

Редакционная коллегия:

главный редактор – **Федоренко В.Ф.**,
д-р техн. наук, проф., академик РАН;
зам. главного редактора – **Мишуев Н.П.**,
канд. техн. наук.

Члены редколлегии:

Апатенко А.С., д-р техн. наук;
Виноградов А.В., д-р техн. наук;
Голубев И.Г., д-р техн. наук, проф.;
Ерохин М.Н., д-р техн. наук, проф., академик РАН;
Завражнов А. И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН;
Кузьмин В.Н., д-р экон. наук;
Левшин А.Г., д-р техн. наук, проф.;
Лобачевский Я.П., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН;
Морозов Н.М., д-р экон. наук, проф.,
академик РАН;
Папцов А.Г., д-р экон. наук, проф., академик РАН;
Полухин А.А., д-р экон. наук, проф. РАН;
Сторчевой В.Ф., д-р техн. наук, проф.;
Тихомиров Д.А., д-р техн. наук,
проф. РАН, чл.-корр. РАН;
Цой Ю.А., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН;
Черноиванов В.И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН;
Шогенов Ю.Х., д-р техн. наук,
академик РАН

Editorial Board:

Chief Editor – **Fedorenko V.F.**, Doctor of Technical
Science, professor, academician
of the Russian Academy of Sciences;
Deputy Editor – **Mishurov N.P.**, Candidate
of Technical Science.

Members of Editorial Board:

Apatenko A.S., Doctor of Technical Science;
Vinogradov A.V., Doctor of Technical Science;
Golubev I.G., Doctor of Technical Science, professor;
Erokhin M.N., Doctor of Technical Science,
professor, academician of the Russian Academy
of Sciences;
Zavrazhnov A.I., Doctor of Technical Science,
professor, academician of the Russian
Academy of Sciences;
Kuzmin V.N., Doctor of Economics;
Levshin A.G.,
Doctor of Technical Science, professor;
Lobachevsky Ya.P., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences;
Morozov N.M., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences;
Papstov A.G., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences;
Polukhin A.A., Doctor of Economics, professor
of the Russian Academy of Sciences;
Storchev V.F., Doctor of Technical Science,
professor;
Tikhomirov D.A., Doctor of Technical Science,
professor
of the Russian Academy of Sciences;
corresponding member of the Russian Academy
of Sciences;
Tsoi Yu.A., Doctor of Technical Science,
professor, corresponding member
of the Russian Academy of Sciences;
Chernoivanov V.I., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences;
Shogenov Yu.H., Doctor of Technical Science,
academician
of the Russian Academy of Sciences
Отдел рекламы
Горбенко И.В.
Верстка
Речкина Т.П.
Художник Лапшина Т.Н.

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА
MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Черноиванов В.И., Толоконников Г.К. Агрокиборг как биомашсистема 2

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

Мнение пользователя об РСМ Агротроник: такие системы нужны 6

Технологии, машины и оборудование для АПК

Таркинский В.Е., Трубицын Н.В., Иванов А.Б. Техническое средство отобра-
жения информации при испытаниях сельскохозяйственной техники 8

Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А., Данилов М.В. Щелевой распылитель
жидкости в технологии опрыскивания растений 12

Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А. Новые цифро-
вые решения в развитии отечественного садоводства 16

Мишуев Н.П., Коноваленко Л.Ю., Неменуца Л.А. Перспективные наилуч-
шие доступные технологии в сфере переработки сельскохозяйственного сырья . 22

**Катаев Ю.В., Костомахин М.Н., Петрищев Н.А., Саяпин А.С.,
Молибуженко К.К.** Повышение уровня технического обслуживания энергона-
сыщенной техники..... 28

Фадеев И.В., Успенский И.А., Степанова Е.И., Хайлов Н.И. Повышение за-
щитных свойств лакокрасочных материалов оптимизацией системы покрытий ... 34

Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение АПК

Пахомов А.И. Аналитическая оценка и учёт свойств электромагнитных полей в
устройствах агрообеззараживания 40

Аграрная экономика

Овсянко Л.А., Коваленко Е.И. Зависимость налоговой нагрузки сельскохозяй-
ственных организаций от их размеров 45

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI

Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, в **Перечень** рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени
кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым издание включено в **Перечень ВАК**:

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);

05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);

05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);

08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки).

Редакция журнала:

141261, Московская обл., г.о. Пушкинский, рп. Правдинский, ул. Лесная, д. 60. Тел. (495) 993-44-04
fgnu@rosinformagrotech.ru; r_technica@mail.ru <https://rosinformagrotech.ru>



Перепечатка материалов, опубликованных в журнале,
допускается только с разрешения редакции.

© «Техника и оборудование для села», 2022

Отпечатано в ФГБНУ «Росинформгротех»

Подписано в печать 23.09.2022 Заказ 275

УДК 612.8; 519.71

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-2-5

Агрокиборг как биомашсистема

В.И. Черноиванов,
д-р техн. наук, акад. РАН,
vichernoivanov@mail.ru

Г.К. Толоконников,
канд. физ.-мат. наук,
admcsit@mail.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Базовым типом систем в АПК являются биомашсистемы, в основе которых лежит триада «человек-машина-живое», получившие строгую формализацию в рамках категорной теории систем. В блок «машина» биомашсистемы входят решатели с элементами сильного искусственного интеллекта, он может иметь инвазивные импланты и неинвазивные интерфейсы в биологические подсистемы, что реализует понятие агрокиборга. Помимо теории агрокиборгов как биомашсистем, рассматриваются примеры агрокиборгов для животноводства и растениеводства.

Ключевые слова: функциональные и биомашсистемы, категорные системы, агрокиборги, решатели, искусственный и сильный искусственный интеллект, мастит, потенциалы действия растений.

Постановка проблемы

Теория биомашсистем может охватить вопросы киборгизации, протекающей в настоящее время на разных уровнях науки и производства, включая АПК. Представители сельского социума, продуктивные животные, а также растения и даже биомассы, адекватное системное описание которых имеется в рамках теории биомашсистем, также участвуют в киборгизации, и это явление должно быть научно отражено в теории аграрных систем. Популярно представление о киборге как о живом объекте, в первую очередь, человеку, с внедрёнными в него в той или иной степени механическими и электронными имплантами, расширяющими его возможности. Подобные описания следует привести к точным научным определениям. Данные задачи в теории биомашсистем находят свое естественное решение, чему посвящена предлагаемая работа.

Эта проблематика с точки зрения приложений теории биомашсистем на практике включает в себя вопросы разработки и внедрения искусственного интеллекта (ИИ) в производство и текущую жизнь сельского социума. Сложные масштабные проблемы и направления, такие как поставленные руководством страны задачи развития и внедрения методов цифровизации и ИИ в АПК, должны решаться на системном уровне. Существуют десятки определений понятия системы и системного подхода, один из наиболее глубоких – теория функциональных систем, разработанная П.К. Анохиным [1] и его школой. Для АПК адекватный системный подход задаёт теория биомашсистем [2], опирающаяся на триаду «человек-машина-живое», как оказывается, ни теории функциональных систем, ни эргатических и других известных системных подходов для АПК недостаточно. В работе [3] разработаны математические основы для биомашсистем в рамках категорной теории систем.

В биомашсистеме в блоке «машина» имеются решатели с элементами так называемого сильного ИИ, позволяющие вырабатывать новые алгоритмы поведения машины, не заложенные в нее заранее конструктором (программистом) [4]. Решатель на основе блока Поста использует универсальное исчисление, вырабатывающее (на основании теорем типа теоремы Э. Поста об универсальном исчислении) все возможные алгоритмы, в том числе востребованные на текущий момент функционирования машины. Востребованность включения в аграрную систему указанных компонент с решателями и продуктивным живым актуализируется по большому счету с начавшимся и расширяющимся в АПК переходом в технологиях от стреднестатистических критериев к индивидуальной работе машин с отдельными элементами живого, в частности, отдельными животными и растениями (точное земледелие и др.) [5]. Взаимодействие машин с живыми объектами

в указанных режимах индивидуального подхода требует от машины реализации в ней элементов именно сильного ИИ, которые не могут быть основаны на популярных технологиях искусственных нейросетей глубокого обучения ввиду имеющихся в них ограничений. Агрокиборги, таким образом, должны быть оснащены элементами сильного ИИ, подобная проблема также может быть решена в рамках биомашсистем, чему посвящена вторая часть данной статьи. Предложенное решение основано на использовании многомодульных решателей в блоке «машина» биомашсистемы. Краткая формулировка постановки проблем, которым посвящена работа, состоит в необходимости дать применимое на практике в АПК научное описание агрокиборга, аппаратная часть которого оснащена элементами сильного ИИ.

Цель исследований – получение результатов на пути решения описанных выше проблем. К сожалению, как уже указывалось, современных нейросетевых методов для оснащения агрокиборгов элементами сильного ИИ недостаточно. Безусловно, популярные методы искусственных нейросетей, реализующие беспилотность транспортных средств и дронов, другие основанные на нейросетях технические решения необходимы. Однако ввиду принципиально ограниченных возможностей природы нейросетей рефлекторным механизмом «стимул-реакция», не отражающим какого-либо интеллекта (о чем исчерпывающе изложено в работе [6], см. также видео доклада проф. А.А. Жданова <https://youtu.be/-s23i4USwD0>), популярный нейросетевой подход недостаточен для поставленных задач, требующих сильного ИИ. С другой стороны, уже начальное определение биомашсистемы [2] в решателях блока «машина» опиралось на элементы сильного ИИ, в качестве конкретной цели исследования можно определить реализацию агрокиборга с требуемыми свойствами в рамках подходящей биомашсистемы.

Материалы и методы исследования

Методологической основой исследования является математическое моделирование и системный подход в рамках биомашсистем и категорной теории систем. Для вопросов киборгизации биомашсистем применяется системный анализ направлений нейробиологии и селекционной генетики в отношении инструментов проектирования сельхозмашин как механизмов обеспечения реализации заложенного селекционерами в геном растений и животных потенциала.

Результаты исследований и обсуждение

Назначение аграрных машин и искусственный интеллект

Теория биомашсистем обосновала новый подход к назначению аграрной машины [7] как инструмента, обеспечивающего указанную реализацию заложенного селекционерами в геном растений и животных потенциала.

Например, трактор сам по себе не является аграрной машиной, но становится ею при соединении с плугами, сеялками, опрыскивателями и другими агрегатами для той или иной непосредственной работы с продуктивным живым. Трактор с агрегатом становится подсистемой биомашсистемы с триадой «трактор с агрегатом - оператор машины (тракторист) - живое (растения, почва и др.)». Уже существуют сельхозмашины, работающие в существенной степени с продуктивным живым индивидуально. Например, опрыскиватели и технология «электронного носа» [5], которая позволяет улавливать выделяемые отдельными растениями специфические летучие вещества при поражении белокрылкой, обрабатывать информацию и в дальнейшем воздействовать на отдельные растения. Электронный нос успешно «вынюхивает» помидорную тлю, вредных насекомых других культур. Полученная от растений информация позволяет переходить от среднестатистической обработки, в частности опрыскивания, к адресной, что экономит расход раствора и не допускает излишнего загрязнения почвы.

Индивидуальный подход к живому требует все большей интеллектуаль-

ности от машин. Чем выше требования к технологиям, тем более интеллектуальными должны быть машины, иметь способности, близкие к человеческим, и в дальнейшем их превосходить. Уже на первом и тем более очередном шаге перехода от среднестатистических параметров живого к индивидуальным рефлекторным механизмам решателей на нейросетях становится недостаточно. Необходимы технологии с элементами сильного ИИ, включая элементы сознания. Востребованность в системах управления машинами, в частности тракторами, решателей с элементами сильного ИИ диктуется не столько необходимостью автономной работы машины в неучтенных и случайных ситуациях, сколько необходимостью реагирования на запросы живого в процессе работы.

Интеллект является свойством человека и животных, нейробиология и физиология еще весьма далеки от ясного описания этого явления. ИИ суть математическая и компьютерная модель естественного интеллекта, реализованная в электронике роботов и интеллектуальных машин.

Тем не менее уже имеются технологии, реализующие элементы сильного ИИ, решение вопроса состоит в создании тракторов и других машин нового поколения с универсальным решателем интегрированного типа. Модулями такого решателя могут быть блок автономного адаптивного управления по А.А. Жданову [8], блок, основанный на семантическом вероятностном выводе по Е.Е. Витяеву [9], блок, основанный на ДСМ-методе В.К. Финна [10], и указанный в схеме биомашсистемы блок Поста. Каждая из данных технологий реализует все более мощные элементы сильного искусственного интеллекта, но ни одна пока не внедрена в аграрные машины и механизмы.

Киборги и агрокиборги

Обычное понятие киборга означает живые организмы (человек) с встроенными в них искусственными частями. Зубные протезы, кардиостимуляторы, сердечные клапаны, искусственная почка, протезы конечностей и другие подобные встроенные в организм механические и электронные импланты фактически вместе с людьми (их

носителями) суть примеры киборгов. Еще с прошлого века распространены импланты более продвинутые, сопрягаемые непосредственно с нервной системой. При определенных повреждениях слуха в медицине используется кохлеарный имплантат, непосредственно контактирующий своей внутренней частью со слуховым нервом. Внешняя часть прибора захватывает микрофоном звук, перерабатывает его в электросигналы, передаваемые по радиоканалу на имплантированную под кожу внутреннюю часть, у которой есть электроды, локализованные в улитке уха. Сигналы с электродов усиливаются внешними волосковыми клетками кортиевого органа, переносятся на внутренние волосковые клетки, с которых на основе натрий-калиевого механизма в дендритах слухового нерва возбуждаются потенциалы действия, распространяющиеся в слуховой отдел головного мозга, где и распознаются.

Следующий уровень киборгизации отвечает инвазивному контакту непосредственно с нейронами мозга. В электрокортикографии (ЭКОГ) применяются сетки, а также полосы круглых (пластинчатых) электродов, размещаемых на поверхности одного полушария. Электродные сетки обычно содержат множество токосъемных контактов, регистрирующих импульсы со значительной площади поверхности коры головного мозга. В стереотаксической ЭЭГ (СЭЭГ) применяются цилиндрические электроды, имеющие до десятка токосъемных поверхностей и проникающие через кожу, череп и все оболочки головного мозга до подкорковых структур. Данный метод обеспечивает мониторинг поверхностных и глубоких корковых структур. В результате возникают непосредственные нейронные электрокортикографические интерфейсы мозг-компьютер, которые за счёт съёма сигналов с нейронов мозга обеспечивают управление электронными протезными и коммуникационными устройствами.

Следующим этапом технологий киборгизации является направление входного сигнала в кору головного мозга с помощью электродов ЭКОГ для прямой электрической стимуляции. Варианты управления живым киборгом

уже появились. Например, в работе [11] описаны эксперименты с тараканом-киборгом, движениями которого можно управлять извне по каналу связи.

За рубежом чипирование людей началось в 1998 г. с эксперимента Кевина Уорика, вживившего под кожу RFID-имплантат с радиочастотной идентификацией. В 2005 г. Амаль Граафстр имплантировал себе чип, способный вводить в компьютер пароли и проводить другие более сложные действия, чем чип К. Уорика («умное» ружье, способное стрелять лишь в руках хозяина, и т.п.).

С 2015 г. чипирование людей становится массовым. В настоящее время оно имеет отработанные массовые технологии – антисептик и быстрый укол с виду обычным шприцем, процедура занимает не больше 1 мин. Чип размером с рисовое зерно в стандартной конфигурации заменяет паспорт, банковскую карту, билет на поезд или в кино, ключи от дома и др. Десятки тысяч шведов уже вживили подобные чипы.

