской жизни приводит она в книге «Воспоминания детства»: «Когда мы переезжали на житьё в деревню, весь дом пришлось отделать заново и все комнаты оклеить новыми обоями. Но, по счастливой случайности, на эту предварительную оклейку пошли именно листы литографированных лекций Остроградского о дифференциальном и интегральном исчислении, приобретённые моим отцом в его молодости. Я помню, как я в детстве проводила целые часы перед этой таинственной стеной, пытаюсь разобрать хоть отдельные фразы и найти тот порядок, в котором эти листы должны бы следовать друг за другом. От долгого ежедневного созерцания внешний вид многих формул так и врезался в моей памяти, да и самый текст оставил по себе глубокий след в мозгу.

Когда, много лет спустя, уже пятнадцатилетней девочкой, я брала первый урок дифференциального исчисления у известного преподавателя математики в

Петербурге, Александра Николаевича Страннолюбского, он удивился, как скоро я охватила и усвоила себе понятия о пределе и о производной, точно я наперёд их знала. И дело, действительно, было в том, что в ту минуту, когда он объяснял мне эти понятия, мне вдруг живо припомнилось, что всё это стояло на памятных мне листах Остроградского, и самое понятие о пределе показалось мне давно знакомым».

Софья Васильевна Ковалевская за восемь лет осилила полный курс предметов мужской гимназии, занимаясь с учителями на дому. Преподаватели восхищались её математическими талантами и рекомендовали родителям девочки и дальше развивать эту её склонность, сравнив её талант с талантом Блеза Паскаля.

Квадратура круга, асимптоты, к которым кривая постоянно приближается, никогда их не достигая, другие подобные понятия будоражили её интерес к математическим тайнам. На всю жизнь сохранилось у Софьи благоговейное отношение к математике как высшей и загадочной науке, открывающей чудесный мир посвящённым, оставаясь недоступной остальным.

В те годы, в России женщинам в высших учебных заведениях учиться было запрещено. Заграничный паспорт можно было получить только с разрешения родителей или мужа. Отец не дал разрешения для продолжения обучения. После заключения фиктивного брака (позднее он стал фактическим), в 1869 году Софья Васильевна смогла уехать в Германию для получения высшего математического образования в Гейдельбергском университете.

Затем, после пятилетнего обучения, она решает переехать в Берлин к знаменитому математику Карлу Вейерштрассу. Под руководством своего учителя она написала диссертацию «К теории дифференциальных уравнений», которую успешно защитила в Гёттингенском университете. Вернувшись в Россию, Ковалевская пыталась найти работу преподавателем в университете, но безуспешно. Единственное, на что она могла рассчитывать – это на место учительницы арифметики в младших классах женской гимназии. Пришлось ей снова уехать в Берлин к своему учителю.

Профессор Стокгольмского университета Миттаг – Леффлёр, ученик Вейерштрасса, предложил ей работу профессором в Швеции. «Сегодня нам предстоит сообщить не о приезде какого-нибудь пошлого принца крови или тому подобного, высокого, но ничего не значащего лица. Нет, принцесса науки, госпожа Ковалевская почтила наш город своим посещением и будет первым приват-доцентом женщиной в Швеции», – писала в ноябре 1883 года стокгольмская газета. Согласно обязательствам, она должна была читать лекции первый год по-немецки, а со второго года – на шведском языке. Вейерштрасс ей писал: «От души поздравляю Тебя с большим числом слушателей. Конечно, Ты узнаешь на опыте, что многие из них обладают доброй волей, но слабыми возможностями... Если бы можно было объединить вокруг себя кружок не более чем из 12 талантливых и хорошо подготовленных слушателей, одушевлённых преданностью науке, тогда академическое преподавание было бы самым ценным и интересным занятием в мире».

Задача о вращении твёрдого тела вокруг неподвижной точки представляет особый интерес в математике и механике. Эйлер вывел свои знаменитые уравнения и рассмотрел простейший случай, когда точка крепления совпадает с центром масс тела.

Якоби проинтегрировал эту задачу при помощи созданной им теории эллиптических функций.

Лагранжем был найден следующий интегрируемый случай, когда центр тяжести не совпадает с неподвижной точкой, но лежит на оси симметрии эллипсоида инерции для точки опоры, который является эллипсоидом вращения. В дальнейшем, в течение длительного времени существенных результатов получено не было.

Третий (и последний) случай оказался намного труднее предыдущих. Дополнительный интеграл оказался алгебраической функцией четвёртого порядка [1]. Для решения этой механической задачи был привлечён математический аппарат теории аналитических функций, активно развиваемый математиками XIX века. Потребовалось привлечение идей великих математиков, разрабатывавших комплексный анализ: Коши, Римана, Вейерштрасса. Дифференциальные уравнения движения в работах предшественников были проинтегрированы в эллиптических функциях комплексного времени t .

Учитель Ковалевской поставил своей ученице задачу: найти все случаи, когда интегралы уравнений движения твёрдого тела представляются как мероморфные на всей комплексной плоскости времени t функции. В возрасте 24 лет Софья Ковалевская получила звание доктора философии по математике, что было неслыханным достижением для юной дамы.

В 1888 году Парижская академия наук объявила конкурс на соискание борденовской премии за лучшую работу по динамике твёрдого тела, которую и получила Софья Васильевна Ковалевская. В официальном извещении от Академии значилось следующее:

**«Парижская Академия Наук
Париж, 18 декабря 1888г.
Непременные секретари Академии.
Госпоже Софии Ковалевской. Стокгольм.**

Госпожа Ковалевская.

Имеем честь Вас известить, что Академия Наук присудила Вам премию Бордена (усовершенствовать теорию движения твёрдого тела).

Мы приглашаем Вас, Госпожа Ковалевская, присутствовать на публичном заседании, которое состоится в понедельник 24-го декабря текущего месяца ровно в час дня и на котором будут провозглашены результаты конкурса. С готовностью пользуемся этим случаем, чтобы принести Вам личные поздравления и засвидетельствовать нашу уверенность в той пользе, которую Академия предвидит в Ваших работах и Ваших успехах.

Примите, Госпожа Ковалевская, уверения в нашем уважении.

Бертран».



С. В. КОВАЛЕВСКАЯ
Фото 1888 г.

24 декабря 1888 года на торжественном заседании Парижской академии наук Софье Васильевне была вручена премия. В этом же году Софья Васильевна начала писать «Воспоминания детства», где она рассказала о строгости воспитания, принятого в дворянских семьях, о родных людях, о знакомстве с Фёдором Михайловичем Достоевским. *Ковалевская верила в судьбу и её знаки, считая, что унаследовала дар предвидения от одной из своих прабабушек, цыганки-гадалки. Помимо математики, она увлекалась и литературой. Большинство её рассказов посвящены России, по которой она тосковала, находясь в другой стране.*

В области механики и математики она продолжала работать над задачей о сферическом движении твёрдого тела. Ковалевская после вручения столь престижной премии стала знаменитой в математических кругах Европы и решила вернуться домой. К сожалению, достойной работы для неё на родине опять же не нашлось...

Метод Ковалевской отыскания интегрируемых задач, показавший свою успешность в динамике твёрдого тела, с успехом применяется и в настоящее время в других разделах механики, математической физики. Часто встречаются в различных приложениях системы квазиоднородных дифференциальных уравнений. Японский математик Харуо Йошида, занимающийся задачами небесной механики, в честь знаменитой русской женщины-математика ввёл понятия: матрица Ковалевской, показатели Ковалевской.

Интегрируемый случай Ковалевской помогает понять глубокую связь между задачами классической механики и такими изящными разделами математики как теория римановых поверхностей, тета-функциями Якоби, задачей обращения абелевых интегралов, теорией двоякопериодических функций Вейерштрасса и другими.

Математический аппарат, развитый великими математиками XIX века оказывается необходимым при исследовании различных инженерных задач. В XXI веке ограничиваться знанием элементарных функций уже непозволительно, поскольку, как правило, исследуемые физические эффекты оказываются нелинейными. Линейные же приближения не в состоянии, в принципе, описать многие качественные эффекты. Нелинейная физика особенно активно прогрессировала в конце прошлого века в связи с появлением портативных компьютеров, обладающих высоким быстродействием. Компьютерные эксперименты в силу наглядности помогают легче понять эффекты нелинейности, описанные языком сложных математических формул. Высшие трансцендентные функции встроены в компьютерный пакет МАТНЕМАТИСА, что позволяет оперировать с ними на уровне элементарных функций.

Николай Иванович Мерцалов [2] исследовал траектории движения светящихся точек на волчке Ковалевской. Как известно, случай Лагранжа получил широкое распространение в практике: достаточно сказать, что гироскопами Лагранжа теперь ведутся большие морские суда – этим мы обязаны работам Фуко. Естественно поставить поэтому вопрос: может ли иметь практическое применение гироскоп Ковалевской? Отвечать теперь на этот вопрос ещё рано: гироскоп Ковалевской мало известен. Однако именно непериодичность в движении этого гироскопа как раз может оказаться выгодным фактором в деле применения его: в практике имеется целый ряд случаев, когда именно такая непериодичность требуется (например, при шлифовании), и, может быть, через некоторое время практика потребует указаний возможности применения и гироскопа Ковалевской.

К этому нужно готовиться, а готовиться – это значит всемерно распространять изучение случая Ковалевской, по возможности упрощать это изучение, иллюстрировать теорию соответственными графиками и т.д. В этой области – целый ряд тем и изысканий.

Библиографический список

1. Павлов, А.Е. Пространственные механизмы Мерцалова / А.Е. Павлов, С.В. Сорокин, Л.А. Павлова // Вестник МГАУ. – №4(74). – 2016. – С. 7-10.
2. Чеха, О.В. Актуальные задачи механики: Механика в XXI веке и развитие идей Н.И. Мерцалова / О.В. Чеха // Сборник: Доклады ТСХА. – 2019. – С. 97-102.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Скороходов Дмитрий Михайлович, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Рассмотрены основные методы и средства контроля качества машиностроительных изделий.

Ключевые слова: контроль качества, средство измерений, методы контроля, контрольно-измерительные средства, бесконтактные методы контроля.

Неотъемлемым видом метрологической практики является технический контроль качества продукции. Как правило, контроль качества проводят по количественным и качественным показателям, осуществляя определенные измерения.

Виды измерений определяются физическим характером измеряемой величины, требуемой точностью, необходимой скоростью, условиями и режимом измерений. Ряд ученых считают, что можно выделить виды измерений в зависимости от их цели: контрольные, диагностические и прогностические, лабораторные и технические, эталонные и поверочные, абсолютные и относительные и т.д. [1, 2].

В нормативных документах есть ряд частных понятий, определяющих разновидности методов и видов измерений в соответствии с возможностями средств измерений. В частности РМГ29-99 содержит классификацию и определения следующих методов измерений: непосредственной оценки, сравнения с мерой, нулевой, дифференциальный, замещения, дополнения [3].