В настоящее время уже совершается переход от простейших чипов для считывания информации к массовому вживлению чипов в мозг для снятия сигналов нейронов и воздействия на них. Здесь лидируют технологии, разработанные компаниями И. Маска («Woke Studio» и др.), использующие некоторые версии рассмотренных выше ЭКоГ и СЭЭГ. Размер чипа составляет 23×8 мм, он вживляется под кожу головы и тончайшими нитевыми электродами подключается к мозгу через отверстия в черепе (<https://neuralink.com>). Операция вживления под местной анестезией занимает около одного часа.

Наиболее глубокое описание физиологии и нейрофизиологии живых организмов (человек, животные) опирается на теорию функциональных систем. С точки зрения категорной теории систем в работе [13] дана модель киборга на основе интеграции функциональной системы и универсального агента искусственного интеллекта, введенного в работу [14] и использованного в блоке Поста биомашсистемы (рис. 1).

Приведенная модель только описала этап формирования киборга без внедрения в процессы формирования и принятия решений, четко поставила как

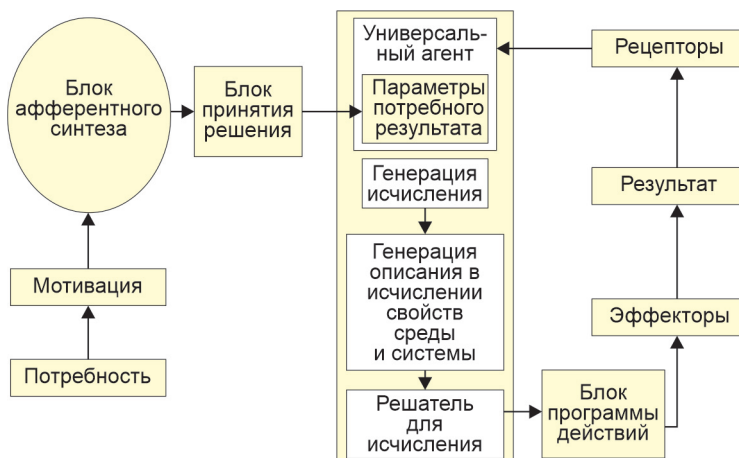


Рис. 1. Функциональная система, интегрированная с универсальным зомби-агентом

дальнейшие шаги киборгизации задачу вживления искусственных имплантов в блоки афферентного синтеза и принятия решений функциональных систем живого организма.

Перейдём к понятию агрокиборгов. Ввиду формализации биомашсистем мы имеем строгое с системной математической точки зрения понятие агрокиборга в отличие от размытого описания киборгов в литературе (рис. 2).

Представляя биомашсистемы в виде категорной системы, полученной категорной свёрткой подсистем, именуемых человек, машина и живое, под агрокиборгом мы понимаем биомашсистему, полученную категорной свёрткой подсистем, именуемых человек, машина и живое, каждая из которых сама имеет подсистему, обозначенную термином чип. При этом подсистемы типа «чип» могут иметь между собой моделируемые категорными свёртками

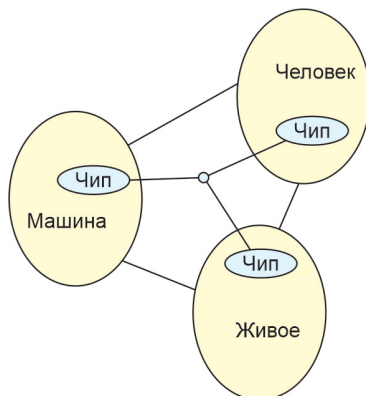


Рис. 2. Диаграмма агрокиборга как биомашсистемы

связи небиологической природы. Чипы машины и человека взаимодействуют друг с другом и с чипом, имплантированным живому, происходит учёт машинной состояния живого и человека, как и каждой из подсистем, учёт работы других подсистем биомашсистемы. Ситуация соответствует работе совокупности подсистемы чипов как единого целого. Отметим, что чип не обязательно весь или частично имплантируется (аналогично рассмотренному кохлеарному имплантату) внутрь организма человека или животного (растения и т.п.), здесь следует учитывать технологию, применяемую для агрокиборга.

Рассмотрим пример агрокиборга, имеющий большое практическое значение, а именно, агрокиборга для коров (как биомашсистему «дойяр-корова-дойильный аппарат»), разрабатываемый в ВИМ [15]. Для специалистов общеизвестными являются проблемы мастита коров, подвергаемых дойке дойльными аппаратами. Один из их недостатков, провоцирующих мастит, состоит в том, что вакуум доильного аппарата действует на все доли вымени, не учитывает, что в разных долях отдача молока прекращается в разное время.

Учёт физиологии показывает, что повсеместно применяемые способы доения с использованием традиционных, опирающихся на среднестатистические данные о животных дойльных аппаратов далеки от установленного природой процесса отдачи молока теленку. Число одних только гормонов, участвующих в процессе отдачи молока, достигает

почти двух десятков, среди которых основным является окситоцин. Для простоты сосредоточимся на этом гормоне.

В результате механического воздействия на рецепторы вымени возникают нервные возбуждения, достигающие спинного мозга и гипофиза, который выделяет в кровь окситоцин. Необходимая концентрация окситоцина в крови для молокоотдачи сохраняется 2-5 мин. Разрушение окситоцина сопровождается прекращением рефлекса молокоотдачи. Одна из задач агрокиборга по доению состоит в поддержании подходящего для выдаивания уровня концентрации окситоцина в крови животного. Определение концентрации проводится по косвенным признакам, но стимуляция, включающая в себя выделение окситоцина, осуществляется разработанным в ВИМ прибором ЧРГ. При необходимости возможно сопряжение ЧРГ с живленными корове сенсорами и чипами.

Спектр возможностей электромагнитного воздействия на биообъекты весьма широк, можно надеяться на их использование для создания все более совершенного агрокиборга, осуществляющего другие функции. ЧРГ излучает амплитудно-модулированный сигнал на несущей частоте 27 МГц малой мощности, подбором модулирующих частот достигаются различные резонансные биоэффекты, которые состоят в ускорении или замедлении биохимических и биофизических процессов. В частности, агрокиборгом с ЧРГ освоен режим, при котором повышается качество молока. Традиционное машинное доение воспринимается животными как стрессовый фактор, при этом физиологическая реакция животного приводит к повышенному выделению лейкоцитов, являющихся основной массой соматических клеток в молоке, ухудшающей его качество. Указанный режим ЧРГ позволяет уменьшить выброс лейкоцитов, что даёт существенный эффект повышения качества молока. Агрокиборгом с ЧРГ также освоена функция подавления патогенов мастита [15].

Агрокиборги с растениями в качестве живого в биомашсистеме также необходимы и перспективны. В отличие от животных, системные свой-

ства растений недостаточно изучены. В частности, разработка теории функциональных систем растений только начинается [13]. Отметим, что агрокиборг с участием растений принципиально не отличается от рассмотренных примеров агрокиборгов с животными.

Выводы

1. В связи с разработкой киборгов для человека и животных возникают биомашсистемы, в которых подсистема «машина» встраивается в биологические подсистемы человек и живое. В результате возникает агрокиборг как биомашсистема. Агрокиборг с учетом элементов сильного ИИ в решателях биомашсистемы оказывается в ряде направлений более продуктивным и эффективным в смысле получения сельхозпродукции большего объема и лучшего качества, содействуя тем самым основному системообразующему фактору биомашсистем.

2. В работе представлены развивающие на случай агрокиборга разделы теории биомашсистем. Это служит дальнейшим стимулом для развития электронной промышленности, искусственного интеллекта и информатики, формирует важное поле междисциплинарных научно-технических исследований.

Список

использованных источников

1. Анохин П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. М.: Наука, 1973. С. 5-61.
2. Черноиванов В.И. Биомашсистемы: возникновение, развитие и перспективы // Биомашсистемы. 2017. Т. 1. № 1. С. 7-58.
3. Толоконников Г.К. Неформальная категорная теория систем // Биомашсистемы. 2018. Т. 2. № 4. С. 41-144.
4. Толоконников Г.К. Вычислимые и невычислимые физические теории по Р. Пенроузу. Часть 3 // Прикл. матем., квант. теор. и прогр. 2012. Т. 9. № 4. С. 3-294.
5. Cui S. Development of Portable E-Nose System for Fast Diagnosis of Whitefly Infestation in Tomato Plant in Greenhouse // Chemosensors. 2021. No. 9. P. 297.
6. Жданов А.А. Что сегодня понимается под искусственным интеллектом // Биомашсистемы. 2021. Т. 5. № 1. С. 392-417.
7. Черноиванов В.И., Толоконников Г.К. Биомашсистемы: исторический

аспект // Техника и оборудование для села. 2022. № 1. С. 2-7.

8. Жданов А.А. Автономный искусственный интеллект. М.: БИНОМ, 2008. 359 с.

9. Витяев Е.Е. Математическая вероятностная модель когнитива и функциональных систем // Биомашсистемы. Т. 5. 2021. № 1. С. 392-417.

10. Финн В.К. Интеллект, информационное общество, гуманитарное знание и образование. М.: Ленанд, 2021. 464 с.

11. Erickson J.C., Herrera M., Bustamante M., Shingiro A., Bowen T. Effective Stimulus Parameters for Directed Locomotion in Madagascar Hissing Cockroach Biobot // PLoS ONE. 2015. 10(8): e0134348. doi:10.1371/journal.pone.0134348.

12. Tolokonnikov G.K., Chernoiivanov V.I., Shogenov Yu.Kh., Dorokhov A.S. Categorical model of a plant as a system, Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol. 107. Pp. 161-169.

13. Tolokonnikov G.K. Functional Systems Integrated with a Universal Agent of Artificial Intelligence and Higher Neurocategories, Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1315. 2021. Pp. 3-12.

14. Толоконников Г.К. Вычислимые и невычислимые физические теории по Р. Пенроузу. Ч. 3 // Прикл. матем., квант. теория и программ. 2012. Т. 9. № 4. С. 3-294.

15. Lyubimov V.T., Romanov D.V., Tsoi Yu. A., Ziganshin B.G., Sitdikov F.F. Results of application of frequency resonance therapy for treatment of cow mastitis, BIO Web of Conferences 17, 00254 (2020), <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700254>.

Agrocyborg as a Biomachine System

V.I. Chernoiivanov, G.K. Tolokonnikov (VIM)

Summary. The basic type of systems in the agribusiness are biomachine systems, which are based on the triad "human-machine-living", which have received strict formalization within the framework of the categorical systems theory. The "machine" block of the biomachine system includes solvers with elements of strong artificial intelligence, it can have invasive implants and non-invasive interfaces to biological subsystems, which implements the concept of an agrocyborg. In addition to the theory of agrocyborgs as biomachine systems, examples of agrocyborgs for animal husbandry and crop production are considered.

Keywords: functional and biomachine systems, categorical systems, agrocyborgs, solvers, artificial and strong artificial intelligence, mastitis, plant action potentials.

Мнение пользователя об РСМ Агротроник: такие системы нужны



Общаясь с владельцами агромашин, мы выяснили, что их подход к использованию электронных систем различается диаметрально. Например, рассмотрим РСМ Агротроник. Часть специалистов, даже имея эту платформу в своем распоряжении, считают ее функционал избыточным для своего предприятия. Другая часть аграриев абсолютно уверена в ее необходимости.

Нам удалось побеседовать с Альбертом Георгиевичем Айвазовым, главным инженером К(Ф)Х Руденко О.В. из Ростовской области. В хозяйстве уже два года эксплуатируется трактор Ростсельмаш 2375, на который РСМ Агротроник устанавливается в базовой комплектации. И Альберт Георгиевич уверен в необходимости оснащения агромашин системами мониторинга.

– Мы подключили РСМ Агротроник сразу. Пользуемся базовыми функциями: отслеживание, просмотр трека, расход топлива и остатки горючего в баке, режимы двигателя, температура рабочих жидкостей, скорость движения...

– **Насколько точно работает система? Есть какие-то проблемы?**

– Все показатели – в пределах нормы. По местоположению хорошие результаты. На тракторе стоит вы-

сокоточный датчик, поэтому по расходу и уровню топлива точность тоже устраивает. Ничего не отказывает, система надежная.

– **Что вам дает РСМ Агротроник в целом? Как Вы считаете, нужно ли оснащать технику подобными системами?**

– Без системы мониторинга было бы хуже. Я бы не получал всей нужной информации. А так, я вижу, где был трактор, а где не был, сколько

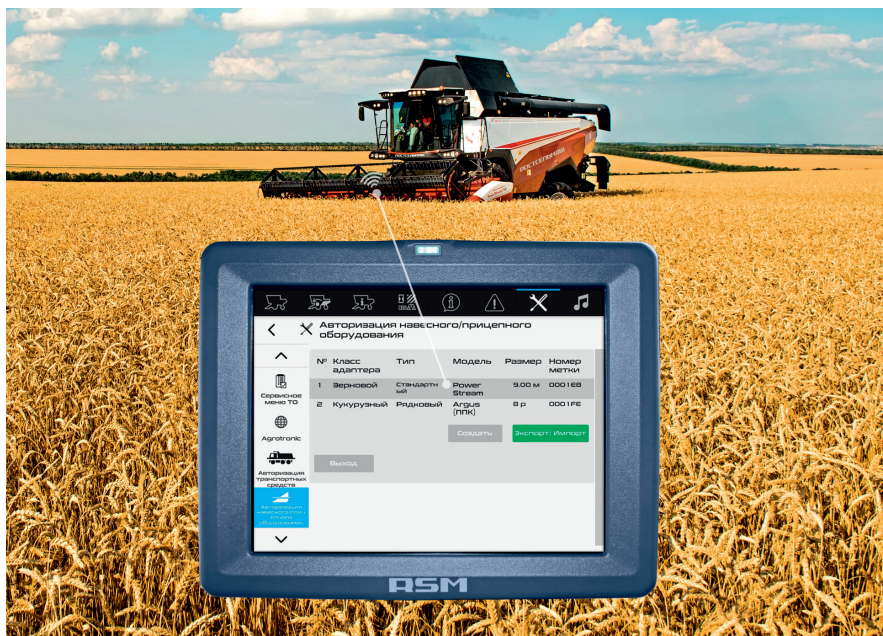
он по полю ходил. Один из главных «смыслов» платформы – возможность видеть, где машина находится в текущий момент и сколько она на данный момент сделала. Эта информация необходима для дальнейшего планирования работ. Имея точные данные «здесь и сейчас», я понимаю, куда отправить трактор дальше и какой объем работ для него запланировать. Такие системы безусловно нужны.

PCM Агротроник: коротко о важном

PCM Агротроник – платформа агроменеджмента, которая даже в комплектации «как есть» позволяет вести мониторинг агромашин и получать огромный объем данных в режиме реального времени и «в записи». Всегда можно проконтролировать, что и когда делала самоходная техника – перемещалась без задействованных орудий/адаптеров или работала, заправлялась или сливала топливо, выгружала продукт или стояла.

Доступна оценка производительности и выработки. Нужно лишь указать тип и рабочий захват орудия в бортовой системе агромашины. Аналитический блок PCM Агротроник вычислит обработанную площадь с помощью «элементарной арифметики». В системе есть и модуль планирования, где можно обозначить все будущие операции.

Для специалистов огромный интерес представляет информация о том, как именно работала агромашина. PCM Агротроник отслеживает более 170 параметров работы узлов и агрегатов тракторов, комбайнов, косилок, самоходных опрыскивателей. Это и параметры функционирования собственно машины – скорость движения, обороты двигателя и его загрузка, уровень и температура



охлаждающей жидкости и прочее, и параметры работы «технологического тракта», например, частота вращения ротора/барабанов, шнеков, вентилятора очистки, и т.д.

И если «в записи» эти данные позволяют проверить, как отработал тот или иной механизатор, то в текущий момент времени они дают возможность скорректировать его работу. Возможно, кто-то возразит: во время сезона никто в офисе не сидит за компьютером, все специалисты разъезжают по полям. Но PCM Агротроник можно установить даже на смарт-

фон или планшет. Была бы связь, а возможности для контроля уже есть.

Платформу PCM Агротроник Ростсельмаш устанавливает на часть самоходных агромашин уже в базовой комплектации. Но доукомплектовать этой системой можно практически всю технику возрастом до 10 лет. Конечно, функционал может быть менее широк, чем на современных моделях, из-за невозможности поставить те или иные высокоточные датчики. Тем не менее, многие важные функции будут доступны.



УДК 631.3.018.2:004.32

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-8-11

Техническое средство отображения информации при испытаниях сельскохозяйственной техники

В.Е. Таркивский,

д-р техн. наук,
зам. директора,
tarkivskiy@yandex.ru

Н.В. Трубицын,

канд. техн. наук,
зав. сектором,
trubicin@yandex.ru

А.Б. Иванов,

науч. сотр.,
artem_b_ivanov@mail.ru
(Новокубанский филиал

ФГБНУ «Росинформагротех» [КубНИИТИМ])

Аннотация. Проанализированы условия применения и приведены основные требования к передвижным системам динамического отображения информации во время испытаний и демонстрационных показов сельскохозяйственной техники в полевых условиях. Предложена конструкция системы, использующая панели различных типов на основе сверхъярких светодиодов. Разработан управляющий контроллер для системы динамического отображения информации, способный подключаться к измерительным информационным системам, а также стационарным и мобильным компьютерам.

Ключевые слова: испытания, информация, средство измерения, отображение информации.

Постановка проблемы

Испытания сельскохозяйственной техники в соответствии с национальными и международными стандартами на методы испытаний, а также определение показателей эффективности и ресурсосбережения являются важными процедурами, помогающими определить соответствие показателей, заявленных производителем, реальным значениям. Публичные мероприятия (выставки, показы и т.д.) с участием новых образцов сельскохозяйственных машин и тракторов приобретают большой эффект, если на них демонстрируются возможности техники в полевых условиях [1, 2]. Во всех этих случаях для получения сведений высокой точности применяются современные средства измерения, способные подключаться по выделенному каналу связи к компьютеру с программой расчёта показателей в реальном режиме времени [3-5].

Как правило, значения показателей в процессе испытаний отображаются на рабочем месте инженера-испытателя и нужны ему для принятия решения о даль-

нейшем ходе испытаний. Например, общее значение буксования движителей, превышающее порог в 15% на асфальте или 30% на почвенном фоне при проведении тяговых испытаний, свидетельствует о достижении максимальной величины тяговой нагрузки, выше которой проводить испытания бессмысленно.

При проведении сравнительных или демонстрационных показов относительно высокая скорость движения при выполнении технологического процесса или низкий текущий расход топлива могут демонстрировать преимущества конкретной марки испытываемой техники. Расчёт показателей экономической эффективности на базе часовых эксплуатационных затрат также возможен в режиме реального времени на базе двух определяемых показателей. В этом случае возникает необходимость публичной демонстрации важных показателей машины для присутствующих на мероприятии представителей производителя техники, испытательных лабораторий, студентов, гостей и др.

Установка габаритных экранов на движущиеся по полю сельскохозяйственные машины для демонстрации зрителям показателей непрактична в силу конструктивных и эксплуатационных особенностей [6, 7]. Обычно для этого достаточно небольшого одностороннего табло длиной не более 1 м.

Цель исследований – разработка системы информирования основных показателей в реальном времени при испытаниях сельскохозяйственной техники.

Материалы и методы исследования

Технические и эксплуатационные требования к системе информирования об основных показателях при испытаниях сельскохозяйственной техники определяются спецификой эксплуатации и требованиями аппаратной и программной совместимости с современными измерительными системами, например ИП-264 (рис. 1). Необходимо учитывать, что в полевых условиях на ярком солнце температура воздуха может достигать +50 °С. Кроме того, работа сельскохозяйственной машины сопровождается вибрацией и повышенной запылённостью, следовательно, система должна иметь небольшую массу, обеспечивать высокую чёткость и читабельность информации в условиях высоких температур, яркого солнечного света и повышенной концентрации пыли. Система информирования должна обладать возможностью подключения к измерительным информационным системам по проводному интерфейсу RS232/RS485 или беспроводным сетям



Рис. 1.
Измерительная
информационная
система ИП-264

GSM, Wi-Fi или 433 МГц, обеспечивать поддержку протоколов обмена данными промышленных устройств Modbus или DCON.

В наибольшей степени требованиям, предъявляемым к условиям эксплуатации системы информирования, отвечают светодиодные панели. Стандартные светодиодные панели имеют размеры 320×160 мм и содержат трёхцветные сверхъяркие светодиоды (рис. 2). Количество светодиодов в панели (по горизонтали и вертикали) может быть следующим: 32×16, 40×20 или 64×32.

Для отображения основных показателей испытуемой сельскохозяйственной техники достаточно информационного экрана, состоящего из трех панелей, поставленных в один ряд. Размеры видимой части экрана составят 1000×160 мм. Изображение на светодиодном экране формирует управляющий контроллер. Основным недостатком существующих контроллеров является их функционирование по заранее прописанному сценарию, который загружается с помощью специализированного программного обеспечения и выполняется в цикле [8]. Такая особенность работы контроллеров обусловлена областью применения информационных экранов в уличной рекламе и в информационных целях. Для динамического отображения информации на информационных табло, например в аэропортах, вокзалах, федеральных трассах. Существуют специализированные контроллеры, работающие по специальному протоколу и имеющие высокую стоимость [9].

Исходя из вышеизложенного, основной задачей, которую необходимо выполнить для достижения заявленной цели, является разработка системы информирования на базе светодиодных панелей, управляемых специализированным контроллером, способным подключаться к измерительным системам, применяемым при испытаниях сельскохозяйственной техники, и обновлять выводимую информацию в режиме реального времени.

Результаты исследований и обсуждение

Стандартная светодиодная панель выполнена в пластмассовом корпусе. С лицевой стороны расположены светодиоды в виде матрицы, с обратной – печатная плата с электронными компонентами (см. рис. 2).

Панели могут иметь различное количество светодиодов на разное количество цветов, все они соединяются

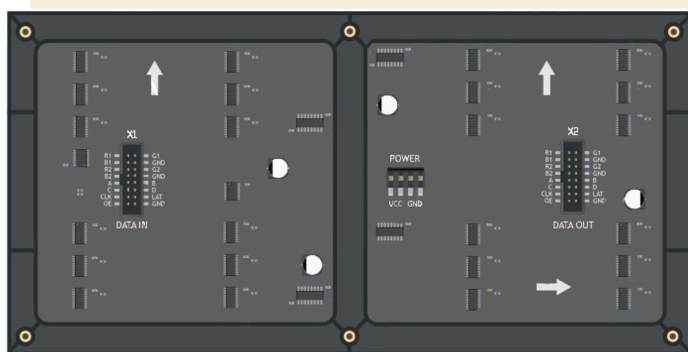


Рис. 2. Обратная сторона светодиодной панели

с управляющим контроллером через интерфейс HUB75 (рис. 3), который используется повсеместно и состоит из двух наборов линий цвета (R1, G1, B1, R2, G2, B2), линий управления адресами (A, B, C, D) и управляющих линий (CLK, LAT, OE).

Светодиодная панель фактически разделена на две части: верхние 16 строк и нижние 16 строк (для панели с матрицей 32×64). В верхнюю часть данные поступают через сигналы R1, G1 и B1, в нижнюю – через R2, G2 и B2. Одновременно может светиться только одна строка. Для полноценного отображения данные необходимо передавать с большой скоростью и обновлять динамически свечение каждой строки панели. Для выбора строки в каждой светодиодной панели установлен сдвиговый регистр с выбором адреса. Если экран состоит из нескольких рядов, образованных светодиодными панелями, необходимо каждый ряд отдельно подключать к собственному разъёму HUB75 управляющего контроллера.

Алгоритм формирования изображения на светодиодной панели следующий:

- высоким уровнем сигнала линии LAT сдвиговый регистр включается на приём строки данных;
- в цикле выставляются данные по цвету (линии R1, G1, B1, R2, G2, B2), которые одновременно помещаются низким импульсом линии CLK в сдвиговые регистры;
- адресными линиями A, B, C, D выбираются строки отображения.

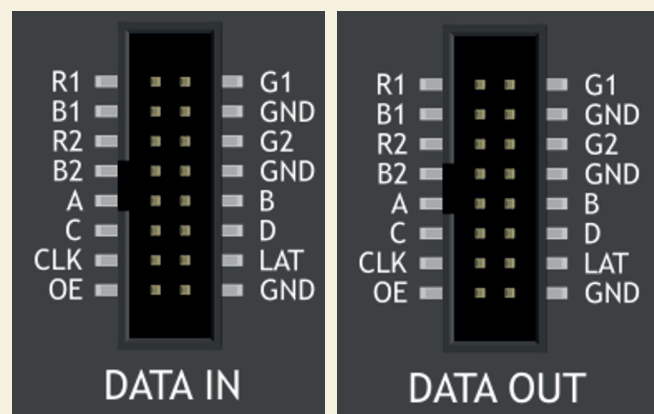


Рис. 3. Разъёмы подключения
светодиодной панели HUB75

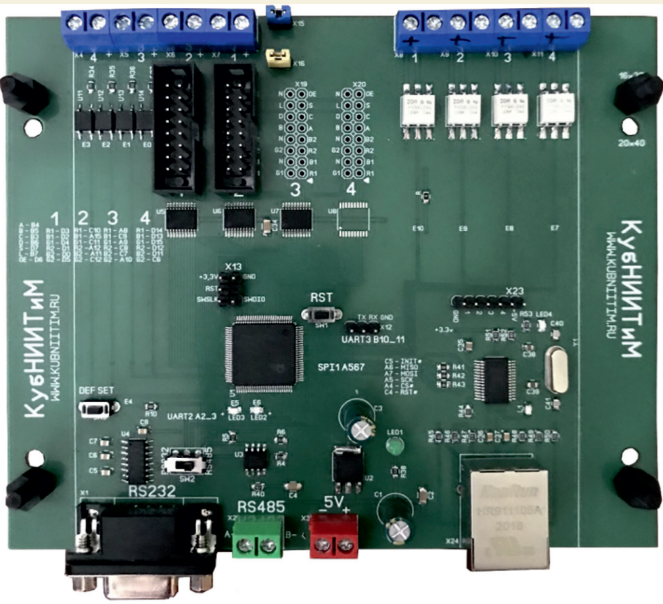


Рис. 4. Управляющий контроллер светодиодного экрана

Техническая характеристика

Число интерфейсов HUB75	2
Частота развёртки, Гц	100
Интерфейсы	RS232/RS485/ LAN/WiFi
Напряжение питания, В	5
Потребляемая мощность, Вт, не более	10
Габаритные размеры, мм	145×120

Все сигналы поступают на вход первой панели, подключенной к контроллеру, и через буферные микросхемы транслируются дальше к следующим панелям. Очередность активации светодиодов зависит от конкретного исполнения модуля и определяется опытным путём с помощью специального программного обеспечения.

Для достижения поставленной цели разработан управляющий контроллер мобильной системы визуализации на базе микропроцессора STM32F407 (рис. 4), который имеет два разъёма для подключения строк, собранных из светодиодных панелей. Для получения дополнительных дискретных сигналов предусмотрены четыре входные линии. Связь с управляющим компьютером или измерительной информационной системой осуществляется через интерфейсы RS232, RS485, LAN или Wi-Fi [6].

Контроллер и светодиодные панели размещены в пылевлагозащищённом корпусе, достаточно прочном, чтобы выдерживать эксплуатацию в полевых условиях (рис. 5).

Основным преимуществом разработанной системы информирования является возможность мгновенно выводить любую информацию о состоянии испытываемой машины или значение любого параметра в любой области



Рис. 5. Мобильная система отображения информации при испытаниях сельскохозяйственной техники

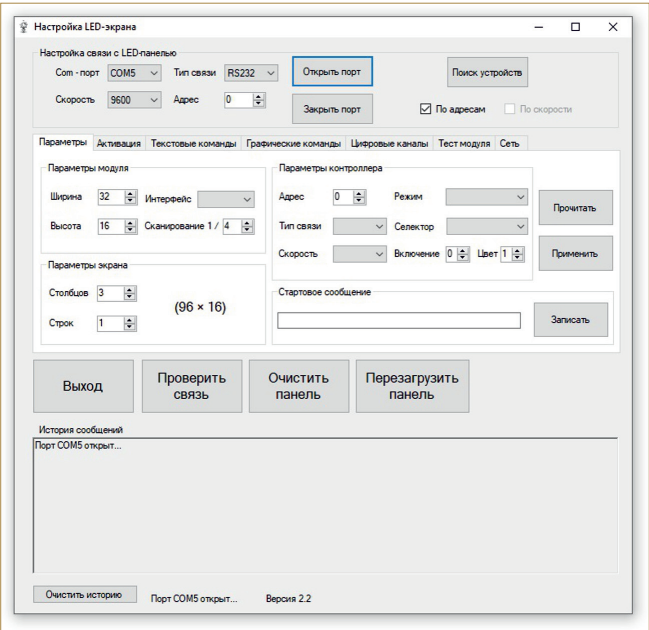


Рис. 6. Программа настройки и проверки информационного экрана «LED - Активатор»

экрана по внешней команде. В качестве управляющего устройства может выступать удалённый компьютер или измерительная информационная система. Для передачи команд между управляющим компьютером и системой информирования разработан протокол обмена информацией на базе широко распространённого протокола DCON.

Для проверки и настройки системы информирования предназначена программа «LED - Активатор» (рис. 6). С помощью этой программы можно настроить скорость обмена информацией по проводным интерфейсам и протестировать возможности вывода текстовой информации в любом цвете. В ней есть особый режим тестирования, который позволяет определить порядок работы светодиодов для светодиодной панели любого типа и загрузить полученный алгоритм в контроллер системы информирования [10].

Для проверки выбранного решения разработанная система информирования устанавливалась в стационарной палатке на краю поля. Подключение к измерительной информационной системе ИП-264 осуществлялось через беспроводную связь [11]. Измерительная информационная система ИП-264 настраивалась на выдачу информационных сообщений по мгновенному значению скорости, буксования и расхода топлива с интервалом 1 с. Примеры сообщений системы приведены на рис. 7.