Для полноценного функционирования процесса контроля качества продукции в соответствии с методом измерения требуется соответствующее техническое обеспечение. В данном случае под техническим обеспечением понимается достаточное для качественного контроля количество высокоточных средств измерений, требуемых для проведения заданных измерений.

В свою очередь средство измерения – это техническое устройство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

В зависимости от числа контролируемых параметров деталей все механизированные и автоматизированные устройства подразделяются на одномерные и многомерные.

Классификация средств контроля по признакам представлена в работе [2].

К основным видам средств измерения согласно [1, 2] относятся: меры; измерительные преобразователи; измерительные приборы; измерительные

установки; измерительные системы; вспомогательные средства измерений; автоматизированное средство контроля; неавтоматизированное средство измерений.

Сегодня основную массу применяемых предприятиями технического сервиса контрольно-измерительных средств составляют контактные контрольно-измерительные средства (рис. 1).



Штангенинструменты



Микрометры



Рычажно-механические



Калибры и шаблоны

Рисунок 1 - Контактные контрольно-измерительные средства



Пневматические



Оптико-механические

Рисунок 1 – Контактные контрольно-измерительные средства

В основном к контактным контрольно-измерительным средствам относятся: штангенинструменты (штангенциркуль, штангенрейсмас и штангенглубиномер), микрометрические приборы (микрометры, нутромеры, глубиномеры), пружинные измерительные приборы, оптико-механические приборы (длиномеры, интерференционные приборы, оптиметры, микроскопы, проекторы и др.), пневматические приборы, штриховые меры длины (рулетка, линейка, складной метр, объект-микрометр и др.), рычажно-зубчатые приборы и др.

Вышеперечисленные средства измерения, основанные на контактных методах измерения, обладают следующими недостатками: механический контакт измерительных элементов с объектом контроля имеет ограничения, как по разрешающей способности, так и по степени влияния измерительных элементов на геометрию изделия; низкой производительностью измерений; низкой точностью измерений; плохо поддаются автоматизации.

Наиболее точными контактными приборами с возможностью автоматизации являются координатно-измерительные машины, они признаны официальными средствами измерения по стандартам ISO и внесены в Государственный реестр средств измерения Российской Федерации.

В зависимости от типа дефектов и условий контроля для получения изображения используются: матричные видеокамеры стандартного и высокого разрешения, видеокамеры линейного сканирования, трехмерные и мультиспектральные видеокамеры [4].

Контроль качества запасных частей сельскохозяйственной техники осуществляется при помощи различных средств измерений, функционирующих на основе различных методов определения физико-механических и геометрических параметров. К основным методам контроля этих параметров относятся:

контактные – средства измерения со шкалой, средства измерения стрелочные, средства измерения с цифровым отсчетом, координатно-

измерительные машины вертикальные, горизонтальные и мостовые, координатно-измерительные машины типа «рука»;

комбинированные – координатно-измерительные машины с комбинированными измерителями;

бесконтактные – муаровый, рефлектометрический, триангуляционный, видиограмметрический, ультразвуковой, лазерно-акустический, рентгено-флуоресцентный, вихретоковой.

Наиболее эффективным методом контроля геометрических размеров деталей является триангуляционный метод, с точностью измерений до 0,005 мм. Для оценки качества материалов, в том числе их целостности и определения марки стали, наиболее оптимальным является рентгеновский метод контроля, с точностью измерений до 0,01 мм.

Таким образом, для контроля качества деталей и сельскохозяйственной техники можно использовать множество средств измерений качества основанных на различных методах контроля. Учитывая недостатки, которыми обладают контактные средства измерений, предлагается применение бесконтактных измерительных средств. Проведенный анализ бесконтактных измерительных средств показал, что наиболее эффективными являются оптико-электронные приборы, позволяющие получать профиль поверхности сканируемой детали и ее трехмерную модель. Это позволяет с последующей обработкой получать размеры контролируемых изделий и принимать решение о годности поставляемых деталей.

Запасные части машиностроительных изделий возможно изготавливать при помощи технологий быстрого прототипирования для быстрой замены вышедшей из строя детали до время закупки новой. Технологии быстрого прототипирования открывают широкие возможности в техническом сервисе сельскохозяйственной техники. Некоторые запасные части теперь не обязательно доставлять к месту ремонта, в условиях небольших ремонтных предприятий можно быстро получать готовые изделия с минимальными затратами времени и средств, что позволит сократить простои техники и издержки на ремонт [5].

Применение таких оптико-электронных приборов в условиях дилерских и ремонтных предприятий сельскохозяйственной техники имеет ряд сложностей, причинами которых являются:

- широкий диапазон физико-механических параметров изделий;
- большая номенклатура поставляемых изделий и контролируемых параметров;
- сложные алгоритмы обработки полученных изображений и результатов измерений;
- отсутствие электронных баз данных физико-механических параметров изделий;
- проблема рационального позиционирования объектов контроля и приборов бесконтактного контроля;

- образование при контроле невидимых участков изделий или так называемых «слепых зон»;

- отсутствие методических рекомендаций по выбору и использованию бесконтактных средств измерений.

Программное обеспечение имеющихся оптико-электронных средств измерений имеет ряд недостатков:

- отсутствие возможности контролировать машиностроительные изделия с оценкой их качества по линейно-угловым размерам и дефектам;

- информация о результатах сканирования предоставляется в виде значений координат, что усложняет обработку результатов и создание трехмерных моделей измеряемых изделий;

- не отлажено взаимодействие с самой измерительной установкой; полученные трехмерные модели сканируемых изделий требуют доработки оператором-контролером.

Таким образом, можно выделить следующие основные направления в совершенствовании методов и средств контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники, которые позволят обеспечить:

- повышение точности и снижение трудоемкости измерений;

- доступность измерений как геометрических, так и физико-механических параметров контролируемой детали;

- возможность автоматизации и роботизации измерений.

Библиографический список

1. Дорохов, А.С. Входной контроль качества сельскохозяйственной техники / В.А. Семейкин, А.С. Дорохов // Сельский механизатор. – № 12. – 2009. – С. 12-13.

2. Дорохов, А.С. Система контроля качества деталей сельскохозяйственных машин: монография / А.С. Дорохов, К.А. Краснящих, Д.М. Скороходов. – М.: МЭСХ, 2019. – 192 с.

3. Казанцев С.П. Разработка комбинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Казанцев С.П. – Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2006. – 32 с.

4. Ерохин, М.Н. Курсовое проектирование по деталям машин и основам конструирования: методические указания и технические задания / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, О.М. Мельников, Д.М. Скороходов. - М.: МЭСХ, 2018. – 44 с.

5. Краснящих, К.А. Применение быстрого прототипирования в АПК на примере опор скольжения / К.А. Краснящих, А.С. Свиридов // Наука без границ. – №2 (19). – 2018. – С. 51-55.

МЕТОД БОРИРОВАНИЯ С НАГРЕВОМ ТВЧ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Скороходов Дмитрий Михайлович, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Басов Сергей Сергеевич, заведующий учебной лабораторией кафедры инженерной и компьютерной графики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: На основании анализа литературных источников сделан вывод о перспективности метода борирования в обмазках с нагревом ТВЧ для упрочнения режущих элементов почвообрабатывающих машин. Разработана структурная схема упрочнения режущих элементов почвообрабатывающих машин методом борирования в обмазках с нагревом ТВЧ.

Ключевые слова: борирование, токи высокой частоты, химико-термическая обработка, износ, дефект, режущие элементы почвообрабатывающих машин.

Высокая стоимость, незначительный ресурс деталей сельскохозяйственной техники отечественного производства требует проведения мероприятий по повышению долговечности, ремонтпригодности наработки на отказ и других показателей надежности [1, 2].

В процессе работы почвообрабатывающей техники поверхность рабочих органов при их взаимодействии с почвой подвергается износу. Для этого требуется упрочнение рабочих поверхностей деталей путем нанесения износостойких покрытий.

Для получения поверхностного слоя детали с высокой твердостью и прочностью, стойкостью к коррозии и абразивной стойкостью применяют методы химико-термической обработки (ХТО), заключающиеся в одновременном воздействии на поверхность температуры и веществ, способных химически реагировать с материалом детали [2, 3].

Одним из перспективных методов ХТО является диффузионное борирование. При борировании на поверхности стальной детали получают диффузионные (около 300 мкм) слои на основе боридов железа и легирующих элементов, отличающиеся высоким сопротивлением изнашиванию [4, 5]. Однако большинство из известных в настоящее время методов борирования стали (печное, газовое, электролитическое) длительны, трудоемки, не автоматизированы и плохо встраиваются в технологические схемы современных производств.

Интенсификация процессов борирования может осуществляться с применением технологии кратковременного, высокоскоростного нагрева

поверхности стальной детали токами высокой частоты (ТВЧ-нагрев) с нанесенным на нее специальным борировующим составом.

Основным преимуществом данного метода является его скорость. После того, как на поверхность был нанесен специальный борировующий состав, опытные образцы нагревали в ТВЧ установке до температуры 1300-1350°C в течение 40-60 сек. После чего осуществляли выдержку в течение времени (120 сек). Далее образцы извлекали и охлаждали на воздухе.

В итоге, за короткий срок, с помощью скоростного ТВЧ – борирования на поверхности образцов из стали 65Г образуются боридные покрытия, состоящие из упрочняющих фаз (цементит, диборид железа и др). Наибольшая толщина слоя составляет 300 мкм с микротвердостью до 2350 HV. На рисунке 1 показана микроструктура боридного слоя на стали 65Г.