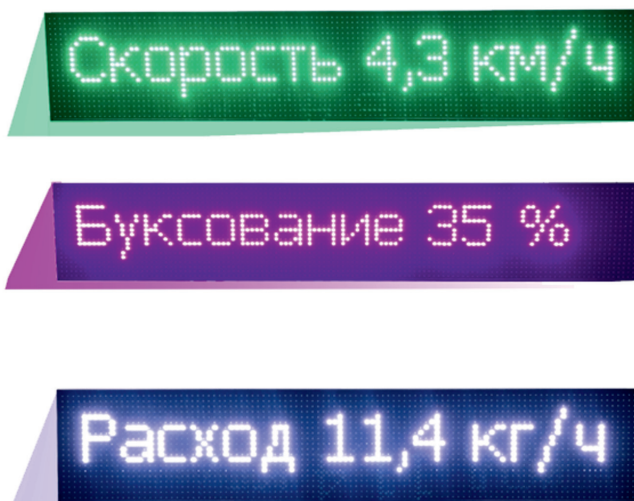


Рис. 7. Примеры сообщений информационной системы при испытаниях сельскохозяйственной техники

Выводы

1. Разработка информационной системы для визуализации фактических показателей сельскохозяйственных машин при испытаниях является важной задачей, способствующей повышению качества испытаний сельскохозяйственной техники.
2. Разработан специализированный контроллер для информационной системы, обеспечивающий работу с измерительными системами и позволяющий организовать непрерывное отображение показателей сельскохозяйственной техники в полевых условиях.
3. Разработано программное обеспечение для настройки и тестирования данной информационной системы.

Список

использованных источников

1. **Таркивский В.Е.** Цифровые методы и средства определения функциональных характеристик сельскохозяйственных тракторов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. М., 2019. 254 с.
2. **Федоренко В.Ф., Мишуrow Н.П., Трубицын Н.В., Таркивский В.Е.** Применение инерциальной навигации для определения буксования сельскохозяйственных тракторов // Вест. Мордовского университета. 2018. Т. 28. Вып. 1. С. 8-23.
3. **Рубичев Н.А.** Измерительные информационные системы. М.: Дрофа, 2010. 334 с.
4. **Федоренко В.Ф., Таркивский В.Е., Мишуrow Н.П., Трубицын Н.В.** Цифровые методы обработки данных при оценке тягового усилия тракторов // Инженерные технологии и системы. 2021. № 1. С. 127-142.
5. **Таркивский В.Е., Трубицын Н.В.** Цифровая обработка данных при тензометрировании сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2016. № 1. С. 28-30.
6. **Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С., Трубицын В.Н.** Специализированные измерительные системы

для испытаний сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2022. № 5 (299). С. 14-17.

7. **Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С.** Система визуализации показателей при испытаниях сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2020. № 10. С. 11-14.

8. Dynamic Light. Программа создания сценария [Электронный ресурс]. URL: <http://impulslight.com/programs.html> (дата обращения: 04.08.2022).

9. Контроллеры для многоцветных светодиодных экранов [Электронный ресурс]. URL: <https://shop.ledocolplus.ru/g11091611-kontrollery-dlya-mnogotsvetnyh> (дата обращения: 03.08.2022).

10. **Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Воронин Е.С.** Программное обеспечение измерительных информационных систем для испытаний сельскохозяйственной техники // Техника и оборудование для села. 2019. № 9. С. 12-15.

11. **Таркивский В.Е., Трубицын Н.В., Попелова И.Г.** LED-драйвер. Св-во об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2017618654, 7 июня 2017 г.

Visual Display Units for Agricultural Machinery Testing

V.E. Tarkivskiy, N.V. Trubitsin, A.B. Ivanov
(KubNIITiM)

Summary. The conditions of use are analyzed and the main requirements for mobile systems for dynamic display of information during tests and demonstrations of agricultural machinery in the field are given. A system design is proposed that uses panels of various types based on superbright LEDs. A process controller has been developed for a system of dynamic information display, capable of connecting to measuring information systems, stationary and mobile computers.

Keywords: tests, information, measuring instrument, displaying information.



УДК 631.51:632.931.1

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-12-14

Щелевой распылитель жидкости в технологии опрыскивания растений

И.М. Киреев,

д-р техн. наук,
зав. лабораторией,
вед. науч. сотр.,
kireev.I.M@mail.ru

З.М. Коваль,

канд. техн. наук,
гл. науч. сотр.,
zinakoval@mail.ru

Ф.А. Зимин,

инженер
(Новокубанский филиал
ФГБНУ «Росинформагротех»
[КубНИИТиМ]);

М.В. Данилов,

канд. техн. наук,
зав. кафедрой,
danilomaster80@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Ставропольский ГАУ»)

Аннотация. Представлены материалы исследований пневмогидравлического распыливания жидкости щелевыми распылителями для штанговых опрыскивателей. Результатами исследований установлено, что выполнение агротехнических требований при опрыскивании объектов по числу капель на 1 см² при распыливании жидкости выбранным наконечником с определенным давлением можно определить в лабораторных условиях фотографированием факела распыла и расчетом дисперсности капель для скоростного режима движения опрыскивателя.

Ключевые слова: факел распыла жидкости, размер капель, давление и расход жидкости, фотографирование.

Постановка проблемы

Постановлением Правительства Российской Федерации № 996 от 25 августа 2017 г. особое значение отведено решению проблем модернизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур и повышению их урожайности. При этом важную роль играет защита растений от комплекса вредителей, болезней и сорняков. В этих условиях совершенствование методов оценки функционирования распылителей рабочей жидкости при реализации рациональных технологий опрыскивания растений с соблюдением агротехнических требований приобретает важное значение. К таким требованиям относятся размеры и число капель на 1 см² площади объекта обработки. Оптимальное количество и размер капель обеспечиваются выбором распылителя и создаваемым давлением рабочей жидкости.

Опрыскивание растений для уничтожения сорняков, а также защиты от вредителей и болезней чаще всего осуществляется щелевыми распылителями штанговых опрыскивателей согласно рекомендациям, изложенным в специальных каталогах. Для плоскоструйного распылительного наконечника в таблицах приведены значения давлений (бар), производительности одной насадки (дм³/мин), расхода рабочей жидкости (дм³/га) для скорости движения опрыскивателя 4–35 км/ч. Кроме того, указывается цветовая кодировка категорий ММД капель, мкм: самые мелкие ≈ 50, очень мелкие – менее 136, мелкие – 136–177, средние – 177–218, крупные – 218–349, очень крупные – 349–428, самые крупные – 428–622, крайне крупные – более 622 [1–3].

Сопла, которые создают капли меньше средних, обычно рекомендуют для послевсходовых обработок, требующих полного охвата целевой зоны. В данном случае применяемые жидкости включают в себя гербициды, инсектициды и фунгициды.

Сопла, создающие капли от среднего размера до крайне крупного, обеспечивают менее тщательное покрытие, но значительно улучшенный контроль сноса. Данные сопла в основном используют для системного и довсходового применения гербицидов.

Требуемые критерии размеров капель для применения пестицидов основным способом опрыскивания объектов обработки следующие. Медианно-массовые диаметры (ММД) капель при защитной обработке фунгицидами и инсектицидами по листьям имеют пределы 226–325 мкм. При почвенной обработке системным пестицидом интервал требуемых ММД капель увеличен с 326 до 400 мкм. При применении гербицидов для лиственной послевсходовой обработки контактным пестицидом пределы ММД капель составляют 226–325 мкм, системным пестицидом – 226–400 мкм. Почвенная гербицидная обработка системным пестицидом требует увеличенного диапазона ММД капель – 401–500 мкм и более. При обработке фунгицидами число капель имеет пределы от 50 до 70 шт/см², инсектицидов – от 20 до 30, гербицидов – от 20 до 40 шт/см.

Размер капель влияет на достижение наиболее эффективного результата при использовании определенного химиката для обработки растений в зоне покрытия или опрыскивания вне целевой зоны. Получение требуемых размеров и числа капель на объектах обработки в реальных условиях весьма проблематично. Поэтому исследование закономерности распыливания жидкости щелевыми распылителями для технологического процесса

опрыскивания растений актуально и является задачей исследований.

Цель исследований – исследование закономерности распыливания жидкости щелевыми распылителями для технологического процесса опрыскивания.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований применялось оборудование для фотографирования факела распыла жидкости, общий вид которого приведен на рис. 1 [4].

Фотоаппарат устанавливали на стендовом оборудовании и соединяли с компьютером кабелем. Оптическая ось цифрового фотоаппарата направлялась перпендикулярно плоскости факела распыла жидкости и экрана, расположенного за распылителем. Факел распыла жидкости освещали источниками света, установленными под углом 30° .

Фотографирование факела распыляемой жидкости при постоянном ее давлении осуществляли цифровым фотоаппаратом, изображения передавались на компьютер. Образованные внешними границами факела распыла углы определялись программой и высвечивались на экране монитора компьютера по полученному контрастному изображению.

Результаты исследований и обсуждение

Выполнение агротехнических требований по дисперсности капель при применении щелевых распылителей жидкости зависит от типа применяемого сопла и давления жидкости для получения классовых размеров капель и их количества, создаваемых в единицу времени применительно к скорости движения опрыскивателя. При применении щелевых распылителей жидкости создается полидисперсная система капель при дроблении веерообразной пленки жидкости (плоской с двух сторон), вытекающей из щелевого сопла. Разрушение пленки – следствие развития в ней колебательных процессов, возникновение которых обусловлено внешними и внутренними факторами. К внешним факторам относятся аэродинамические силы, которые стремятся деформировать и разорвать пленку, к внутренним – возмущения, обусловленные качеством изготовления распылителя, его вибрациями, конструктивными особенностями и т.п. [5].

На процесс распада пленки влияют также физические свойства применяемой жидкости и окружающей среды. Вязкость жидкости оказывает стабилизирующее воздействие, затрудняя развитие волновых явлений, а следовательно, и распыливание. При увеличении поверхностного натяжения наблюдается замедление распада струи жидкости [5]. Распад плоской пленки на капли обусловлен возникновением на ней отдельных перфораций и образованием перпендикулярно направлению потока неустойчивых волн (амплитуда которых возрастает при удалении от кромки сопла), приводящих к распаду пленки на капли [5]. Струя, вытекающая из щелевого сопла, имеющая веерообразную форму, была получена полуэмпирическим методом [5]. Схема расчета пленок жидкости представлена на рис. 2.

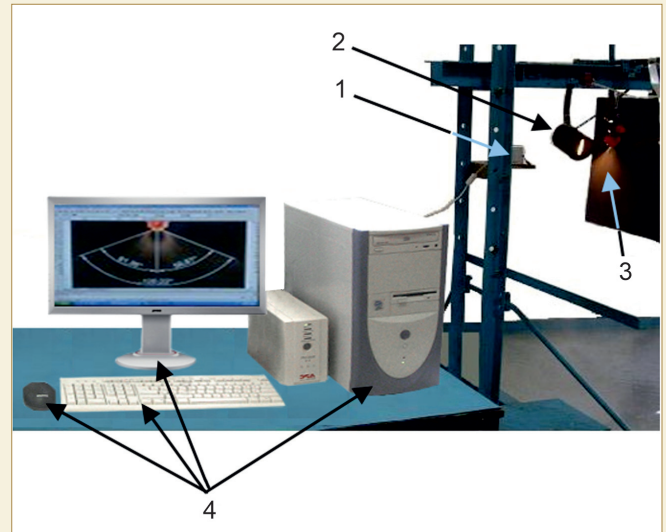


Рис. 1. Общий вид оборудования для фотографирования факела распыла жидкости:
1 – цифровой аппарат; 2 – осветители;
3 – экран; 4 – ПК

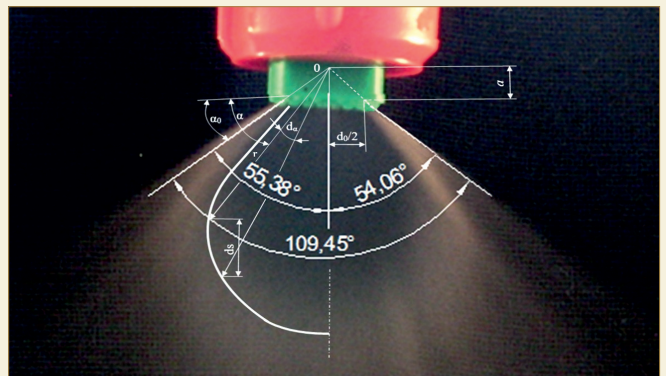


Рис. 2. Схема пленки жидкости, вытекающей из щелевого сопла (распылитель со щелевым соплом зеленого кода цвета, LU – 015)

Пленка вытекает из узкой щели сопла длиной d_0 , шириной h_0 . Толщина пленки δ изменяется с расстоянием r от начала координат по закону $\delta = k_\delta / r$ (k_δ – эмпирический параметр, мм^2 , зависящий от отношения d_0 / h_0), μ – коэффициент расхода щелевого сопла) – рис. 3.

При предположении [5-7], что на большей части контура пленки угол между касательной к контуру и радиус-вектором r невелик (см. рис. 2), известно следующее уравнение контура пленки:

$$2\psi^{-1}r = 1 - \cos(\alpha - \alpha_0) + 3\cos(\alpha - \alpha_0)^2 / 2, \quad (1)$$

где $\psi = 0,5\rho_{ж}u^2k_\delta$;

$u = \mu\sqrt{2\Delta p / \rho_{ж}}$ – скорость пленки жидкости вдоль любой линии тока, м/с;

Δp – разность давлений жидкости, Па;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м^3 .

Угол α_0 (см. рис. 2) определяли по формуле

$$\alpha_0 = \pi / 2 - \frac{Q}{2uk_3}, \quad (2)$$

где Q – расход жидкости, $\text{дм}^3/\text{мин}$.

Расстояние a от начала контура пленки до плоскости щелевого сопла определяют из выражения $2a = d_0 \tan \alpha_0$.

Длину нераспавшегося участка пленки $l = r^2/k_3$ при $\rho_{ж}/\rho_v > 0,17 \cdot 10^3$ определяют по уравнению [5]

$$l = 9,73 \cdot 10^2 (\rho_{ж} / \rho_v)^{1,5} (We)^{-1}, \quad (3)$$

где ρ_v – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

В уравнении (3) значение числа Вебера находят по формуле

$$We = \rho_{ж} \omega^2 k_3^{0,5} / \sigma, \quad (4)$$

где σ – поверхностное натяжение жидкости, $\text{Н}/\text{м}$.

Результаты исследований могут быть положены в основу определения рациональной технологии штангового опрыскивателя со щелевыми распылителями жидкости. Для выполнения требований по числу капель на 1 см^2 поверхности объекта обработки достаточно сведений о дроблении толщины пленки жидкости по оси факела распыла на капли и определения их числа в единицу времени. Оценка классовых размеров капель полидисперсного аэрозоля при этом может проводиться на образующей длине элементарных участков ds пленки в лабораторных условиях [8–10]. Изображение пленки жидкости для различных режимов и условий функционирования щелевых распылителей можно получить с помощью фотографирования ее цифровым фотоаппаратом с передачей изображения на монитор компьютера. Определение углов факела распыла характерно только для качества изготовления распылителей. Полученные при этом сведения о дисперсности капель являются характеристиками распылителей.

В качестве примера реализации результатов исследований можно привести расчет использования щелевого сопла LU–015 с давлением жидкости 4 МПа и расходом $0,68 \text{ дм}^3/\text{мин}$, при скорости ее движения $23,35 \text{ м}/\text{с}$, коэффициенте $k_3 = 222,5$ в 1 с образуется $729688,8$ капель. При рабочей скорости движения опрыскивателя 10 и $20 \text{ км}/\text{ч}$ такие условия обеспечат на 1 см^2 обрабатываемой поверхности $68,4$ и $24,2$ капли соответственно. Расход рабочей жидкости при этом составит $10,2$ и $5,1 \text{ дм}^3/\text{га}$.

Выводы

1. Результаты проведенных исследований показали, что рекомендации по рациональным технологиям применения щелевых распылителей жидкости для выполнения агротехнических требований по числу капель на объектах обработки можно получить в лабораторных условиях фотографированием факела распыла и расчетом скоростного режима движения опрыскивателя.

2. На процесс распада пленки влияют физические свойства применяемой жидкости и окружающей среды.

Вязкость жидкости оказывает стабилизирующее воздействие, затрудняя развитие волновых явлений и распыливание. При увеличении поверхностного натяжения наблюдается замедление распада струи жидкости.

Список

использованных источников

1. Каталог TeeJet Technologies 50A–RU // Tee Jet Technologies [Электронный ресурс]. 2016. Режим доступа: <http://teejet.it/russian/home/literature/catalogs/catalog-51a-ru.aspx> (дата обращения: 10.08.2022).
2. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике: науч. издание. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. 248 с.
3. **ГОСТ 34630–2019.** Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. 38 с.
4. Устройство для фотографирования и измерения углов факела распыливаемой жидкости: пат. на полезную модель 73162, МПК А 01 М 7/00 / Киреев И.М., Коваль З.М.; заяв. и патентообладатель ФГНУ «РосНИИТиМ». № 2007140660; заявл. 01.11.2007; опубл. 20.05.2008., Бюл. № 14. 3 с.
5. **Пажи Д.Г., Галустов В.С.** Основы техники распыливания жидкостей. М.: Химия, 1984. 256 с.
6. **Дитякин Ю.Ф.** и др. Распыливание жидкостей. М.: Машиностроение, 1977. 208 с.
7. **Дунский В.Ф., Никитин Н.В.** Аэрозоли в сельском хозяйстве. М.: 1973. С. 71–106.
8. **Киреев И.М., Коваль З.М.** Определение основного критерия при агротехнической оценке опрыскивателей // Агроинженерная наука в сфере АПК; инновации, достижения: сб. науч. тр. VII Междунар. науч.-техн. конф. Волгоград: ГНУ «СКНИИМЭСХ», 2012. С. 115–121.
9. **Киреев И.М., Коваль З.М.** Устройство для оценки качества работы щелевых распылителей // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2011. № 3. С. 16–18.
10. **Коваль З.М.** Характеристики дисперсности щелевых распылителей некоторых производителей при моделировании их функционирования на стендовом оборудовании // Международный научный журнал «Educatio». Новосибирск: Россия, 2016. № 6(24). С. 15–21.

Fluid Slot Atomizer in Plant Spraying Technology

I.M. Kireev, Z.M. Koval, F.A. Zimin

(Novokubansk branch of Federal State Budgetary Scientific Institution "Rosinformagrotekh" [KubNIITiM])

M.V. Danilov

(Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Stavropol State Agrarian University»)

Summary. Materials of researches of pneumohydraulic atomization of liquid by slot atomizers for boom sprayers are presented. The results of the research have established that the fulfillment of agrotechnical requirements when spraying objects in terms of the number of droplets per 1 cm^2 when spraying a liquid with a selected tip with a certain pressure can be determined in laboratory conditions by photographing the spray cone and calculating the dispersion of droplets for the high-speed mode of the sprayer.

Keywords: liquid spray jet, droplet size, fluid pressure and flow rate, photographing.



ЮГАГРО

29-я Международная выставка

сельскохозяйственной техники,
оборудования и материалов
для производства и переработки
растениеводческой
сельхозпродукции

22-25

ноября 2022

Краснодар,
ул. Конгрессная, 1
ВКК «Экспоград Юг»



СЕЛЬСКО-
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ
ТЕХНИКА
И ЗАПЧАСТИ



ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПОЛИВА
И ТЕПЛИЦ



АГРО-
ХИМИЧЕСКАЯ
ПРОДУКЦИЯ
И СЕМЕНА



ХРАНЕНИЕ
И ПЕРЕРАБОТКА
СЕЛЬХОЗ-
ПРОДУКЦИИ

Бесплатный билет
YUGAGRO.ORG



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER

Генеральный партнер
РОСТСЕЛЬМАШ
Агротехника Профессионалов

Стратегический спонсор

**Мировая
Техника**

Генеральный спонсор

РОСАГРОТРЕЙД
RAGT GROUP

Официальный партнер

**ШЕЛКОВО
АГРОХИМ**

Официальный спонсор



Спонсор деловой программы



Спонсор информационных стоек



Спонсоры выставки

syngenta®



Zemlyakoff
CROP PROTECTION



УДК 631.17:634.1

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-16-20

Новые цифровые решения в развитии отечественного садоводства

О.В. Кондратьева,

канд. экон. наук,
зав. отделом,
kov2906@mail.ru

А.Д. Федоров,

канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
fad0109-an2014@yandex.ru

О.В. Слинько,

ст. науч. сотр.,
olesia-12@mail.ru

В.А. Войтюк,

науч. сотр.,
bower71@mail.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»),
inform-iko@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы развития отечественного садоводства посредством применения современных технологий, в том числе цифровых. Представлены инновационные системы управления «Умный сад» на основе искусственного интеллекта для садов промышленного типа ФГБОУ ВО Мичуринского ГАУ, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», ФИЦ «Почвенный институт имени Докучаева», Института космических исследований РАН, ФНАЦ ВИМ и других ведущих научных центров и вузов страны. Показаны преимущества использования цифровых технологий в садоводстве, а также требования для эффективного выращивания основных видов плодово-ягодных культур.

Ключевые слова: сельское хозяйство, садоводство, цифровизация, «умный» сад, искусственный интеллект, информационные технологии.

Постановка проблемы

Почвенные и климатические условия ряда субъектов Российской Федерации соответствуют требованиям эффективного выращивания основных видов плодово-ягодных культур (яблоня, груша, слива, смородина

и т.д.), однако для серьезного прорыва в отечественном садоводстве требуется увеличение интенсивных садов, дающих продукцию высокого качества, конкурентоспособную на мировом рынке. Одной из наиболее широко распространенных плодовых культур является яблоня. Промышленное производство яблок налажено в 22 странах мира. [1].

Современное сельское хозяйство находится на пороге второй «Зелёной революции». Внедрение и использование цифровых и информационных технологий, в том числе в садоводстве, должно привести к значительному росту урожайности и продовольственной импортнезависимости страны.

Развитие интенсивного садоводства предусматривает применение прогрессивных технологий выращивания плодовых культур. При правильной организации экономической эффективность участка будет в несколько раз выше, чем при использовании традиционной технологии. За последнюю пятилетку сельхозтоваропроизводители увеличили площади садов почти в 2 раза, нарастив тем самым товарное производство плодово-ягодной продукции. В 2021 г. садоводы собрали 1,4 млн т плодово-ягодной продукции, в 2022 г. планируют получить 5 млн т плодов и ягод, что на 7% больше предыдущего – такие цифры озвучил министр сельского хозяйства Российской Федерации Дмитрий Патрушев на международной выставке «Про яблоко» [2]. В ТОП 5 регионов России по сбору урожая вошли Краснодарский край, Воронежская и Липецкая области, Кабардино-Балкарская Республика и Республика Крым [3].

В этой связи ряд подпрограмм: «Сельскохозяйственная техника и оборудование», «Развитие питомни-

ководства и садоводства», «Развитие виноградарства, включая питомниководство» [4], и ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» [5] предусматривают разработку и производство современных роботизированных технических средств в садово-ягодной промышленности, цифровых решений, внедрение интернета вещей, что должно привести к троекратному повышению производительности труда, увеличению урожайности, уменьшению техногенного воздействия на окружающую среду и человека.

При этом в части развития автоматизированных процессов в садоводстве необходимо отметить, что специализированные машины для питомниководства и садоводства в России серийно не выпускаются, российские аграрии используют роботизированную зарубежную технику и технологии (по данным Еврокомиссии, 70-80% сельскохозяйственных машин оснащены зарубежными датчиками и системами автоматизации). Если самоуправляемые комбайны эффективно убирают урожай зерновых, картофеля и многих овощных и травяных растений, то цифровое развитие в садово-ягодной промышленности только начинает набирать обороты [3].

Согласно распоряжению Правительства России № 1403-р от 2 июня 2022 г. Минсельхозом России выделены средства на внедрение цифровых технологий в агропромышленном комплексе России. Для повышения точности оценок урожая технологии искусственного интеллекта в первую очередь внедряют в Пермском крае и Республике Татарстан, а также Воронежской, Курской, Брянской, Тульской, Нижегородской и Московской областях.

Практика садоводства показала, что основой долголетних и высокопродуктивных садов является пра-

вильный выбор зональных технологий возделывания плодовых насаждений, которые включают в себя [6]:

- оптимизацию размещения плодовых культур с учетом агроэкологического потенциала земельных ресурсов;
- оценку почвенных условий и определения наличия или отсутствия лимитирующих почвенных факторов для возделывания плодовых насаждений;
- подбор для обследуемой территории плодовых культур с наибольшей потенциальной продуктивностью;
- подбор высокопродуктивных привойно-подвойных комбинаций, наиболее адаптированных к заданным почвенно-климатическим условиям возделывания;
- разработку элементов технологии управления продуктивностью плодовыми насаждениями с учетом зональной специфики;
- внедрение в практику цифровых технологий.

Специфика промышленного садоводства значительно усложняет внедрение эффективных управленческих решений на каждом технологическом этапе, что делает особенно актуальным внедрение таких цифровых технологий, как [7]:

- мониторинг условий и параметров процессов (почва, климат, рельеф, посадки и др.);
- цифровое моделирование местности, рельефа и составление электронных карт урожайности (количество и плотность плодов);
- высокоточное позиционирование сельскохозяйственных агрегатов в беспилотном режиме при закладке плантаций и уходе за насаждениями (обработка почвы, скашивание травы в междурядьях, уход за приствольными полосами, контурная обрезка и др.);
- управление производственными процессами садовых культур на основе автоматизированных систем управления и технологий точного земледелия;
- применение беспилотных летательных аппаратов для цифрового мониторинга насаждений и урожайности культур;

● использование роботизированных технологий при выполнении технологических процессов;

- идентификация и паспортизация сортов с использованием визуальных (графических) параметров;
- состояние листовой поверхности и размер кроны деревьев;
- передача и хранение информации;
- реализация управленческих решений роботизированными техническими средствами.

Эта система позволяет анализировать почвенно-климатические условия на основе больших данных, определять местоположение и оптимальные для выращивания культуры условия, осуществлять грамотное внесение органических и минеральных удобрений, проводить профилактические мероприятия по борьбе с вредителями и болезнями, а также экономические расчеты рентабельности производства и потребности населения региона (страны, края, региона) [8], что позволяет сократить ручной труд на 80 %, увеличить урожайность на 70 %, повысить эффективность производства на 60 %, производительность труда на 50 %, снизить вредное воздействие на окружающую среду на 40 % и др. [9].

Цифровые технологии в садоводстве – основа перехода на производственную концепцию «Умный сад», в которой эффективные управленческие решения принимаются на основе многокритериального анализа многомерных массивов информации об объектах производственного процесса (почва, растения, агрокультурные машины и др.) и использовании закономерностей их взаимодействия.

Цель исследований – обобщение информации о внедрении и практическом использовании цифровых решений, в том числе роботизированных технических средств в садоводстве.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использованы Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и про-

довольствия, Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы (ФНТП), информация об инновационных разработках ведущих научных и образовательных учреждений Минобрнауки России, Минсельхоза России и других организаций.

Результаты исследований и обсуждение

Ученые ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», ФГБОУ ВО «Тамбовский ГТУ», ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова», ФГБОУ ВО МФТИ, ФИЦ питания и биотехнологии, Института медико-биологических проблем РАН, ТГУ имени Державина и других ведущих научных центров и вузов страны работают над усовершенствованием системы управления «Умный сад» на основе искусственного интеллекта для садов промышленного типа.

Первую пилотную концепцию «Умного сада» представили ученые Мичуринского ГАУ. Проектом предусматривалось создание полигона с установкой, включающей в себя микроскопические датчики (сенсоры и чипы) контактного и бесконтактного действия. Установка обеспечивает непрерывный комплексный мониторинг на местном уровне, что позволяет следить за состоянием каждого плода (саженца или дерева) на протяжении всего жизненного цикла, учитывать потребности во влаге, элементах питания, выявлять наличие болезней, возбудителей и вирусов. Широкое использование роботизированных мобильных платформ и манипуляторов исключает участие человека в большинстве технологических операций. Обмен данными, управление локальными системами мониторинга, а также производственными процессами будет осуществляться на базе интернета вещей путем использования искусственного интеллекта [10].

Многие российские компании стали активно использовать цифровые технологии в промышленном масштабе. Анализ снимков карты NDVI (карта показателей количества фотосинтетически активной биомассы – рассчитывается по спутниковым снимкам и зависит от того, как расте-

ния отражают и поглощают световые волны разной длины) десятков тысяч гектаров садов используется для подсчета количества растений и плодов, что позволяет своевременно решать проблемы вспашки, плохих всходов, сроков внесения удобрений, недостаточности зеленой массы, определять очаги распространения болезней и вредителей, прогнозировать с достаточно высокой степенью точности урожай, планировать уборочные работы, транспортные услуги, складские мощности и т.д. (рис. 1) [11].

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», ФИЦ «Почвенный институт имени Докучаева» и Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН) в совместных исследованиях применили космическое зондирование земель, занятых садами, для определения перспективы их использования по степени оптимальности. На основе результатов исследований созданы рельефные карты территории Краснодарского края и Северного Кавказа (по 13 показателям) по высоте над уровнем моря, крутизне и экспозиции склона. Применяемая в исследованиях географическая информационная система способствует принятию правильного решения о том, в какой точке сада (поля) можно получить больший или меньший урожай, как минимизировать риски снижения

продуктивности культур и сортов в условиях колебания климата и изменения среды выращивания [8].

Научная группа департамента анализа данных и машинного обучения Финансового университета при Правительстве России и отдела интеллектуализации, автоматизации и роботизации сельскохозяйственного производства ФГБНУ ФНАЦ ВИМ в технологическом партнерстве с Microsoft в 2021 г. запустили проект умного робота для сбора урожая яблок.

Нейросетевой алгоритм робота способен обнаруживать более 97% и собирать до 90% плодов, при этом доля «ложных срабатываний», когда система принимает за яблоко фоновый объект, составляет всего 3,5%. Повышение качества обнаружения плодов стало возможно благодаря использованию прогрессивных алгоритмов искусственного интеллекта, в частности, глубоких сверточных нейронных сетей, которые сочетают в себе способности к распознаванию объектов по цвету, текстуре и форме. Для обучения нейросетей использовалось облако Microsoft Azure, что позволило значительно ускорить этот процесс, а также снизить стоимость разработки по сравнению с использованием локальных мощностей.

Созданный специалистами ФНАЦ ВИМ робот предназначен для работы в интенсивных садах с кронами

высотой 1,5-2 м. При помощи манипуляторов, оснащенных захватами, он начинает сбор плодов с верхнего яруса. Среднее время сбора одного плода составляет 10 с, за 1 ч робот может собрать до 288 кг (рис. 2).

В дальнейшем ученые планируют разработать аналогичные алгоритмы для сбора груш и томатов. Кроме того, рассматривается возможность использования устройства для мониторинга урожайности и распознавания основных болезней культур. Планируемая цена робота в среднем в 7 раз ниже, чем у зарубежных аналогов, а окупаемость для европейских хозяйств составляет около года [12].