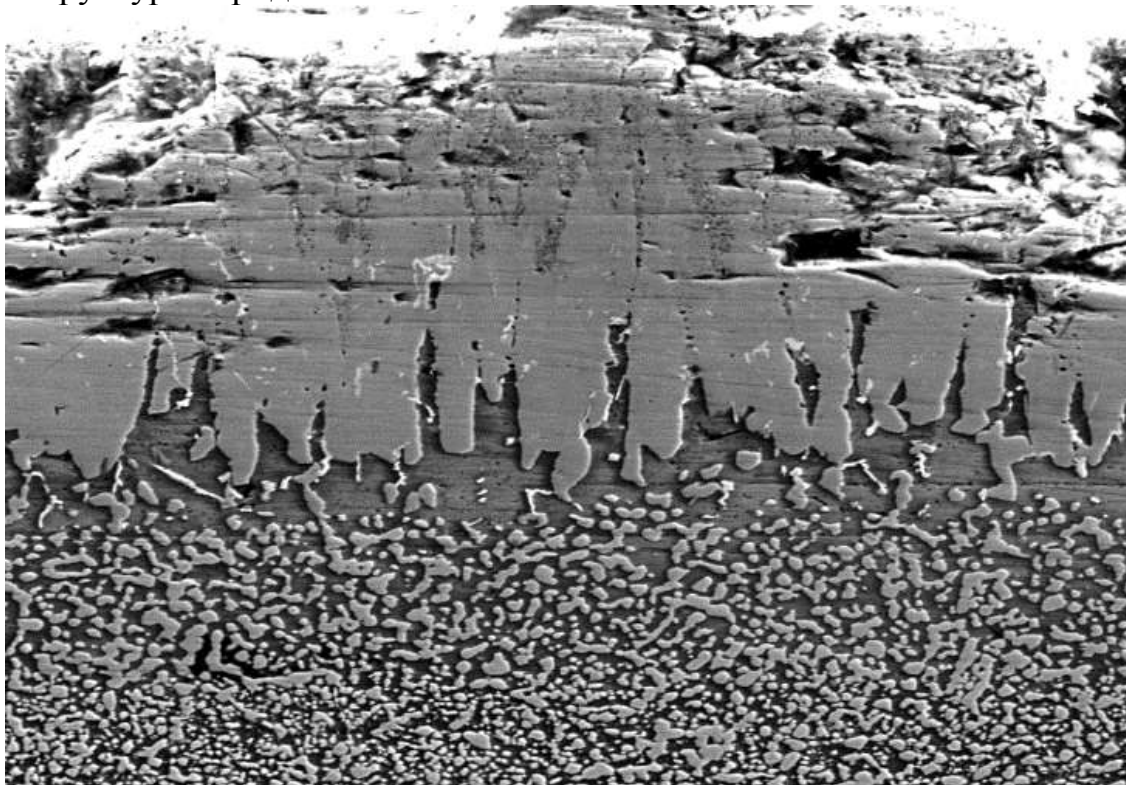


Рисунок 1 – Микроструктура боридного слоя после борирования ТВЧ (x150)

Была разработана структурная схема технологии упрочнения технологии упрочнения лап культиваторов.

- Подготовка насыщающей смеси перемешиванием компонентов и сушка
- Обмазка лицевой стороны режущей кромки
- Нагрев изделия в установке ТВЧ
- Закалка до 50...52 HRC
- Очистка металлической щёткой

Особенность данной технологии в следующем. Кратковременный нагрев ТВЧ позволяет совместить этот процесс с закалкой деталей. После 120 с нагрева детали опускают в масляный бак. Закалка необходима для повышения несущей способности боридного слоя.

Данную технологию необходимо адаптировать к геометрии режущих элементов почвообрабатывающих машин. В этом направлении ведутся дополнительные исследования.

Библиографический список

1. Ерохин, М.Н. Детали машин: Учебное пособие / Ерохин М.Н., Казанцев С.П. // Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 2018. – 410 с.

2. Ерохин, М.Н. Курсовое проектирование по деталям машин и основам конструирования: методические указания и технические задания М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, О.М. Мельников, Д.М. Скороходов. - М.: МЭСХ, 2018. – 44 с.

3. Казанцев, С.П. Восстановление плунжерных пар топливных насосов распределительного типа диффузионным хромонитридными покрытиями: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанцев С.П. - Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 1988. – 142 с.

4. Казанцев, С.П. Восстановление изношенных деталей многокомпонентной диффузионной металлизацией: Механизация и электрификация сельского хозяйства № 4 / С.П. Казанцев В.А. Прилепин - Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 1988. – С. 31-32с.

5. Казанцев, С.П. Разработка комбинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Казанцев С.П. – Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2006. – 32 с.

УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛОТЕН

Серов Никита Вячеславович, доцент кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Васенов Михаил Олегович, инженер кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Разработана технология получения функциональных покрытий из отходов машиностроения методом электроконтактной приварки с применением отработанных ножовочных полотен, для упрочнения и восстановления деталей с.-х. позволяющих получать покрытия с твёрдостью до 65HRC с учетом современных требований к экологичности и экономичности ремонтного производства.

Ключевые слова: утилизация, упрочнение, восстановление, функциональные покрытия, электроконтактная приварка.

Даже при современном уровне развития науки и техники изнашивание деталей машин, в том числе и сельскохозяйственных, является актуальной проблемой. В настоящее время в условиях ограниченности материальных средств в промышленном и сельскохозяйственном производстве особое значение приобретают технологии, отвечающие требованиям ресурсосбережения без увеличения материальных затрат на их реализацию. Это в полной мере относится и к технологиям восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин, интенсивная эксплуатация которых приводит к затуплению лезвий в результате их износа и коррозии, что ухудшает агротехнические показатели сельскохозяйственной техники, увеличивает потери и ведёт к удорожанию сельскохозяйственной продукции.

Одним из эффективных путей увеличения срока службы рабочих органов сельскохозяйственных машин является повышение износостойкости лезвий с обеспечением их самозатачивания в процессе эксплуатации. На практике известно множество эффективных способов нацеленных на увеличение срока службы рабочих органов сельскохозяйственных машин. К таким методам можно отнести способ получения самозатачивающихся лезвий рабочих органов, в том числе и дисковых. При их восстановлении и упрочнении методами наплавки или напыления износостойких сплавов, термообработки реализовано в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ВИМе, Московском политехническом университете, Юго-Западном государственном университете и других организациях [1-4].

Зачастую в применяемых методах наплавки для получения упрочняющих покрытий используют износостойкие сплавы или их композиции, имеющие высокую стоимость, что значительно повышает себестоимость восстановления и/или упрочнения, с другой стороны при реализации этих технологий, возникает

проблема недостаточной номенклатуры присадочных материалов. Плюс к этому, многие применяемые технологии, являются трудоёмкими и недостаточно эффективными. Особенно актуальными эти проблемы являются при восстановлении и упрочнении дисковых рабочих органов, имеющих небольшую толщину (дисков сошников зерновых сеялок, дисковых ножей режущего аппарата свеклокомбайна и др.).

В условиях ограниченных природных ресурсов, и рыночной экономики необходимым становится получение высоких эксплуатационных свойств новых и восстанавливаемых деталей, работающих в различных условиях (циклических, ударных нагрузок; абразивного, адгезионного, коррозионного и других видов изнашивания) с наименьшими затратами дорогостоящих материалов. Решением такой задачи является создание на рабочей поверхности детали слоя (функционального покрытия) отвечающего требованиям, предъявляемым к данной детали и обеспечивающего необходимый рабочий ресурс при работе в сочетании с материалом основы. Наряду с этим в современном обществе всё время повышаются требования к экономичности и экологичности в том числе и ремонтного производства [1-2].

Использование отходов машиностроения при упрочнении рабочих органов сельскохозяйственных машин может позволить повысить одновременно экономичность, экологичность методов нанесения покрытий, а также значительно расширить номенклатуру применяемых материалов [1-4].

Перспективным способом восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин является электроконтактная приварка (ЭКП), которая осуществляется без расплавления основного и присадочного материалов, то есть в твёрдом состоянии, и имеет ряд преимуществ, основными из которых являются меньшая энергоёмкость и высокая производительность процесса, возможность получения покрытий из различных металлов и сплавов на их основе, незначительное термическое влияние на материал детали, высокие механические свойства соединений, отсутствие выгорания легирующих элементов и благоприятные санитарно-производственные условия работы оператора [3].

В настоящее время существуют технологии восстановления и упрочнения режущих рабочих органов сельскохозяйственных машин ЭКП, позволяющие получать покрытия на их рабочих поверхностях. Однако в них также применяют дорогостоящие порошки износостойких сплавов или их композиции.

В данной работе рассматривается возможность применения отходов машиностроительного производства при восстановлении и/или упрочнении рабочих органов с.-х. машин методом электроконтактной приварки. Что осуществляется за счет совмещения процесса упрочнения и (или) восстановления поверхностей деталей при одновременной утилизации отходов машиностроительного (инструментального) производства. В качестве присадочного материала в предлагаемой технологии применяются отходы инструментов (напильников; надфилей; свёрл; метчиков; ручных, ленточных, машинных и лобиковые полотна; облоя, обрубков и обрезков, образующиеся

при инструментальном производстве) из легированной, быстрорежущей углеродистой инструментальной стали, путём электроконтактной приварки [5].

После чего производят их соединение с восстанавливаемой поверхностью за счёт шагового-шовного нагрева ниже температуры плавления, но выше температуры закалки при пропускании через зону соединения импульсов сварочного тока величиной 6...12 кА при напряжении 3...6 В с одновременным приложением давления и подачей охлаждающей жидкости в зону соединения.

Осуществление данного способа производилось посредством приварки ножовочных полотен к стальной пластине. В качестве основы использовалась полоса из стали Ст3, а покрытие наносилось из ножовочного полотна из сталей марок Х6ВФ и 11РЗАМЗФ2. Приварка осуществлялась на аппарате контактной сварки АКС-1, твёрдость измерялась на твердомерах по методу Роквелла ТН320, Виккерса МЕТОЛАБ 421 и Микро-Виккерса МЕТОЛАБ 502, отрезку образцов осуществляли на металлографическом отрезном станке LC-300, запрессовку на прессе ЛНМ-3000, шлифование и полирование на шлифовально-полировальном станке LAR-2X, в ходе исследований оценивали прочность при растяжении на разрывной машине «TIMEWDW 50-E», металлографические исследования зоны соединения покрытия с основой производились на металлографическом микроскопе CarlZeissAxiovert 40 MAT, ударную вязкость на маятниковом копре Time JB-W300, износостойкость полученных образцов на установке ИМ-01.

До приварки твёрдость основы составляла 58,2 HRB, а твёрдость полотен (Х6ВФ, 11РЗАМЗФ2) – 59,0 HRC. После приварки максимальная твёрдость в зоне упрочнения покрытия из ножовочного полотна стали марки 11РЗАМЗФ2 полученного указанным ранее способом составила 64 HRC, а минимальная твёрдость в зоне отпуска – 51,4 HRC. Микротвёрдость покрытия полученного покрытия изменялась в интервале 595...904 HV. Твёрдость покрытий полученных приваркой полотен из стали Х6ВФ толщиной 0,6 мм в зоне термического влияния (отпуска) после ЭКП снизилась до 48 HRC, внутри сварочной точки твёрдость (зона перезакалки) твёрдость составила 61,7 HRC. В результате испытаний было установлено, что ЭКП покрытия из ножовочного полотна из стали марки 11РЗАМЗФ2 приводит к снижению предела прочности при растяжении, но значительно снижает пластичность детали.

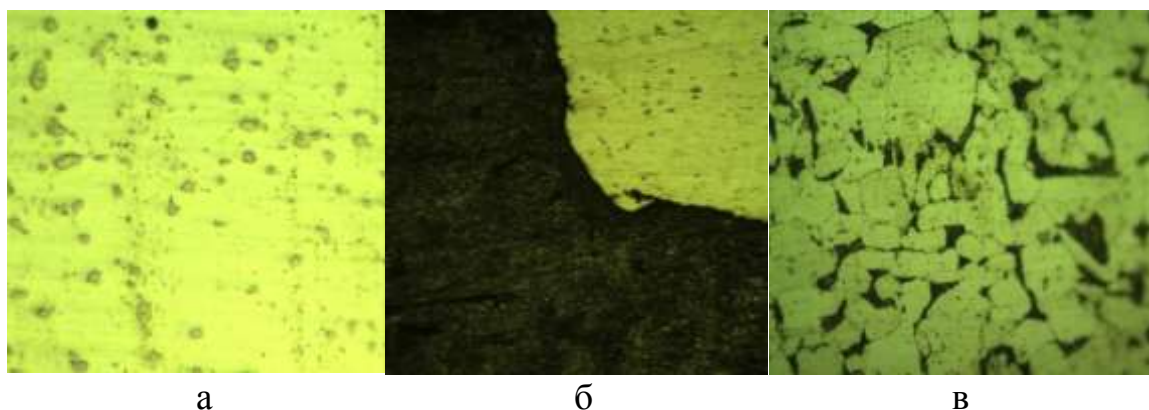


Рисунок 1 – Зона соединения покрытия 11РЗАМЗФ2 и основы Ст3:
а – покрытие; б – зона соединения; в – основа

Микроструктура покрытия, зоны соединения и основы представлена на рисунке 1. В результате металлографических исследований установлено, что в зоне соединения не происходило расплавления основного и присадочного материалов, структура покрытия – мартенсит и карбиды, основы ферритно-перлитная.

Испытания износостойкости образцов из стали Ст3 с функциональным покрытием полученного электроконтактной приваркой полотен из стали марки 11РЗАМЗФ2 показали, что их износостойкость в 7,3 раза больше стали 45 (190 НВ) и почти в 2 раза выше у полотна до его приварки.

Расчёт экономической эффективности показал что при использовании разработанной технологии (отходы из стали марки 11РЗАМЗФ2) по сравнению с использованием базового лемеха плуга (не упрочнённого) экономический эффект при программе упрочнения 1000 шт. составит 441,5 тыс. руб., а в сравнении с приваркой ленты из стали марки 11РЗАМЗФ2 составит 21 тыс. руб.

Библиографический список

1. Серов, А.В. Функциональные покрытия в сельскохозяйственном машиностроении / А.В. Серов, П.И. Бурак, Р.А. Латыпов, Н.В. Серов // Международный научный журнал. М.: ООО «Спектр», Вып. 6. – 2014. – С. 71-77.
2. Серов, А.В. Функциональные покрытия и методы их получения / А.В. Серов, В.М. Соколова // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 289. ч. III. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – С. 232-234.
3. Оськин, В.А. Электроконтактная приварка как метод получения функциональных покрытий в сельском хозяйстве / В.А. Оськин, А.В. Серов, В.М. Соколова // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 288. В 4-х ч. IV. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – С. 252-255.
4. Латыпов, Р.А. Утилизация отходов инструментального и машиностроительного производства электроконтактной приваркой / Р.А. Латыпов, П.И. Бурак, А.В. Серов, Н.В. Серов // Доклады ТСХА : Сборник статей. Вып. 290. Часть 2. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2018. – С. 207-209.
5. Агеев, Е.В. Свойства твёрдосплавных изделий, полученных из электроэрозионных порошков / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, В.И. Дудин, А.В. Серов // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции: Перспективное развитие науки, техники и технологий. В 3 томах. – 2013. – С. 41-43.

МИКРОДУГОВОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ И УПРОЧНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Серов Никита Вячеславович, доцент кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: В статье показаны перспективность и область применения микродугового оксидирования (МДО). Микродуговое оксидирование – электрохимический процесс обработки, при котором используется энергии электрических микродуговых разрядов между электролитом и поверхностью обрабатываемых изделий. Это позволяет получать керамические покрытия с регулируемыми составами, структурой и свойствами.

Ключевые слова: микродуговое оксидирование, холодное газодинамическое напыление, упрочнение, восстановление.

Микродуговое оксидирование (МДО) – один из наиболее перспективных видов поверхностной обработки [1, 2].

Покрытия, нанесённые способом МДО могут быть использованы в качестве жаростойких и теплозащитных поскольку они по своей структуре и составу близки к керамическим материалам и обладают высокими теплоизоляционными свойствами и устойчивы к тепловому удару до 2500°C. Прочность сцепления с основой (адгезия), получаемых способом МДО покрытий, достигает 350 МПа. Износостойкость покрытий, полученных способом МДО на рациональных режимах, сравнима с материалами на основе карбида вольфрама. Покрытия полученные МДО обладают высокой коррозионной стойкостью, и химической инертностью самого покрытия. Возможно, получать покрытия толщиной до 400 мкм. Основные направления применения МДО покрытий представлены на рисунке 1, а характеристики, покрытий получаемых МДО алюминиевых и магниевых сплавов в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики, покрытий получаемых МДО алюминиевых и магниевых сплавов

Характеристика	Алюминиевые сплавы	Магниевые сплавы
Толщина покрытия, мкм	10...300	10...300
Микротвердость, HV	800...1950	650...950
Коэффициент трения	0,01...0,02	0,01...0,02
Напряжение пробоя, В	до 4500	600

Микродуговое оксидирование применяется для обработки вентильных металлов и их сплавов (алюминий, магний, титан, тантал, ниобий, цирконий), поскольку оксидные плёнки, формируемые на них электрохимическим путём, обладают униполярной проводимостью. Униполярная проводимость означает, что ток хорошо проводится в одном направлении и почти не проводится в обратном.

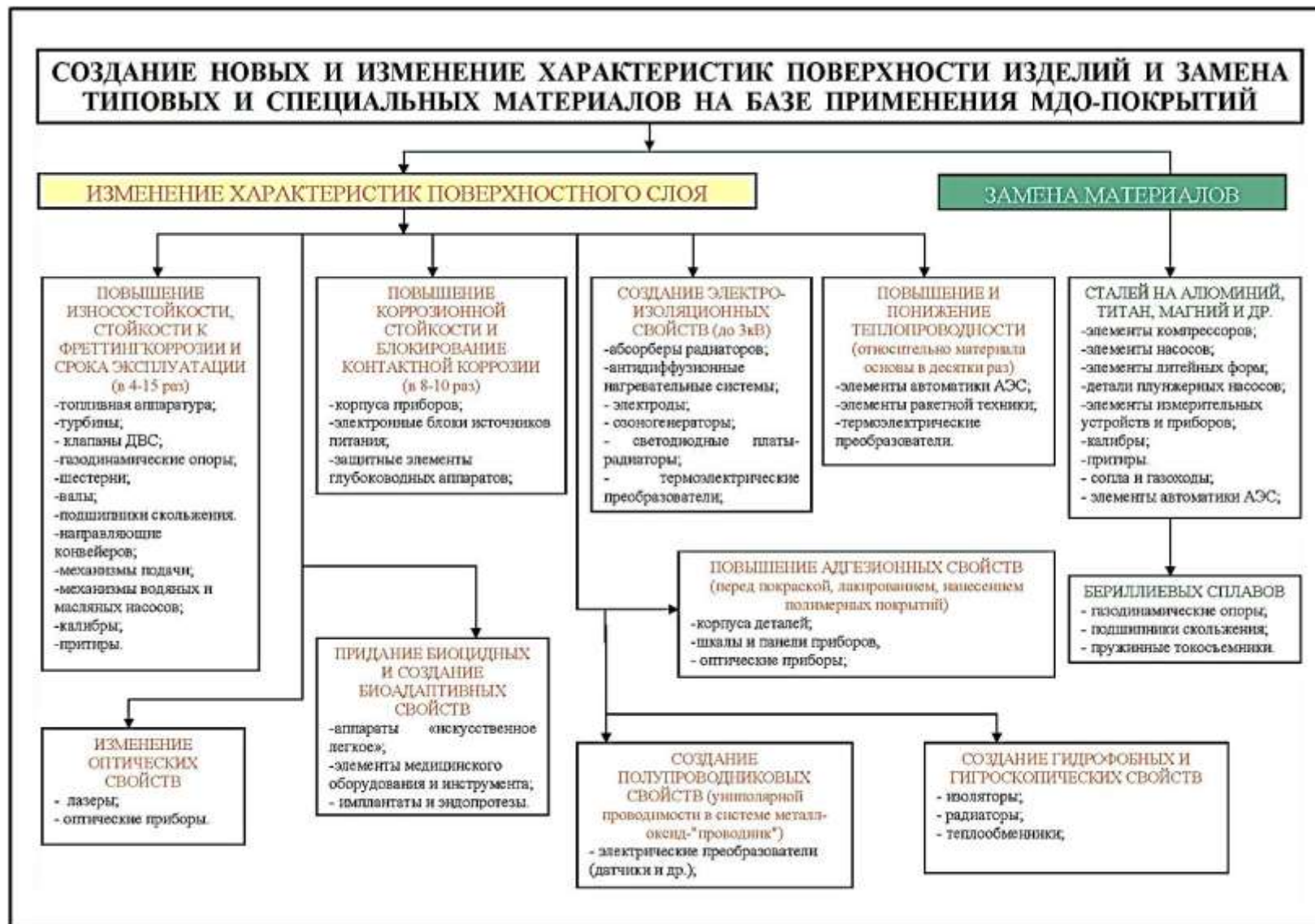


Рисунок 1 – Направления использования МДО

Вентильные свойства системы «металл-оксид-электролит» дают возможность использовать для формирования МДО покрытий переменный ток. При этом, при использовании щелочного электролита, анодная составляющая может превышать катодную в 4 раза, формирование покрытий в импульсном режиме, в том числе, на токе промышленной частоты (50 Гц), при плавном повышении напряжения обеспечивает получение гладкой керамикоподобной поверхности.

Наиболее распространенным электролитом является электролит на основе технического жидкого натриевого стекла (Na_2SiO_3 ГОСТ 130078-81). При этом концентрация водного раствора может варьироваться от 1 до 500 г/л. Успешно применяются комбинированные растворы на основе жидкого стекла с добавками гидроксидов щелочных металлов (КОН ГОСТ 24363-80) с концентрацией от 1 до 5 г/л.

Процесс микродугового оксидирования состоит из нескольких стадий:

1. Предпробойная стадия; Стадия пробоя пленки; Стадия развитого разряда; Стадия конденсации продуктов реакции.

В зависимости от химического состава сплава, режимов МДО и компонентов электролита на деталях из алюминиевых сплавов формируются сложные по фазовому составу покрытия, включающие в себя высокотемпературные модификации α - и γ -оксиды Al_2O_3 , фазы муллита $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ и другие сложные соединения в переходном слое между покрытием и металлом. Такие покрытия, можно рассматривать как композиты, в которых оксиды Al_2O_3 являются упрочняющей фазой. Микротвердость таких покрытий достигает 15...25 ГПа.