Ученые Мичуринского ГАУ совместно со Сколковским институтом науки и технологий разработали приложение, позволяющее методом оптической оценки определить текущее состояние дерева – проанализировать, как формируется крона, увидеть проблемные участки, выявить заболевания и методы их лечения. По мнению специалистов, разработка имеет большие перспективы на рынке, особенно на фоне ежегодного увеличения площадей, занятых многолетними плодовыми насаждениями. Применение новой разработки в садоводческих хозяйствах планируется начать в 2022 г. [13].

Еще одну многолетнюю исследовательскую работу по выращиванию яблоневых садов различной степени

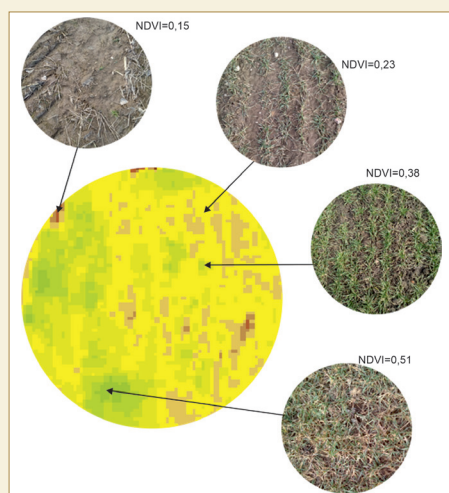


Рис. 1. Соотношение отображений NDVI в веб-платформе OneSoil и реальное состояние растений на поле



Рис. 2. Робот для сбора урожая яблок

интенсивности представили ученые Мичуринского ГАУ. Для улучшения здоровья и клонального размножения клоновых подвоев яблонь и перспективных сортов земляники были заложены и успешно выращены материнские растения, что привело к созданию более 20 низкорослых клоновых подвоев с различными темпами роста, адаптированных во многих регионах.

Однако, согласно принятым правилам, необходимо регулярно контролировать состояние насаждений и наличие первичных материнских растений выращиваемых культур. Для этого были внедрены автоматизированные и цифровые технологии на этапе термотерапии, решающим фактором которого являлось сохранение в течение всего периода режимов увлажнения, освещения и температуры в термокамере, оптимальных для роста растений.

Двухсекционная тепловая камера с изолированным слоем почвы позволяет стабильно регулировать ее температуру без дополнительного постоянного охлаждения водой, что значительно снижает ее стоимость и затраты на циркуляцию. Установка датчиков контроля влажности и подключение к ним распылительной системы позволяет автоматизировать процесс орошения, устраняя необходимость в постоянном контроле и ручном поливе, что очень важно при сохранении стабильности режима в небольших объемах слоя почвы в корневой зоне растений. Монитор позволяет контролировать процессы размножения и укоренения растений путем установки необходимых датчиков температуры, освещенности, световых спектров, сигнализирующих о состоянии окружающей среды, фиксируя состояние растений по определенным алгоритмам.

Одним из наиболее актуальных направлений развития цифровых технологий в сельском хозяйстве является использование мобильных технологий, которые позволяют специалистам обмениваться информацией, а также снизить себестоимость продукции путем оптимизации процессов, устранения непроизводительных затрат и сокращения производственных

издержек благодаря удобству связи и передачи сообщений, управлению аналитическими данными, созданию цифровых карт, возможности программирования дронов и т.д.

Фермерам, агрономам, консультантам становятся доступны новые мобильные онлайн-приложения с координатами поля, сведениями о посаженных культурах, данными о прошлых урожаях и рекомендациями по выполнению последующих операций с учетом анализа многих текущих факторов. Приложения комбинируют данные с датчиков сельскохозяйственной техники, дронов, спутников и других внешних данных. Программа помогает определить оптимальное время для посадки, внесения удобрения, мелиорации, сбора урожая, просчитать логистические показатели (время погрузки и доставки груза, температурный режим хранения и обработки продукции).

В интернете работают научные, обучающие, торговые онлайн-площадки для садоводов, такие как Antonovsad.ru, Botanichka.ru, Gardenia.ru, Greeninfo и др. Цифровая платформа Terraview предоставляет виноградарям интеллектуальные данные в режиме онлайн для устранения последствий неблагоприятных погодных явлений (затопление, засуха, заморозки и др.). Программа «Навигатор полей» предназначена для параллельного вождения сельскохозяйственной техники без дополнительного оборудования. Полевой навигатор позволяет фермеру уверенно двигаться вдоль параллельных дорожек по полю, использовать технологии точного земледелия даже в условиях плохой видимости. Границы, линии наведения, препятствия на дисплее отмечаются знаками и сохраняются на карте. Программы Agrio, Plantix созданы на основе искусственного интеллекта, по загруженной фотографии выявляют сорную растительность, вредителей, болезни растений, предлагают решение, рекомендации или помощь консультанта [14].

Кроме того, планируется запустить работу реестра федеральной собственности агропромышленного комплекса России, который позволит

объединить разрозненные сведения, упростить аналитическую работу в отрасли и оперативно принимать необходимые решения.

Выводы

1. Для дальнейшего перехода развития отечественного садоводства в интеллектуальное производство «Умный сад» требуется технологическое перевооружение всей цепочки организационной структуры отрасли, начиная с господдержки, совершенствования ресурсосберегающих технологий; оснастить отрасль современным автоматизированным и цифровым оборудованием, используя электронные системы управления и контроля оборудования беспилотными летательными аппаратами, датчиками мониторинга и консалдинга, робототехническими системами, digital-элементами и т.д.; обеспечить процесс развития высококвалифицированными кадрами и наукоемкими технологиями.

2. Внедрение модернизированных технологий в садоводстве позволит выстроить оптимальную систему выращивания, переработки, реализации, транспортировки, хранения плодово-ягодной продукции, регулировать производственные процессы в оптимальные сроки с наименьшими издержками, использовать машины и механизмы, совместимые с информационными системами и программным обеспечением, исключая многие операции ручного труда.

Список

использованных источников

1. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А. Воробьев В.Ф. Эффективность использования интенсивных технологий в садоводстве // Техника и оборудование для села. 2020. № 12 (282). С. 44-46.
2. Урожай плодово-ягодной продукции в России в 2022 году может увеличиться до 1,5 млн т [Электронный ресурс]. URL: <https://specagro.ru/news/202206/urozhay-plodovo-yagodnoy-produkcii-v-rossii-v-2022-godu-mozhet-uvelichitsya-do-15-mln-t> (дата обращения: 29.08.2022).
3. Производство плодов и ягод в России увеличилось на 22,2% [Электронный

ресурс]. URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/news/proizvodstvo-plodov-i-yagod-v-rossii-uvelichilos-na-22-2> (дата обращения: 12.11.2021).

4. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2030 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://fntp-mcx.ru/about.html> (дата обращения: 29.08.2022).

5. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 48 с.

6. **Velibekova L.A., Dogeev G.D., Kaziyev R.A.** Development ways of industrial horticulture in Russia in the conditions of the economy digitalization // OP Conf. Series: Earth and Environmental Science 650 (2021) 012011.

7. **Фокша И., Лушникова М.** Будущее за садами [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/15132/> (дата обращения: 05.02.2022).

8. **Kondratieva O.V., Fedorov A.D., Fedorenko V.F., Slinko O.V.** Using digital technologies in horticulture // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture Сер. 3. 2021. С. 032033.

9. Мониторинг и прогнозирование в области цифрового сельского хозяйства

по итогам 2018 г. / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А.С. Креймер. Краснодар: КубГАУ, 2019. 100 с.

10. Что такое индекс NDVI и как он делает жизнь фермера проще [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.onesoil.ai/ru/what-is-ndvi> (дата обращения: 22.07.2022).

11. The project «Smart garden» of Michurinskiy State Agricultural University – Russian innovations in horticulture [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agromir-XXI/novosti/proekt-umnyi-sad-michurinskogo-gau-innovacii-v-rossiiskom-sadovodstve.html> (дата обращения: 26.04.2022).

12. 2020: Создание умного робота для сбора яблок с применением Microsoft Azure [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru> (дата обращения: 25.07.2022).

13. Технологии будущего: аграрии смогут выявлять болезни плодовых деревьев с помощью гаджетов [Электронный ресурс]. URL: <https://dev-mcx.ru/news/rasteniyevodstvo/tekhnologii-budushchego-agrarii-smogut-vyavlyat-bolezni-plodovykh-derevьев-s-pomoschyu-gadzhetov> (дата обращения: 25.04.2022).

14. **Kondratieva O.V., Fedorov A.D., Slinko O.V., Voytyuk V.A., Alekseeva S.A.** // New solutions in the horticultural industry // IOP Conference Series: Earth and Environ-

mental Science : International Scientific and Practical Conference on Ensuring Sustainable Development: Agriculture, Ecology and Earth Science (AEES 2021). Т. 1010. Вып. 119. April 2022.

New Digital Solutions in the Development of Domestic Horticulture

O.V. Kondratieva, A.D. Fedorov, O.V. Slinko, V.A. Voytyuk
(Rosinformagrotekh)

Summary. *The issues of development of domestic horticulture through the use of modern technologies, including digital ones, are considered. Innovative control systems "Smart Garden" based on artificial intelligence for industrial-type gardens have been presented by Michurinsk SAU, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Dokuchaev Soil Science Institute, Space Research Institute, VIM and other leading scientific centers and universities of the country. The advantages of using digital technologies in horticulture are shown, as well as the requirements for the effective cultivation of the main types of fruit and berry crops.*

Keywords: *agriculture, gardening, digitalization, smart garden, artificial intelligence, information technology.*



КормВет **экспо 2022**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА КОРМОВ, КОРМОВЫХ ДОБАВОК,
ВЕТЕРИНАРИИ И ОБОРУДОВАНИЯ**

25 - 27 октября

г. Москва, МВЦ Крокус ЭКСПО, павильон 2



Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас на выставку «КормВет», которая создана специально для профессионалов в области животноводства и птицеводства.

Ведущие производители и поставщики ветеринарных препаратов и инструментария, кормов и кормовых добавок, промышленного и лабораторного оборудования представят у нас свою продукцию и инновационные решения в условиях современных реалий.

Уверены, что наша выставка придаст новый импульс развитию вашего бизнеса!

Директор выставки «КормВет»
Соколова Татьяна Геннадиевна



ВЕТЕРИНАРНЫЕ ПРЕПАРАТЫ



КОРМА



КОРМОВЫЕ ДОБАВКИ



ОБОРУДОВАНИЕ



feedvet-expo.ru



ПРОВОДИТСЯ ПОД ПАТРОНАТОМ НАЦИОНАЛЬНОГО КОРМОВОГО СОЮЗА

**Организатор выставки
ООО "ДЕКАРТС СИСТЕМ"
119049, г. Москва,
Ленинский проспект, 2/2А, офис 326**

**Тел.: +7 (499) 236-72-20
Тел.: +7 (499) 236-72-50
Тел.: 8-800-100-72-50
E-mail: info@feedvet-expo.ru**

УДК 664

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-22-27

Перспективные наилучшие доступные технологии в сфере переработки сельскохозяйственного сырья

Н.П. Мишуров,

канд. техн. наук,
первый зам. директора,
mischurov@rosinformagrotech.ru

Л.Ю. Коноваленко,

ст. науч. сотр.,
konovalenko@rosinformagrotech.ru

Л.А. Неменушная,

ст. науч. сотр.,
nemenushchaya@rosinformagrotech.ru
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

Аннотация. Рассмотрены современные ресурсо- и энергосберегающие технологии для предприятий по переработке мяса, молока, рыбы, масличного и плодовоовощного сырья, производству сахара, которые могут быть рекомендованы как перспективные при актуализации информационно-технических справочников по НДТ в сфере АПК. Показана их экономическая и экологическая эффективность.

Ключевые слова: наилучшие доступные технологии, пищевая и перерабатывающая отрасли промышленности, экологическая безопасность, энергоэффективность, ресурсосбережение.

Постановка проблемы

Пищевая и перерабатывающая промышленность является стратегически важной составляющей экономики России и включает в себя более 30 отраслей, в рамках которых ведут деятельность около 32 тыс. предприятий различных организационно-правовых форм и масштабов производства. В разрезе экологической безопасности для них характерны выбросы в атмосферу оксида углерода, диоксида серы, твердых веществ и оксида азота, загрязнение водоемов хлоридами, органическими веществами, сульфатами. Ежегодно в пищевой и перерабатывающей промышленности скапливается

около 20 млн т отходов производства и потребления [1].

Перспективные технологии представляют собой технологические процессы, технические способы, методы, которые могут в будущем предоставить ряд преимуществ с экономической или экологической точки зрения: экономия энергии, воды, сырьевых ресурсов, предотвращение (сокращение) эмиссий в окружающую среду, снижение образования отходов и др. В ходе решения задач по предотвращению и снижению негативного промышленного воздействия на окружающую среду в мировой практике признано эффективным использование экологического нормирования с учетом концепции наилучших доступных технологий (далее – НДТ) [2]. В Российской Федерации уже осуществлена масштабная разработка нормативно-правовой базы, которая обеспечивает переход промышленности на принципы наилучших доступных технологий. Одним из этапов данного процесса стало создание и утверждение в 2015-2017 гг. отраслевых информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям (далее – ИТС НДТ), в том числе для некоторых отраслей пищевой и перерабатывающей промышленности [3]. Исходя из того, что за прошедший период времени произошли определенные изменения в технико-технологическом обеспечении АПК, а также с учетом накопленного опыта внедрения НДТ и использования разработанных справочников назрела необходимость в их обновлении, актуализации. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 июня 2022 г. № 1537-р актуализация ИТС НДТ в сфере пищевой и перерабатывающей промышленности должна будет осуществляться

в 2023-2024 гг. [4] путем разработки новых или пересмотра отдельных разделов уже имеющихся справочников, в том числе раздела, касающегося перспективных технологий.

Статья 1 ФЗ-219 дает следующее определение: «Наилучшая доступная технология – технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники, и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения» [5]. Таким образом, НДТ направлены, прежде всего, на обеспечение охраны окружающей среды, сведение к минимуму негативных последствий производственных процессов, в том числе путем повышения энерго- и ресурсоэффективности, сокращения потребления природных ресурсов и повышения уровня вовлечения отходов производства и потребления в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья. Задачи повышения эффективности производства и ресурсосбережения на сегодняшний день обретают особую значимость. Рынок и контролирующие организации диктуют свои правила, поэтому даже самое современное предприятие находится в непрерывном поиске оптимизации технологического процесса.

Критерии отнесения объектов, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящихся к областям применения наилучших доступных технологий, к объектам I категории, впервые были установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г.

№ 1029 и обновлены постановлением от 31 декабря 2020 № 2398 [7].

В настоящее время из предприятий пищевой отрасли в эту категорию включены объекты по переработке и консервированию мяса в части, касающейся выполнения работ по убою животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях; производству мясопродуктов, растительных и животных масел и жиров, продукции из картофеля, фруктов и овощей, молочной продукции, продукции из сахарной свеклы, рыбы и морепродуктов. Исключением являются объекты данных направлений деятельности, осуществляющие сбросы загрязняющих веществ в составе сточных вод в централизованные системы водоотведения или водные объекты с использованием локальных очистных сооружений (ЛОС), на которых обеспечивается очистка сточных вод в соответствии с водным законодательством и законодательством в области охраны окружающей среды.

В сахарной промышленности действие НДТ распространяется на предприятия с проектной производительностью 300 т готовой продукции в сутки (среднеквартальный показатель) и более, или 1500 т готовой продукции в сутки при осуществлении

указанной деятельности не более 180 дней в году [7].