Преимущества и области применения МДО

К основным преимуществам МДО относятся: 1) возможность нанесения покрытий на внешние и на внутренние поверхности деталей; 2) простота применяемого оборудования; 3) отсутствие необходимости в строгом поддержании температурного режима электролита и простота охлаждающей системы; 4) отсутствие тщательной предварительной подготовки поверхности перед нанесением покрытия; 5) дешевизна и доступность реактивов и материалов; 6) возможность регулирования скорости процесса; 7) возможность получения многофункциональных покрытий; 8) экологичность процесса, отсутствие необходимости в специальных очистных сооружениях.

Однако необходимо отметить, что в МДО покрытиях имеется сквозная (до материала основы) пористость.

В машиностроение МДО применяется при декоративной отделке и защита от износа, коррозии деталей из алюминиевых, магниевых и титановых сплавов. Микродуговое оксидирование применяется при упрочнении пар трения, подшипников скольжения, зубчатых передач, поршней, цилиндров, торцевых уплотнений для двигателей внутреннего сгорания, станков и машин различного назначения в судостроении, авиационной промышленности, для деталей сельскохозяйственной техники. В кораблестроении для декоративной отделки,

защиты от износа и коррозии элементов катеров, яхт, водных мотоциклов, лодок и др. В медицине для защита хирургических эндопротезов.

Практические рекомендации

А.Н. Новиков и В.В. Жуков рекомендуют следующий технологический процесс упрочнения МДО привалочной плоскости головки блока цилиндров двигателя ЗМЗ-513 восстановленной методом электродуговой металлизации (ЭДМ).

Головки двигателей, монтируются на подвеску и устанавливаются электроды, далее блок цилиндров с закреплёнными электродами вывешиваются над электрохимической ванной, подается электролит, и осуществляют оксидирование.

Процесс МДО рекомендуется начинать с плотности тока $30...35 \text{ А/дм}^2$, а после выхода на режим снизить плотность тока до $20...25 \text{ А/дм}^2$, поскольку при увеличении плотности тока свыше $25...30 \text{ А/дм}^2$ возможен переход микродуговых разрядов в дуговые, что в свою очередь приводит к разрушению покрытия, а при плотности тока менее 20 А/дм^2 рост покрытия происходит медленно.

Из-за значительного тепловыделения при МДО происходит нагрев электролита, что увеличивает скорость образования оксидных слоев, одновременно существенно повышается и скорость их растворения электролитом, в результате чего суммарная скорость роста оксидной пленки уменьшается и увеличивается пористость покрытий. Рекомендуется поддерживать температуру электролита ниже 50°C .

Для удаления рыхлого слоя покрытия, упрочненные МДО, поверхности деталей подвергают финишной механической обработке на плоскошлифовальном станке при помощи алмазного абразивного круга типа.

Оптимальным для упрочнения поверхностей деталей из алюминиевого сплава АК9ч, восстановленных электродуговой металлизацией являются следующие режимы: состав электролита – KOH - $2,8... 3,2 \text{ г/л}$, Na_2SiO_3 – $10... 12 \text{ г/л}$; плотность тока – $20...25 \text{ А/дм}^2$; продолжительность оксидирования – $1,4... 1,6 \text{ ч}$.

При указанных параметрах МДО, получалась толщина упрочненного слоя покрытия не менее $0,12 \text{ мм}$.

При этом электролит рекомендуется использовать не более 20 часов, поскольку дальнейшее использование приводит к уменьшению качества получаемых покрытий, что можно оценить по его цвету. Тёмно-серый цвет, свидетельствует о снижении качества покрытия, электролит необходимо заменить. Если раствор долго (более двух недель) не использовался его стойкость уменьшается, а после месячного перерыва его также лучше поменять. Литейные алюминиевые сплавы из-за высокого содержания кремния быстрее истощают ресурс электролита.

В МАТИ данным методом были получены покрытия на цирконии в водном растворе гипофосфита натрия 5 г/л и жидкого стекла 9 г/л в анодно-катодном режиме при отношении катодного тока к анодному $0,33$ и средней плотности

тока 22 А/дм², со стойкостью к высокотемпературному потоку плазмы азота, что делает данные покрытия перспективными в качестве теплозащитных материалов.

Целесообразность применения МДО подтверждается результатами исследований Кузнецова Ю.А. Им были получены МДО покрытия по следующей технологии, напылялись порошки марок АБ-41 (ТУ 1721-031-40707672), А-80-13 (ТУ 1791-011-40707672) и А-20-11 (ТУ 1721-031-40707672) методом холодного газодинамического напыления (ХГДН) на установке «ДИМЕТ 403» [3-5], а упрочнение полученных покрытий производили на установке микродугового оксидирования.

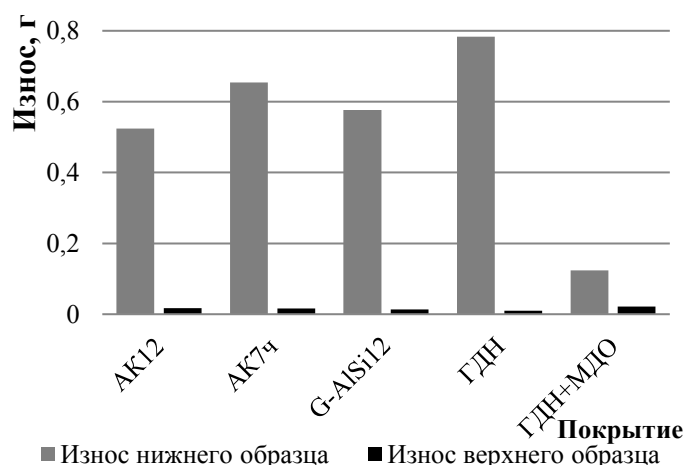


Рисунок 2 – Сравнительная износостойкость алюминиевых сплавов и сплавов с покрытием МДО

Скорость изнашивания покрытий сформированных ХГДН (А-80-13) с последующим МДО, по данным, в несколько раз ниже скорости изнашивания сплавов, принятых за эталон сравнения (рис. 2), а пористость МДО-покрытий, полученных на напыленных поверхностях, составляет 18...22% и зависит от режимов оксидирования и состава электролита.

Библиографический список

1. Серов, А.В. Функциональные покрытия в сельскохозяйственном машиностроении / А.В. Серов, П.И. Бурак, Р.А. Латыпов, Н.В. Серов // Международный научный журнал. М.: ООО «Спектр», Вып. 6. – 2014. – С. 71-77.
2. Серов, А.В. Функциональные покрытия и методы их получения / А.В. Серов, В.М. Соколова // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 288. В 4-х ч. IV. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2017. – С. 232-234.
3. Серов, А.В. Исследование возможности применения холодного газодинамического напыления при заделке отверстий радиаторов охлаждения / А.В. Серов, П.И. Бурак, Н.В. Серов // Техника и оборудование для села. – № 12. – 2018. – С. 38-41.

4. Бурак, П.И. Обзор исследований в области холодного газодинамического напыления / П.И. Бурак, А.В. Серов, Н.В. Серов // Труды ГОСНИТИ. – Т. 114. – № 1. – 2014. – С. 169-174.

5. Бурак, П.И. Газодинамическое напыление при оперативном ремонте сельскохозяйственных машин / П.И. Бурак, А.В. Серов // Упрочняющие технологии и покрытия. – № 11 (107). – 2013. – С 45-48.

УДК 621.785.545

ИЗНОСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЧУГУННЫХ ОБРАЗЦОВ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ломпас Андрей Михайлович, ассистент кафедры машиностроительные технологии, МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Федоров Сергей Константинович, профессор кафедры машиностроительные технологии, МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Гамидов Абдурахман Гаджидович, доцент кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Проведено сравнение износостойкости поверхностного слоя образцов из серого чугуна и образцов из серого чугуна после электромеханической обработки. Износные испытания проведены в соответствии с ГОСТ 23.208-79.

Ключевые слова: гильзы цилиндров двигателя, износ, поверхностная закалка, электромеханическая обработка, серый чугун.

Изготовлены два типа образцов из серого чугуна. В качестве исходного материала были взяты гильзы цилиндров двигателя ЯМЗ-238 с диаметром отверстия 130мм (рис. 1-А). Поведена электромеханическая обработка [1-3] второй партии образцов (рис.1-Б).

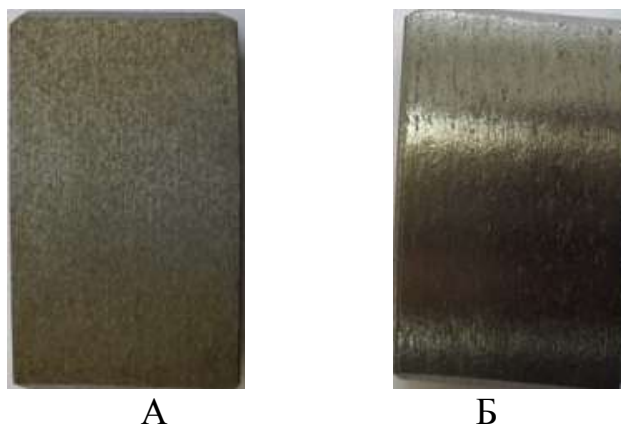


Рисунок 1 – Подготовленные образцы для испытаний

а) образец в исходном состоянии, б) образец после электромеханической обработки

Принципиальная схема и общий вид стенда для проведения испытаний представлены на рисунке 2. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 23.208.-79.

Программа экспериментальных исследований предусматривала определение зависимости износа образцов от времени воздействия на образец абразивных частиц.

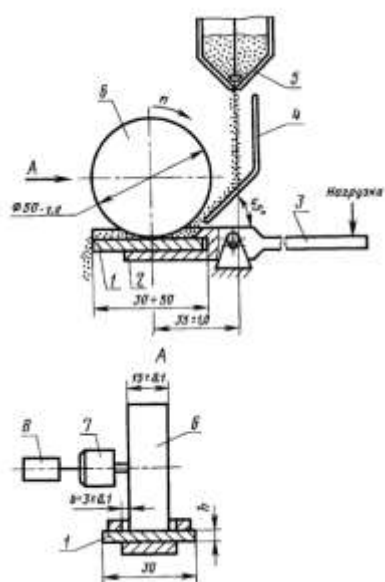


Рисунок 2 – Схема и общий вид испытательного стенда по ГОСТ 23.208-79
 1 – образец; 2 – образцедержатель; 3 – рычаг; 4 – направляющий лоток; 5 – дозатор подачи абразивных частиц; 6 – резиновый ролик; 7 – привод; 8 – устройство контроля суммарного количества оборотов ролика

Сущность метода состоит в том, что при одинаковых условиях производится трение сравниваемых образцов об абразивные частицы, поступающие в зону трения. Абразивные частицы прижимаются к образцу с помощью вращающегося резинового ролика. Измеряют износ испытуемых образцов, на основе износа делают заключение об износостойкости материалов.

Для определения характера износа проводили испытания образцов с периодичностью 5,10,15,20,25 минут. Результаты испытаний сведены в таблицу.

t, мин	m, г	
	Исходный образец	Образец после ЭМО
5	0,0658	0,031
10	0,1065	0,0333
15	0,1232	0,0683
20	0,1767	0,135
25	0,2266	0,1743

В результате видно, что образцы после электромеханической обработки имеет износостойкость выше, чем исходный образец в 1,3-3 раз.

Библиографический список

1. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой / Б.М. Аскинази 3-е изд. Перепаб и дополн.- М.: -Машиностроение – 1989. –197с.
2. Федоров, С.К. Электромеханическая обработка РИТМ / С.К. Федоров, Л.В. Федорова // – № 2 (70). – 2012. – С. 14-16.
3. Федорова, Л.В. Технологические основы повышения износостойкости деталей электромеханической поверхностной закалкой / Л.В. Федорова, С.К. Федоров, Ю.С. Иванова, А.М. Ломпас // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – № 9 (690). – 2017. – С. 85-92.\

УДК 631.3

ПРИМЕНЕНИЕ НЕФРИКЦИОННЫХ ВЫСОКОМОМЕНТНЫХ ВАРИАТОРОВ НА ГУСЕНЕЧНЫХ ТРАКТОРАХ

Пылаев Борис Васильевич, профессор кафедры сопротивления материалов и деталей машин, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация: Предложена конструктивная схема привода гусеничного движителя трактора с использованием двух нефрикционных высокомоментных вариаторов, что позволит существенно повысить эксплуатационные характеристики трактора и упростить конструкцию.

Ключевые слова: варьирование скорости и момента гусеничного движителя, управляемость трактора, трансмиссия гусеничного трактора.

Разработанный автором высокомоментный вариатор нефрикционного типа (ВМВ) позволяет плавно изменять (варьировать) скорость и момент выходного вала вариатора, и является конкурентом трёх основных конструкций приводов, используемых в мобильных машинах [1-5]:

- Гидродинамический привод с гидротрансформатором и коробкой передач;
- Объёмный гидропривод с регулируемыми гидромашинами и коробкой передач;
- Электротрансмиссия с электродвигателем и электродвигатель-редуктором.

Эти передачи обеспечивают большой стоповый момент и передачу энергии на движители без прерывания передаваемой мощности от двигателя внутреннего сгорания, то есть вариаторный метод передачи механической энергии (вариаторный привод), что является необходимым для мобильных машин, работающих в сложном динамическом режиме.

В таблице дан сравнительный анализ основных характеристик известных вариаторных приводов с вариаторным приводом с ВМВ.

ВМВ – механическое устройство, в котором взаимодействие между деталями осуществляется геометрическими связями между твёрдыми телами, а в известных устройствах – посредством жидкости или электромагнитным полем.

По этой причине нагруженность деталей в ВМВ выше, чем в известных устройствах, что позволяет иметь трансмиссию с ВМВ более компактной, менее металлоёмкой и более дешёвой.

Таблица

Устройство	КПД в режимах: Разгонный Номинальный	Холодильни к	Дополнительные механизмы	Стоимость в руб/кВт
Гидродинамический привод	$\sim 0...20\%$ 80 %	Есть	Коробка передач	1200
Объёмный гидропривод	$\sim 0...20\%$ 80 %	Есть	Коробка передач	1700
Электротрансмиссия	$\sim 0...50\%$ 95 %	Есть	Редуктор	2500
Вариаторный привод с ВМВ	$\sim 90\%$ 95 %	Нет	–	Опытный –5000 Серийный – 500...1000

Применение известных вариаторных приводов в тракторах сельскохозяйственного назначения экономически нерентабельно, поэтому целесообразно внедрение вариаторного привода с ВМВ. На рисунке 1 показана схема вариаторного привода трактора, где применены пара вариаторов ВМВ_Л и ВМВ_П, каждый из которых соединяет посредством бортового редуктора ведущую звёздочку гусеницы с двигателем внутреннего сгорания (ДВС): 1 – выходной вал ДВС, 2 и 3 – входной и выходной валы ВМВ, РУ – рукоятка управления передаточным отношением ВМВ, РР – рукоятка реверса.

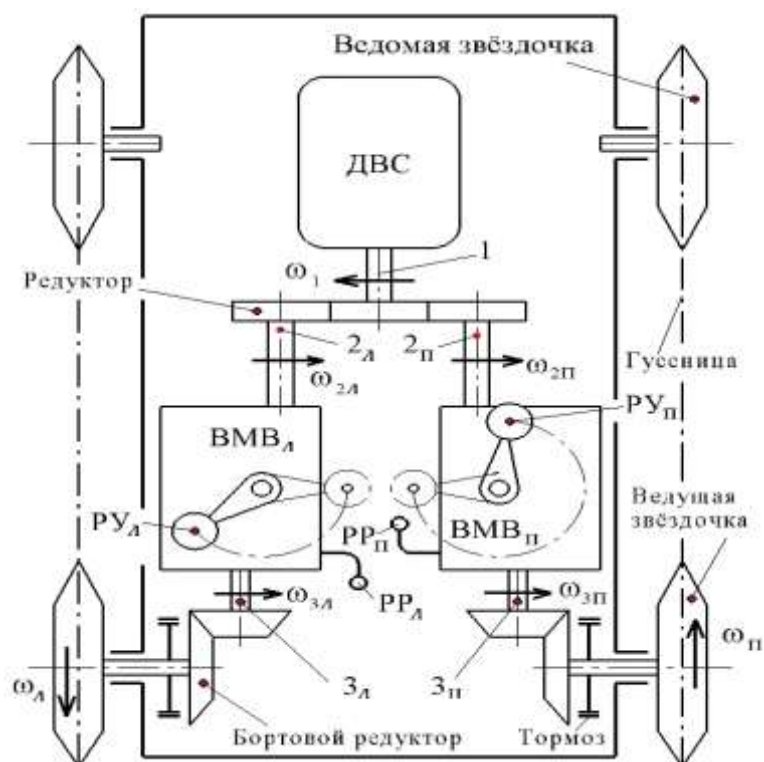


Рисунок 1 – Схема вариаторного привода трактора

Предложенная конструкция привода имеет следующие преимущества в сравнении с применяемым на тракторе приводом гусениц и механизма поворота трактора. Трактор снабжается экономичным и дешёвым вариаторным приводом, исключается фрикционная муфта сцепления в ДВС, не применяется механизм поворота. Пара реверсивных ВМВ позволяют, как показано на рис.1 разворот на месте. В современных тракторах механизм поворота достаточно сложное устройство, при этом обеспечивает поворот по значительному радиусу и расходует энергию для обеспечения поворота.

На рисунке 2 показана разработанная в системе SolidWorks конструкция ВМВ с диапазоном варьирования скорости выходного вала $\omega_3 / \omega_2 = 0 \dots 1,32$.

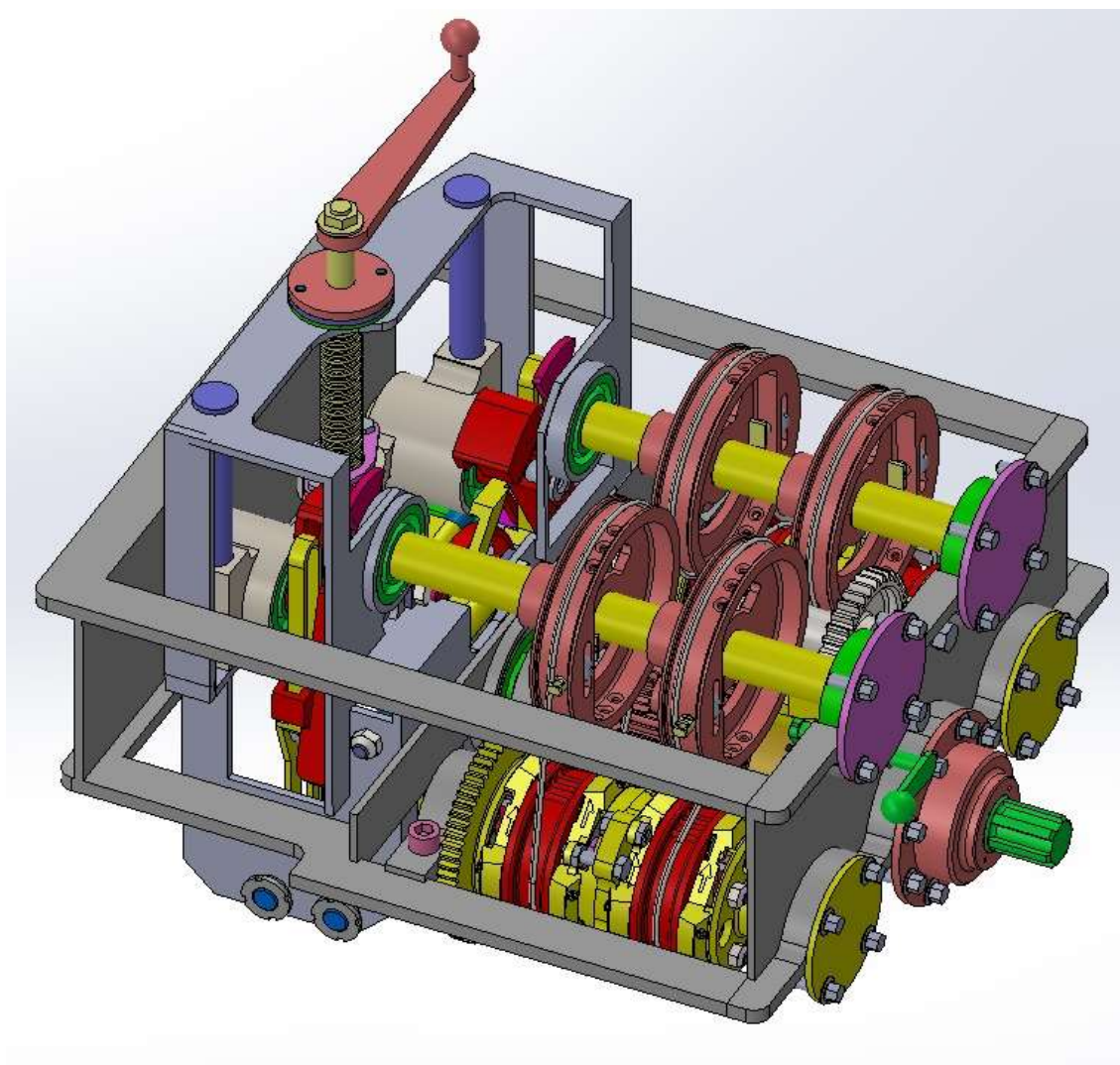


Рисунок 2 – Конструкция ВМВ с кулачково-кулисным колебательным механизмом

Характеристики ВМВ положительно отличаются от характеристик известных устройств, применяемых в приводах мобильных машин и технологического оборудования, что имеет перспективу его применения, например, в гусеничных тракторах.