Цель исследований – анализ перспективных технологических и технических решений для производства пищевой продукции, имеющих природоохранную, ресурсо- и энергосберегающую эффективность, разработка предложений по их включению в ИТС НДТ в сфере пищевой и перерабатывающей промышленности.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использовались данные ИТС 43-2017 «Убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях, побочные продукты животноводства», ИТС 44-2017 «Производство продуктов питания» и ИТС 45-2017 «Производство напитков, молока и молочной продукции», Европейских справочников НДТ (BREF – BAT reference documents) в сфере переработки сельскохозяйственного сырья, исследований отраслевых НИИ, российских и зарубежных компаний, занимающихся разработкой технологий и производством оборудования для пищевой и перерабатывающей отраслей АПК.

Исследования проводились методами информационного анали-

за и синтеза, экспертизы, информационно-аналитического мониторинга.

Результаты исследований и обсуждение

Наилучшие доступные технологии для направлений деятельности предприятий I категории были отобраны и включены в информационно-технические справочники: ИТС 43-2017 «Убой животных на мясокомбинатах, мясохладобойнях, побочные продукты животноводства», ИТС 44-2017 «Производство продуктов питания» и ИТС 45-2017 «Производство напитков, молока и молочной продукции» [7].

Помимо технологий, которые уже вошли в перечень используемых НДТ, есть ряд технологических разработок – перспективных технологий, которые пока не имеют широкого применения, но представляют интерес для дальнейшего развития пищевой промышленности в части экологизации производства.

В таблице представлены зарубежные технологии, которые могут быть рекомендованы в качестве перспективных для перечисленных областей применения НДТ при актуализации соответствующих ИТС НДТ.

Перспективные технологии для предприятий по переработке сельхозпродукции в разрезе НДТ

Технология	Описание	Экологический и экономический эффект
Убой и первичная переработка скота и птицы		
Использование биореакторов с гетеротрофными микроводорослями при очистке сточных вод [8]	Преобразуют органические вещества, азот и фосфор в сточных водах в биомассу, пригодную для производства энергии (например, биодизель). Внутри биореактора культивирование гетеротрофных микроводорослей происходит под действием солнечного света и CO ₂ , при этом образуется биомасса микроводорослей, состоящая из липидов, жирных кислот, белков и пигментов. Химический состав микроводорослевого ила следующий: белок (32 %), липиды (15 %), углеводы (16 %), минеральные вещества (22 %) и влага (15 %). Ил с таким составом считается потенциальным источником одноклеточных белков и масел для биоперерабатывающих заводов	Технология требует низкого энергопотребления, способствует частичному удалению азота и фосфора из сточных вод. Согласно данным исследователей, при обработке сточных вод бойни птицы и свиней эффективность удаления ХПК, N-ТКН и P-PO ₄ ³⁻ составила соответственно 97,6; 85,5 и 92,4%. Кроме того, наблюдалась продуктивность микроводорослевого ила 0,27 кг/м ³ в сутки
Использование микробных топливных элементов при очистке сточных вод [8]	Микробные топливные элементы (МТЭ) – устройства, которые используют бактерии в качестве катализатора для преобразования органических веществ в электричество. Микробный топливный элемент обычно состоит из двух камер: анаэробной анодной и аэробной катодной, разделенных ионопроводящими сепараторами (протонообменная мембрана, ПОМ)	Экологические преимущества данной технологии – производство возобновляемой энергии, снижение содержания ХПК, БПК, взвешенных веществ и общего азота в сточных водах. Максимальная генерируемая плотность мощности составляет около 700 МВт/м ²

Продолжение таблицы

Технология	Описание	Экологический и экономический эффект
Суперохлаждение мясной продукции [8]	Метод охлаждения, характеризующийся понижением температуры продукта чуть ниже точки его заморозания. Технология суперохлаждения сочетает в себе благоприятное воздействие низких температур с превращением части воды в лед, что делает продукцию менее подверженной процессам порчи. Суперохлаждение занимает промежуточное положение между обычным охлаждением и заморозкой. Рабочие температуры – чуть ниже температуры заморозания продуктов: например, для жаркого из свинины – -2°C , вяленой корейки – $-3,5$, свиных ножек – $-1,1^{\circ}\text{C}$	Технология требует меньших затрат энергии по сравнению с заморозкой. Потребление энергии, необходимой для суперохлаждения, составляет примерно треть от энергии, необходимой для традиционного замораживания. Расход хладагента превышает 1 кг N_2 на 1 кг перерабатываемого продукта. Относительно короткий период внедрения в существующие производственные линии. Продлевает срок годности мясного продукта в 1,4-4 раза по сравнению с традиционными методами охлаждения мяса
Гидротермальное сжижение побочных продуктов [8]	Гидротермальное сжижение (ГТС) представляет собой метод разложения и valorизации биомассы, сравнимый с газификацией и пиролизом. Это процесс, в котором используется горячая ($300-400^{\circ}\text{C}$) сконденсированная вода под давлением ($40-200$ бар) для преобразования биомассы в термически стабильный нефтепродукт, также известный как бионефть, которая может быть термокаталитически улучшена до углеводородных топливных смесей. ГТС ускоряет естественное разложение органического вещества с образованием углеводородов с высокой добавленной стоимостью (бионефть) из относительно влажной биомассы в присутствии катализатора и водорода за несколько минут. Типичный продукт может содержать 10-73 масс.% биосырой нефти, 8-20 масс.% газа и 0,2-0,5 масс.% полукокса. Полученная бионефть содержит меньше кислорода, чем бионефть, полученная путем пиролиза	Преимущества этого метода перед традиционным пиролизом: меньшее потребление энергии (поскольку нет необходимости сушки); лучшее разделение бионефти и водной фазы; бионефть имеет более низкое содержание O_2 , серы и воды по сравнению с пиролизной нефтью. В конкретном случае использования биомассы водорослей в качестве сырья экологические преимущества заключаются в следующем: сокращение количества отходов; энергоэффективность 85-90%; обработка биомассы различного происхождения (например, отходы бойни могут быть добавлены к отходам молочного завода)
Переработка молока		
Использование системы вытеснения (пиггинг-системы) при очистке оборудования [9-12]	Системы вытеснения механически очищают технологическое оборудование с помощью специальных скребков, их установка не требует больших затрат времени и быстро окупается за счет экономии продукции и воды. Система идеально вписывается в безразборную очистку трубопровода от продукта, оставшегося в трубах после производственного процесса. Ещё одним преимуществом применения системы является сокращение сливаемой в очистные сооружения жидкости, обеспечивающее экономию электроэнергии и воды. Подобные системы изготавливают компания «Кизельманн», завод ООО «Протемол» и др.	При работе с вязкими продуктами (сметана, йогурт), используя «классическую» методику мойки, предприятия теряют до 70% готового продукта, пиггинговая система устраняет эту проблему. Ее применение увеличивает выход готового продукта за счет максимального его извлечения из технологического оборудования; улучшает его качество (отсутствует размывание); снижает потребление воды путем сокращения загрязнений и ее возврата при обратном ходе скребка, толкателя; обеспечивает возможность оперативного управления партиями продукта и подачи без смешанной фазы; уменьшает объем образующихся сточных вод
Применение замкнутых систем водопотребления (ЗСВ) [13]	Замкнутые системы водопотребления (ЗСВ) включают в себя: технологический цикл водоиспользования (ТЦВ); оборотную систему водопотребления (ОСВ). Основная цель создания ТЦВ – минимальный забор свежей воды за счёт возврата технологических сточных вод в один из технологических процессов производства, использования очищенной сточной воды в производстве, частичного сброса сточных вод на очистные сооружения. Схема ОСВ одинакова для всех предприятий и отличается только объемами циркулируемой воды и оборудованием, для которого её используют	Основным недостатком ЗСВ является накопление минеральных и органических веществ в циркулируемой воде. Для предупреждения этого предусматривается частичный сброс её на очистные сооружения и пополнение системы природной или технической водой. Внедрение подобных схем возможно только на экономически эффективных, самокупаемых, безотходных или малоотходных предприятиях с комплексной переработкой сырья. Должна быть предусмотрена обработка оборотной системы водоснабжения каустиком с целью устранения слизееобразования не реже одного раза в квартал

Продолжение таблицы

Технология	Описание	Экологический и экономический эффект
Применение мокрого пылеуловителя (скруббера) при производстве сухого молока [14, 15]	Существенные потери сухого молока (особенно обезжиренного, а тем более сыворотки) наиболее эффективно ликвидировать за счет применения мокрого пылеуловителя (скруббера). В качестве орошающей жидкости наиболее целесообразно использовать продукт, который в дальнейшем будет подвергнут сгущению и сушке	Скруббер обеспечивает не только максимальное пылеулавливание (до 99,5%), но и дополнительное испарение воды в количестве, составляющем около 30-50% от производительности сушильной установки (по испаренной влаге). Температура отработанного в сушилке теплоносителя снижается с 75-90 до 55-57 °С. Чем больше перепад температур, тем большую испарительную способность имеет скруббер. При наличии скруббера производительность сушилки по готовому продукту может быть увеличена на 6,5-7%. При работе сушилки (при минимальном поступлении сырья) около 1000 ч в год количество дополнительно полученного сухого молока составит примерно 58 т
Флодоовощная промышленность		
Рециркуляция воды на этапе мойки свежесрезанных овощей после обработки O_3/UV [16]	Промывная вода из рециркуляционного бака сначала обрабатывается озоном, который уничтожает микроорганизмы путем окисления жизненно важных компонентов клеток, предотвращая тем самым рост микробов, и окисляет органические вещества, растворенные в промывочной воде. Затем обработка УФ-излучением, которая удаляет оставшийся растворенный озон в воде, предотвращая любое повреждение минимально обработанных овощей и дополнительно стерилизует сточные воды. Потребление энергии для получения озона и эффективного растворения в воде составляет 4,59 МДж на 1 м ³ озонированной воды. Необходимый гигиенический уровень промывной воды поддерживался в течение 90 мин. Инвестиции в полную систему O_3/UV (генератор озона, гидрокинетический смеситель, контактная колонна, разрушитель озона в воздухе, УФ-система, мониторинг озона) для обработки 4 м ³ /ч с концентрацией озона 12 ppm со временем удерживания 2,5 мин могут составлять около 70 тыс. евро	Уменьшается потребление воды примерно на 22%. Обработка озоном эффективна для последующей очистки сточных вод, она окисляет большую часть органических веществ, уменьшая содержание в них ХПК на 35%. Не требуется добавление химических препаратов. Увеличение энергопотребления из-за обработки O_3/UV компенсируется за счет снижения потребления электроэнергии, связанного с подачей технологической воды (перекачка воды, её очистка и охлаждение), и снижения энергопотребления при очистке сточных вод. Обработка озоном и ультрафиолетовым излучением также оказывает положительное влияние на разложение пестицидов. В экспериментальном испытании концентрация ортофенилфенола была снижена до значений ниже 0,1 мг/л
Использование нейтральной электролизованной окисляющей воды (NEOW) для мойки салатов [16]	Применение для мойки салатов нейтральной электролизованной окисляющей воды (NEOW), получаемой электролизом разбавленного раствора соли. Эффективным компонентом NEOW является хлорноватистая кислота (HClO). HClO проникает в клеточную стенку микроорганизмов и как сильный окислитель разрушает мембранные транспортные белки, в результате чего нарушается синтез белка внутри клетки	Сводится к минимуму применение хлора. Биоразложение HClO в гидроксид натрия. Не требуется обработка сточных вод активированным углем. Они могут подаваться непосредственно на муниципальную станцию очистки
Сахарная промышленность		
Рециркуляция воды [16]	Повторное использование воды для очистки, промывки, охлаждения. Сливную воду можно повторно использовать примерно 20 раз, обычно только после промежуточной очистки через отстойники. Из-за образования соединений органических кислот необходима коррекция pH в сточной воде, кроме биологической очистки. Снижение количества травмированных корнеплодов при транспортировке уменьшает выщелачивание сахара в транспортную воду и уровень ХПК сточных вод. Конденсат со стадий выпаривания и кристаллизации можно частично использовать в качестве технологической воды	Обеспечивает снижение потребления чистой воды и загрязнения сточных вод. Снижение затрат, связанных с очисткой сточных вод. Можно добиться расхода воды ниже 0,2 м ³ на 1 т обработанной свеклы

Технология	Описание	Экологический и экономический эффект
Снижение загрязнения сахарной свеклы почвой, камнями [16]	Обработка свеклы требует больших затрат энергии и воды. При использовании современных комбайнов можно достичь 5%-ной загрязненности корнеплодов почвой практически при любых погодных условиях. Селекционное улучшение формы сахарной свеклы (минимизация бороздки) обеспечивает меньшее прилипание почвы	Уменьшение количества отходов и потребления воды и энергии, снижение загрязненности сточных вод
Масложировая промышленность		
Экстракция с использованием 2-метилтетрагидрофурана (MeTHF) [16]	Представляется многообещающей альтернативой гексану для экстракции растительных масел. MeTHF, производимый из биомассы, такой как кукурузные початки, жмых сахарного тростника или шелуха овса, может быть синтезирован из леволиновой кислоты или фурфурола, полученного из сахаров C5 и C6 целлюлозы, и разлагается на солнце и воздухе	Является одним из «зеленых» растворителей на биологической основе
Использование этанола в качестве растворителя [16]	Энергоэффективная «зеленая технология» экстрагирования масличных материалов семян подсолнечника биоэтанолом	Позволяет значительно улучшить качество продукции из рапсового масла и рапсового концентрата. Кроме того, направлена на выделение новых извлекаемых веществ которые ранее нельзя было получить из семян рапса, таких как вторичные компоненты растений или белковые фракции
Сверхкритическая экстракция [16]	Процесс происходит в закрытой системе. Экстракт отделяют от углекислого газа в две стадии: сначала гравитационно, затем центрифугированием. После этого углекислый газ снова охлаждают для сжижения и рециклируют	Данный метод оказывает менее вредное воздействие на активные вещества по сравнению с методами, использующими тепло и (или) химические вещества
Рыбоперерабатывающая промышленность		
Удаление жира и внутренних органов с помощью вакуума [16]	Использование вакуумного отсоса вместо воды для удаления жира и внутренностей из рыбы	Уменьшенный расход воды. Снижение загрязнения сточных вод. Минимизация отходов, т.е. побочные продукты могут быть проданы для производства рыбной муки. Достигается снижение нагрузки загрязняющих веществ на 30-50%. Энергозатраты выше, чем при традиционном удалении головы путем разрезания и промывания внутренностей
Использование отфильтрованных оборотных сточных вод для предварительного ополаскивания рыбы [16]	Сточные воды от чешуи фильтруются и возвращаются для предварительного ополаскивания рыбы	Экономия воды до 70%
Сухая транспортировка жира, внутренностей, кожи и филе [16]	Вместо использования транспортной воды при филетировании, снятии шкуры и удалении жира и внутренностей можно либо установить конвейер под каждой линией, либо один фильтрующий конвейер может обслуживать все машины	Снижение загрязнения сточных вод на 29-52%. Минимизация отходов, т.е. собирается большое количество товарного побочного продукта, который может быть использован для производства рыбной муки

Выводы

1. В России область применения используемых и перспективных НДТ для пищевой и перерабатывающей отраслей АПК распространяется на предприятия: по переработке и консервированию мяса в части, касающейся выполнения работ по убою животных на мясокомбинатах, мя-

сохладобойнях; производству мясопродуктов, растительных и животных масел и жиров, продукции из картофеля, фруктов и овощей, молочной продукции, продукции из сахарной свеклы, рыбы и морепродуктов.