Библиографический список

1. Патент 2409779 Российская Федерация: МПК F 16 H 29/08. Колебательный механизм нефрикционного высокомоментного вариатора / Автор-заявитель Б.В. Пылаев. № 2009125544/11; заявл. 06.06.2009; опубл. 20.01.2011, Бюл. № 2. – 14 с.: ил.
2. Патент 2622178 Российская Федерация: МПК F 16 H 29/08. Высокомоментный вариатор нефрикционного типа /Автор-заявитель Б.В. Пылаев, заявитель В.О. Кантимиров. № 216102666; заявл. 27.01.2016; опубл. 13.06.2017, Бюл. № 17. – 15 с.: ил.
3. Патент 2353835 Российская Федерация, МПК F 16 D 41/08. Зубчатая обгонная муфта /Авторы-заявители Б.В. Пылаев, А.А. Шамин. – № 2007110977/11; заявл. 27.03.2007; опубл. 27.04.2009, Бюл. № 12. – 8 с.: ил.
4. Пылаев, Б.В. Профилировка пространственного кулачка высокомоментного вариатора / Б.В. Пылаев // Вестник машиностроения. – № 5. – 2019. – С. 13-16.
5. Пылаев, Б.В. Приспособляемость нефрикционного высокомоментного вариатора к внешней нагрузке / Б.В. Пылаев // Вестник машиностроения. – № 5. – 2009. – С. 12-16.

СОДЕРЖАНИЕ

ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИМЕНИ В.П. ГОРЯЧКИНА

Ерохин М.Н., Леонов О.А., Катаев Ю.В. РАСЧЕТ СУММАРНОГО ОТКЛОНЕНИЯ ОТ СОСОБНОСТИ ВАЛОВ И МАНЖЕТ В РЕДУКТОРАХ СЕЛЬХОЗНАЗНАЧЕНИЯ.....	3
Леонов О.А. ВЛИЯНИЕ ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ТОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЯ С ЗАЗОРОМ НА ЕГО РЕСУРС.....	7
Антонова У.Ю. АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ.....	9
Шкаруба Н.Ж. ЭЛЕМЕНТЫ И ПРОЦЕССЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ РЕМОТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	13
Антонова У.Ю. НЕОБХОДИМОСТЬ КОНТРОЛЯ ПРИ МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНИКИ ДЛЯ АПК.....	17
Бондарева Г.И., Карпузов В.В. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АУДИТА КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ БСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОТУ МИЛИОРАТИВНОЙ ТЕХНИКИ.....	19
Бондарева Г.И. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ПРОЦЕССУ «РЕМОТ МАШИН».....	22
Вергазова Ю.Г. РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ НЕПОДВИЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	25
Вергазова Ю.Г. АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СВОЙСТВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ «ВАЛ-ВТУЛКА» СО ШПОНКОЙ СЕЛЬХОЗМАШИН.....	29
Голиницкий П.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ ПОВЫШЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ.....	33
Карпузов В.В. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АПК.....	37
Куликов А.А. МЕТРОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АПК.....	43
Петухов А.Е. АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ РЕМОТЕ ДЕТАЛЕЙ.....	45
Петухов А.Е. УПРАВЛЕНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ В РАМКАХ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА.....	48
Петухов Д.М. УПРАВЛЕНИЕ ПОТОКОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НА БАЗЕ СТАНДАРТОВ ИСО 9000 НА РЕМОТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ.....	53
Петухов Д.М. КАЛИБР – КОЛЬЦО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЛИЦЕВОГО ВАЛА КАРДАННОЙ ПЕРЕДАЧИ АВТОМОБИЛЕЙ ГАЗ.....	56
Пчелкин А.А. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕМОТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	59

Пчелкин А.А. ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РЕМОНТЕ МАШИН НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	62
Самордин А.Н. ФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ СМК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК.....	64
Сапожников И.И. НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ.....	67
Сапожников И.И. КОЭФФИЦИЕНТ ЗАПАСА ТОЧНОСТИ ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	72
Селезнева Н.И. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	74
Селезнева Н.И. ОЦЕНКА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	78
Темасова Г.Н. ПРОЦЕСННЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ ЗАТРАТ НА КОНТРОЛЬ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АПК ...	81
Темасова Г.Н. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ЗАТРАТ НА КОНТРОЛЬ НА РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	85
Черкасова Э.И., Голиницкий П.В. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ МАРКИРОВКИ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	90
Черкасова Э.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ ИЗ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ	94
Каратаева О.Г., Каратаев Г.С. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ В ХМЕЛЕВОДСТВЕ.....	98
Андреев С.А., Белов Д.В. ОЦЕНКА ЭНЕРГОЗАТРАТ НА НАГРЕВ ГЕЛИЯ ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМ МАНЕВРИРОВАНИИ ДИРИЖАБЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	102
Растимешин С.А., Трунов С.С., Дудин С.Н. УСТАНОВКА ОБОГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ И ВНЕПИКОВОЙ ЭНЕРГИИ.	107
Ляпин В.Г., Болотов Д.С. РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	111
Ляпин В.Г., Самохвалов М.В. ЭЛЕКТРОДЫ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК АКТИВНО-ЕМКОСТНЫЕ ДВУХПОЛЮСНИКИ... ..	116
Килин С.В., Соловьёв С.В., Яковлев А.О. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИТРОСОВОЙ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	123

Сторчевой В.Ф., Кабдин Н.Е. ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ИОНИЗАТОРА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ.....	127
Сторчевой В.Ф., Компаниец А.Е. ОБРАБОТКА ПИТЬЕВОГО МОЛОКА ОЗОНОМ.....	131
Селезнева Д.М. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ДЛЯ СЕЛЬКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	134
Судник Ю.А., Abdelhamid M.A. AUTOMATION OF SORTING TOMATOES.....	138
Зажигин В.В., Дмитриев Н.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	140
Зажигин В.В., Стушкина Н.А. Владимирова А.Н. ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПО СРЕДСТВАМ ТЕРМОГРАФИИ.....	143
Белов С.И., Мишучков В.И., Галкин М.М. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ.....	145
Шатров А.Ф., Стушкина Н.А. ИНФОРМАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	149
Лештаев О.В. МОДЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ПРОГРАММЕ MATLAB SIMULINK.....	153
Лещинская Т.Б., Тишков В.В. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ВЫСКОВОЛЬТНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ.....	156
Щеголихина Т.А, Неменуцкая Л.А., Коноваленко Л.Ю. ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ВИНОГРАДАРСТВЕ.....	161
Коноваленко Л.Ю., Щеголихина Т.А. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ	164
Забудский Е.И. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОСЕТИ.....	168
Кожевникова Н.Г., Дмитриева А.С. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВОДЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ	172
Осмонов О.М., Канатников Ю.А., Бабичева Е.Л. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГЕЛИОСУШИЛКИ.....	176
Осмонов О.М., Бабичева Е.Л., Канатников Ю.А. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СТАНЦИИ.....	180
Цымбал А.А., Яшин И.С. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ САР ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПИ-, ПД- И ПИД- РЕГУЛЯТОРАМИ.....	183
Рудобашта С.Н. КИНЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СИСТЕМ С ТВЕРДОЙ ФАЗОЙ (СУШКА И ЭКСТРАГИРОВАНИЕ)	186
Малин Н.И., Строганов М.Ю., Борисенко С.А. РАСЧЕТ НОРМИРУЕМОЙ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ ПОВЕРХНОСТЬ ИЗОЛЯЦИИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ	

ГРАФИКОВ 105/70 И 130/70.....	190
Малин Н.И., Третьяков Е.И. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРНА ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ В ШАХТНЫХ ПРЯМОТОЧНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ.....	194
Кукушкина Т.С. АНАЛИЗ КИНЕТИКИ СУШКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ... 199	199
Каратаева О.Г., Кукушкина Т.С. ИННОВАЦИОННОЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЕ И ОБРАБОТКА ХМЕЛЕСЫРЬЯ.....	202
Шевкун В.А. ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СРЕЗОВ ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ОБРЕЗКЕ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ.....	205
Шевкун Н.А., Кукушкина Т.С. ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	208
Чельшев А.В., Шевкун Н.А. РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ПО ИЗУЧЕНИЮ РАБОТЫ ТЯГОДУТЬЕВЫХ МАШИН.....	210
Хандогин Г.В. ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВКАХ.....	212
Дидманидзе О.Н., Хакимов Р.Т., Парлюк Е.П., АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МЕТАНОВОГО ЧИСЛА НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.....	214
Дидманидзе О.Н., Удлер Э.И., Зыков С.А., Парлюк Е.П. ФИЛЬТР ГРУБОЙ ОЧИСТКИ ТОПЛИВА ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.....	218
Девянин С.Н., Новиков В.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВС.....	225
Щукина В.Н., Матвеев А.И., Девянин С.Н. СОЗДАНИЕ ВЕБ-СЕРВИСА МОНИТОРИНГА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	232
Коротких Ю.С. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ВЕКТОР СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	236
Чумаков В.Л., Бижаев А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОТОРНОГО МАСЛА ПРИ РАБОТЕ ГАЗОДИЗЕЛЯ... 240	240
Бижаев А.В., Чумаков В.Л., Пуган А.А. РАСЧЁТНАЯ МОДЕЛЬ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ТОПЛИВ.....	244
Андреев О.П. ТРАНСПОРТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР.....	248
Лахно А.В., Новиков Е.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....	253
Пуляев Н.Н. БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП АГРЕГАТИРОВАНИЯ МАШИН КАК ОДИН ИЗ УРОВНЕЙ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ.....	258

Пухов Е.В., Загоруйко К.В., Щеголев И.В. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	261
Пухов Е.В., Следченко В.А., Мешкова С.С. ПУТИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ.....	264
Симоненко А.Н. ПОВЫШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТРАКТОРА ПРИ РАБОТЕ С ВОМ НА ЧАСТИЧНЫХ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМАХ ДВИГАТЕЛЯ	267
Перевозчикова Н.В., Шутенко В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ТИПОВ И СХЕМ ПРИВОДОВ.....	271
Пильщиков В.Л. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ.....	275
Левшин А.Г., Ондар А.М., Левшин А.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ И РАЗМЕРНОСТЕЙ.....	280
Ондар А.М., Левшин А.Г. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПО ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ПРОХОДИМОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЦИАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА.....	285
Репей О.О. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДОЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОРЦИОННОГО ВНЕСЕНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ГЛАУКОНИТА ПРИ ПОСАДКЕ КАРТОФЕЛЯ.....	289
Стадник А.В., Дрямов С.Ю. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАДЗОРА ЗА ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ САМОХОДНЫХ МАШИН И ДРУГИХ ВИДОВ ТЕХНИКИ.....	294
Дидманидзе Р.Н., Гузалов А.С. ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК В ЗЕРНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ ПРИ УБОРКЕ.....	299
Майстренко Н.А., Воротникова О.С., Скороходов А.Н. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БЕСПИЛОТНОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	302
Скороходов А.Н., Майстренко Н.А., Воротникова О.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК.....	305
Чечет В.А., Демьяненко С.Н. АКТУАЛЬНОСТЬ МОДЕРНИЗАЦИИ КОМПРЕССИОННО-ВАКУУМНОГО МЕТОДА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	310
Кобозева Т.П., Синеговская В.Т., Шевченко В.А., Попова Н.П. БЕЛКОВЫЙ КОМПЛЕКС У СОИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ.....	312

Белов Г.Л., Барков В.А., Васильева С.В., Зейрук В.Н., Деревягина М.К. КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ, БОЛЕЗНЕЙ И СОРНЯКОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕПАРАТОВ ФИРМЫ «АВГУСТ»	315
Бутузов А.Е. ПРИМЕНЕНИЕ ПЛЕНКОУКЛАДЧИКА ДЛЯ РАСКЛАДКИ ПЛЕНКИ ПО ГРЕБНЮ ПРИ ГРЕБНЕВОЙ ПОСАДКЕ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	319
Гаспарян И.Н. ВЛИЯНИЕ ГЛАУКОНИТОВЫХ ПЕСКОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ.....	324
Ивашова О.Н., Гаспарян И.Н., Мельников А.В. ПОЛУЧЕНИЕ ВТОРОГО УРОЖАЯ В УСЛОВИЯХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	328
Алдошин Н.В., Исмаилов И.И. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ ДЛЯ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР.....	331
Лискин И.В., Миронова А.В., Панов А.И. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ЦЕЛИННЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	334
Панов А.Н. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЧВЫ.....	338
Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Алексеев А.И. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВОФРЕЗЫ С ЗУБЦЕОБРАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ НОЖА.....	341
Бицоев Б.А. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДЕКАПИТАЦИИ КАРТОФЕЛЯ	345
Потапов В.И. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РУЧНОЙ ГАЗОННОЙ СЕЯЛКИ.....	347
Воронов Н.В., Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А., Аллаяров Ж.Ж. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ В НОВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УКЛАДЕ.....	350
Хутинаев О.С., Манохина А.А., Старовойтова О.А., Старовойтов В.И., Шабанов Н.Э., Шмыгля И.В. АЭРОГИДРОПОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МИНИКЛУБНЕЙ ОРИГИНАЛЬНОГО СЕМЕННОГО ТОПИНАМБУРА.....	354
Фирсов А.С., Смирнов А.А., Русаков А.С., Лозован В.Р., Лисицын А.С., Горбунов М.С. ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ЗАСОРЁННОСТИ ПОЛЕЙ БОРЩЕВИКОМ СОСНОВСКОГО.....	359
Елисеев Ю.В., Голубев В.В., Морозов П.В., Громов В.В., Туманов И.В. ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПРУТКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ ПОД МЕЛКОСЕМЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ.....	363
Калинин И.С., Камынин П.С., Кудрявцев А.В., Киселёва В.Д. МЕТОДИКА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО СПОСОБА БОРЬБЫ С БОРЩЕВИКОМ.....	368

Фирсов А.С., Белякова Е.С., Судакова М.С. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА ДЛЯ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР.....	371
Серов А.Г., Туманов И.В., Кудрявцев А.В., Киселёва В.Д. МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УДАЛЕНИЯ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОСТЕБЕЛЬНОЙ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ	374
Мехедов М.А. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ САДОВ.....	378
Ковалев М.М., Перов Г.А., Кондрашов В.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ.....	381
Попов В.Б. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ РЕАКЦИЕЙ НА ОПОРНОМ КОЛЕСЕ ПЛУГА И ПАРАМЕТРАМИ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА С/Х ТРАКТОРА.....	386
Попов В.Б. К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ НА КОЛЕСАХ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА.....	391
Алдошин Н.В., Мосяков М.А. ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ И МЕТОДАМИ КОНТРОЛЯ.....	396
Мосяков М.А., Сазонов Н.В. ОЦЕНКА УРОВНЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ МАШИННО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ОВОЩЕВОДСТВЕ РФ.....	401
Мударисов С.Г., Аминов Р.И., Фархутдинов И.М. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ ПОЛОСНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ.....	406
Усманов А.С., Шарипов З.Ш., Ли Афанасий ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ.....	409
Вендин С.В., Саенко Ю.В. НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМА.....	413
Лылин Н.А. ПУТИ УСКОРЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ СОЛОМЫ	416
Щиголев С.В. К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДЕКАПИТАЦИИ КАРТОФЕЛЯ	420
Щиголев С.В. К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ШИН ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА ПОЛОЖЕНИЕ ЕГО ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ КРЕНЕ.....	423
Золотов А.А., Вольф Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА.....	426
Пляка В.И. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АКСИАЛЬНО-РОТОРНОГО МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА.....	430
Ковалев М.М., Перов Г.А., Перов М.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДБИРАЮЩЕГО АППАРАТА ЛЬНОУБОРОЧНЫХ МАШИН.....	434
Кумхала Франтишек, Кроулик Милан, Петрасек Станислав ПРИМЕНЕНИЕ ТЕЛЕМАТИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	439

Ганичева А.В., Калинин И.С., Кудрявцев А.В., Голубев В.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПО КРИТЕРИЮ КАЧЕСТВА.....	443
Катаев Ю.В. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЗА РУБЕЖОМ.....	446
Корнеев В.М. МЕТОДОЛОГИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА.....	450
Романченко М.И. КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕСА С ДОРОЖНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ.....	453
Кравченко И.Н., Мокров П.А. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УТИЛИЗИРУЕМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА.....	457
Кравченко И.Н., Абдумуминова Д.Т. ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ НАСОСОВ Д2000-21.....	462
Слизов А.Ф., Орлов А.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЭРОЗИОННОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ.....	468
Петровский Д.И. МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ.....	473
Петровский Д.И., Петровская Е.А. РАЗРАБОТКА ТВЕРДОГО СМАЗОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА.....	478
Петровская Е.А. ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	481
Игнаткин И.Ю., Щедрин А.В., Бугаев А.М. ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МЕТЧИКОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТА ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА.....	485
Наджи Наджм Абдулзахра Фархунд ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ТРАКТОРОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	488
Чванов К.Г., Ярина С.Г. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ В РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	493
Чепурин А.В., Сложеникина И.С. ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ.....	499
Чепурина Е.Л. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНО - ТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ МОЛОЧНОГО ЖИВОТНОВОДСТВ.....	502
Апатенко А.С., Алеев В.М. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА.....	506

Тойгамбаев С.К., Былинин С.Ю. РАСЧЕТ УЧАСТКА ТО И РЕМОНТА МАШИНО - ТРАКТОРНОГО ПАРКА СОВХОЗА АМАНКАРАГАЙСКИЙ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ	511
Тойгамбаев С.К. ПЛАНИРОВАНИЕ ГОДОВЫХ РЕМОНТНЫХ РАБОТ В МАСТЕРСКИЕ АГРОПРЕДПРИЯТИЯ.....	516
Евграфов В.А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ КОМПЛЕКТОВАНИИ ПАРКА МАШИН ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИИ С УЧЕТОМ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ.	522
Евграфов В.А., Власов Д.Д. ВЛИЯНИЕ РАЗНОРОДНОСТИ ПАРКА ОБСЛУЖИВАЕМЫХ МАШИН В СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРАХ НА КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ	527
Карапетян М.А. Арсланов А.М. СОПРОТИВЛЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ УСТАЛОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ СЛОЖНО - НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ.....	530
Соколов К.О., Карапетян М.А. АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ, ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТЫ СЕРВИСНЫХ ЦЕНТРОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ.....	533
Севрюгина Н.С., Канунников С.И. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	537
Севрюгина Н.С., Козлов Н.М. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УСЛУГ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО РЕМОНТУ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА	542
Новиченко А.И., Анисимов А.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ.....	547
Подхватилин И.М., Новиченко А.И., Горностаев В.И. УЛЬТИАГЕНТНОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ...	551
Горностаев В.И., Некрасов С.И. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА.....	555
Подхватилин И.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ.....	558
Теловов Н.К. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ	561
Орлов Б.Н. ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА	565
Матвеев А.С., Орлов Н.Н. МОНИТОРИНГ РЕСУРСА КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ПЕРЕУВЛАЖНЕННОЙ ПОЧВЕ.....	569

Бурак П.И. ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	572
Серов А.В. РАСЧЁТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗОНЫ СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКЕ.....	576
Серов А.В., Соколова В.М. КЛАССИФИКАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ.....	582
Соколова В.М. ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	587
Колокатов А.М., Нагнибедова Е.В., Пикина А.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ	593
Приходько И.Л., Малинина И.Д., Наджи Наджм Абдулзахра Фархун ПРИМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В КАЧЕСТВЕ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ ПРИСАДОК К МАСЛАМ.....	597
Колокатов А.М., Приходько И.Л., Нагнибедова Е.В. ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	601
Пыдрин А.В. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ТРАНСМИССИОННОГО МАСЛА ТМ 5-18.....	605
Пыдрин А.В., Пикина А.М. ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ.....	609
Павлов А.Е., Павлова Л.А., Чеха О.В. СОФЬЯ ВАСИЛЬЕВНА КОВАЛЕВСКАЯ (<i>к 170-летию со дня рождения Софьи Васильевны Ковалевской</i>)	613
Скороходов Д.М. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	618
Скороходов Д.М., Басов С.С. МЕТОД БОРИРОВАНИЯ С НАГРЕВОМ ТВЧ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН.....	623
Серов Н.В., Васенов М.О. УТИЛИЗАЦИЯ ПОЛОТЕН.....	626
Серов Н.В. МИКРОДУГОВОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ И УПРОЧНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН.....	630
Ломпас А.М., Федоров С.К., Гамидов А.Г. ИЗНОСНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЧУГУННЫХ ОБРАЗЦОВ ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....	635
Пылаев Б.В. ПРИМЕНЕНИЕ НЕФРИКЦИОННЫХ ВЫСОКОМОМЕНТНЫХ ВАРИАТОРОВ НА ГУСЕНЕЧНЫХ ТРАКТОРАХ.....	637

Научное издание

ДОКЛАДЫ ТСХА

Выпуск 292

(Часть I)

Ответственный за выпуск З.Ф. Садыкова

Подписано в печать 16.06.2020 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. 40,75. Тираж 100 экз. Заказ 73.

Издательство РГАУ-МСХА
127550. Москва, Тимирязевская ул.,
44 Тел. 8(499) 977-40-64