2. Перспективными НДТ для предприятий мясной промышленности являются: использование биореакторов

с гетеротрофными микроводорослями для преобразования органических веществ из сточных вод в биодизель; преобразование органических веществ в электричество с помощью микробных топливных элементов; гидротермальное сжижение побочных продуктов переработки мяса и суперохлаждение мясной продукции.

3. В молочной промышленности для значительного уменьшения объема потребления воды и образования сточных вод перспективно использование систем вытеснения (пиггинг-системы) при очистке оборудования и замкнутых систем водопотребления.

4. Перспективными технологиями для плодоовощной промышленности в качестве НДТ за рубежом признаны технологии обработки рециркуляционной воды на этапе мойки свежесрезанных овощей озоном и ультрафиолетом (уменьшается потребление воды примерно на 22%, содержание ХПК в сточных водах – на 35%); при использовании нейтральной электролизованной окисляющей воды для мойки салатов сводится к минимуму применение хлора.

5. В целях снижения потребления воды и энергии, загрязненности сточных вод на предприятиях сахарной промышленности перспективно использование систем рециркуляции воды, а также на этапе уборки применение современной высокоэффективной техники и селекционное улучшение формы сахарной свеклы (минимизация бороздки).

6. В масложировой промышленности в качестве НДТ перспективно использовать при экстракции масла растворители на биологической основе (2-метилтетрагидрофуран, этанол) или сверхкритический диоксид углерода, являющиеся альтернативой экологически небезопасному гексану.

7. Удаление жира и внутренних органов с помощью вакуума при переработке рыбы и морепродуктов позволяет снизить нагрузку загрязняющих веществ на 30-50%, а использование отфильтрованных оборотных сточных вод для предварительного ополаскивания рыбы – сэкономить до 70% воды.

Список

использованных источников

1. Коноваленко Л.Ю. Анализ экологической безопасности пищевых производств. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 176 с.
2. Федоренко В.Ф., Мишуrow Н.П., Кузьмина Т.Н., Коноваленко Л.Ю. Международный опыт разработки прин-

ципов наилучших доступных технологий в сельском хозяйстве. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 160 с.

3. Распоряжение Правительства России от 31 октября 2014 г. № 2178-р «О поэтапном графике создания в 2015-2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий (с изменениями и дополнениями)» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70785648/> (дата обращения: 10.06.2022).

4. Распоряжение Правительства России от 10 июня 2022 г. № 1537-р «Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_419088/ (дата обращения: 15.06.2022).

5. Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_165823/ (дата обращения 25.06.2022).

6. Постановление Правительства России от 31 декабря 2020 г. № 2398 «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400167826/> (дата обращения 31.06.2022).

7. Справочники НДТ (ИТС-41-45-2017) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosinformagrotech.ru/informatsionno-tekhnicheskie-spravochniki> (дата обращения: 31.06.2022).

8. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Slaughterhouses, Animal By-products and Edible Co-products Industries [Электронный ресурс]. URL: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-06/SA-BREF-20210629.pdf> (дата обращения: 01.07.2022).

9. Федоренко В.Ф., Мишуrow Н.П., Немушная Л.А. Инновационные технологии, процессы и оборудование для производства молочной продукции: брошюра. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 140 с.

10. Петухова М.С., Коваль С.В. Приоритетные направления устойчивого

сельскохозяйственного производства Новосибирской области // Экономика сел. хоз-ва России. 2022. № 1. С. 54-59.

11. Компания «Кизельманн». Системы вытеснения [Электронный ресурс]. URL: <https://kieselmann.ru/pigging> (дата обращения: 10.02.2022).

12. Завод ООО «Протемол». Системы вытеснения [Электронный ресурс]. URL: <https://protex.ru/pig-sistema-vytesneniya> (дата обращения: 10.02.2022).

13. Сушкова В.И. Основные принципы создания замкнутых систем водопотребления на предприятиях // Chronos: естественные и технические науки. 2019. № 1 (23). С. 24-33.

14. Бурыкин А.И., Бурыкина Е.А. Глубокая очистка отработанного теплоносителя сушильных установок – важнейшее условие экологичности предприятий // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством: сб. науч. трудов под ред. А.Г. Галстяна. М.: ВНИМИ, 2020. Вып. 1. С. 79-85.

15. Будрик В.Г., Бурыкин А.И. Модернизация пищевой отрасли на примере молочно-консервного предприятия // Пищевая пром-ть. 2017. №11. С. 16-19.

16. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries [Электронный ресурс]. URL: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-01/JRC118627_FDM_Bref_2019_published.pdf (дата обращения: 01.07.2022).

Promising best available technologies in the field of processing of agricultural raw materials

N.P. Mishurov, L.Yu. Konovalenko,
L.A. Nemenushaya
(Rosinformagrotekh)

Summary. Modern resource- and energy-saving technologies for enterprises processing meat, milk, fish, oilseeds and fruit and vegetable raw materials, sugar production, which can be recommended as promising when updating information and technical manuals on BAT in the field of agriculture, are considered. Their economic and environmental efficiency is shown.

Keywords: the best available technologies, food and processing industries, environmental safety, energy efficiency, resource conservation.

УДК 631.173

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-28-32

Повышение уровня технического обслуживания энергонасыщенной техники

Ю.В. Катаев,

канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
ykataev@mail.ru

М.Н. Костомахин,

канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
redizdat@mail.ru

Н.А. Петрищев,

канд. техн. наук,
вед. науч. сотр.,
gosniti14@mail.ru

А.С. Саяпин,

мл. науч. сотр.,
comaconcrsas@mail.ru

К.К. Молибоженко,

инженер,
k.k.molibozhenko@yandex.ru
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Аннотация. Приведен анализ и представлены предложения для повышения уровня технического обслуживания при реализации закона 297-ФЗ ст. 11 за счет улучшения контролепригодности и приспособленности к диагностированию ресурсопределяющих узлов отечественной энергонасыщенной техники.

Ключевые слова: счётчик-индикатор, энергонасыщенная техника, модернизация, контролепригодность, приспособленность к диагностированию.

Постановка проблемы

Принятый и вступивший в силу 03.07.2022 Федеральный закон от 02.07.2021 № 297-ФЗ «О самоходных машинах и других видах техники» (далее – закон 297-ФЗ), устанавливающий правовые и организационные основы деятельности в области технического состояния и эксплуатации самоходных машин и других видов техники, в том числе связанные с допуском к эксплуатации самоходных машин [1], требует, по нашему мнению, детальной проработки для его эффективного применения.

В условиях современных технико-экономических форм взаимодействия между владельцем и производителем применение данного закона приведет к коренной оптимизации системы обслуживания и ремонта с учетом Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России до 2030 года, приоритетов направления научно-технического развития отечественного тракторостроения [2, 3].

В рамках принимаемого закона должны быть обеспечены техническое сопровождение техники, достоверный контроль состояния и соблюдения правил эксплуатации, что позволит с высокой долей вероятности характеризовать базовые эксплуатационные показатели надёжности, выражаемые в коэффициентах готовности и технического использования, а также минимизировать стоимость владения.

В настоящее время на эффективность и своевременность сервисного обслуживания оказывают влияние следующие негативные факторы:

- отсутствие в эксплуатационных документах производителей критериев (например, по РТМ 70.0001246 [4]) и актуальной информации по определению предельного состояния узлов, агрегатов, рабочих жидкостей;

- отсутствие в эксплуатационных документах рекомендуемых и утвержденных методик и оценки трудоёмкости проведения диагностирования для определения номинальных, допустимых, предельных параметров технического состояния; не приведены возможные примеры неисправностей и методы их устранения, данные по регулировкам с описанием использования рекомендуемого комплекса оборудования, приборов, инструментов, приспособлений согласно рекомендации ГОСТ 27388 (пп. 5.1, 5.9, 5.10) [5];

- прекращение централизованного крупносерийного производства отечественных средств и оборудования для диагностирования, в том числе ресурсного, осуществляемого в соответствии с ГОСТ 20793 (п. 5.8, 5.9) [6];

- отсутствие систем контроля типов работ (транспортные, сельскохозяйственные, промышленные) для оценки уровня загрузки ресурсопределяющих узлов и агрегатов.

Так, ГОСТ 27.003-2016 [7] трактует, что описание критериев отказов и предельных состояний должно обеспечивать простоту обнаружения факта отказа или перехода в предельное состояние визуальным путем или с помощью предусмотренных средств технического диагностирования (контроля технического состояния). Для практической реализации процесса диагностирования в ГОСТ 26656-85 [8] представлены варианты решения задачи обеспечения приспособленности к диагностированию.

Исходя из необходимости обеспечения требований статьи 11 закона 297-ФЗ заводам-изготовителям необходимо выработать нормы, правила и процедуры технического обслуживания и ремонта выпускаемой продукции, в соответствии с которыми в течение жизненного цикла эксплуатации будут оказываться услуги по ее техническому

обслуживанию и ремонту для обеспечения надлежащего технического состояния и безопасности.

Цель исследований – анализ состояния вопроса и возможности использования действующих ГОСТ и НТД для выработки норм, правил и стратегии технического обслуживания и ремонта энергонасыщенной техники.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований в качестве исходных данных использована информация, полученная путём сбора и обобщения данных с сайтов научных и образовательных организаций Минобрнауки России, ассоциации Росспецмаш, устанавливающая стратегические ориентиры развития страны и отрасли. Кроме того, при анализе применялась справочная и нормативно-техническая документация, разработанная ГОСНИТИ для обеспечения эффективного использования энергонасыщенной техники (на примере тракторов К-701 и их моделей) в условиях предприятий, входящих в систему ВО «Сельхозтехника», при реализации «Комплексной системы технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве» [9]. В исследовании были использованы материалы, полученные в рамках выполнения этапов тем НИР и НИОКР в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ. Исследования проводились с использованием аналитического, сравнительного и информационно-логического анализа информации, а также на основе полученных данных в ходе проведения экспериментов.

Результаты исследований и обсуждение

Сервисные службы дилеров направлены, прежде всего, на обеспечение эксплуатационной надёжности за счёт проведения технического обслуживания и необходимого агрегатного ремонта в гарантийный период эксплуатации. В постгарантийный жизненный цикл техника, как правило, обслуживается, ремонтируется и утилизируется без технического сопровождения дилеров завода-производителя. Подтверждением актуальности рассматриваемого вопроса является тот факт, что во многом решающим аргументом в выборе техники (в том числе зарубежного производства) являются воз-

можность оперативного сервисного сопровождения с использованием передвижных сервисных автомобилей, оснащенных комплектом оборудования и оснастки для диагностирования и технического обслуживания, а также наличие региональных центров по ремонту компонентов, оснащенных стационарным контрольно-диагностическим, технологическим оборудованием (см. рисунок) [10].

При осуществлении добровольной сертификации услуг сервисных предприятий (ОСУ ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) выявлено, что имеющиеся на балансе контрольно-диагностическое оборудование и инженерная инфраструктура во многих случаях находятся за пределами сроков службы, что не всегда позволяет полноценно и объективно проводить контроль качества ремонта агрегатов техники новых поколений, имеющих отличные характеристики (мощность, давление, расход, алгоритм систем управления и др.), а также производить входной контроль поступающих запасных частей.

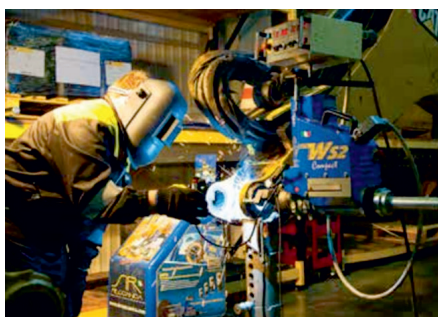
Так, по данным экономистов, если в любом производстве находится более 50 % полностью амортизированных машин и оборудования, такое производство без экономического анализа признается деградировавшим и объявляется банкротом [11].

Для повышения привлекательности сервисных услуг, осуществляемых централизованно, необходима модернизация ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) с решением острых накопившихся проблем, таких как обновление утвержденного к использованию технологического оборудования; обучение и повышение квалификации и производительности персонала.

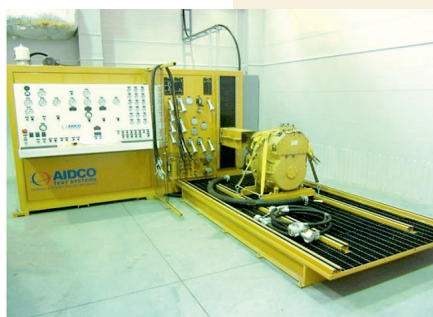
Мероприятия по обновлению контрольно-диагностического оборудования целесообразно вести совместно с дилерской и сервисной сетью предприятий-изготовителей по обозначению потребной номенклатуры под стандарты и требования базового предприятия.

При анализе в целях поиска преемственности и использования Комплексной системы технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве можно выделить три основные стратегии (табл. 1).

При анализе ГОСТ [6] выявлено, что чаще всего в инструкции по эксплуатации регламентируются ремонтно-



а



б



в

Участки центра по ремонту компонентов:

а – восстановления деталей; б – испытания гидроагрегатов и трансмиссий;
в – обкатки и испытания дизельных двигателей

Таблица 1. Стратегии (С) системы технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники [9]

Номер стратегии	Описание реализации
C ₁	После возникновения отказов для устранения их последствий
C ₂	Основаны на данных наработки силовой установки
C ₃	По фактическому состоянию, определяемому с помощью периодического диагностирования, показаний бортовых систем непрерывного контроля

обслуживающие воздействия технического обслуживания тракторов и рекомендуется стратегия C₂, которая характеризуется жестким циклом периодичности: 125, 500, 1000 мото-ч с допустимым отклонением $\pm 10\%$ (ТО1, ТО2) и $\pm 5\%$ (ТО3). К достоинствам рекомендуемой производителем техники используемой стратегии C₂ относится наличие разработок НТД, утвержденных технико-экономических обоснований при проведении регламентных работ, а также разработанный комплекс контрольно-диагностического и сервисного оборудования (на примере тракторов К-700А, К-701):

- руководящий технический материал (РТМ) определял общие критерии предельных и допустимых параметров дизельных двигателей (РТМ 10.16.0001.0008-89), тракторов и их составных частей (РТМ 70.0001.246-84);
- данные РТМ являлись основанием для разработок руководств по текущему (РТ 70.00001.059-84) и капитальному ремонту дизелей (ТК 70.0001.037-83, ТК 70.0001.048-83), гидравлических систем (ТК-70.0001.018-81), топливной аппаратуры (ТК-70.0001.107-80), шасси тракторов (ТК70.0001.071-85);
- РТ и ТК определяли перечень частных критериев, являющихся обоснованием для разработки комплекса испытательного, контрольно-диагностического оборудования (КИ), оргоснастки цехов (ОРГ), оборудования для восстановления деталей (ОВД);
- были разработаны нормы расхода для определения потребности в материалах и метизах на осуществление текущего (МТ) и капитального (МК) ремонтов;
- рекомендации по повышению эффективности использования РТМ, РТ, ТК обеспечивали руководящие документы (РД), которые были направлены на повышение качества ремонта и обеспечение его стабильности, уточняли способы и средства контроля, трудоёмкость и квалификацию персонала;
- маршрутные технологии централизованного технического обслуживания, поясняющие последовательность выполнения регламентных работ с указанием рекомендуемого технологического оборудования для участков мойки, диагностики, технического обслуживания, текущего ремонта, обслуживания аккумуляторов, топливной аппаратуры, гидросистем, шиномонтажного, сварочного и др.

К недостаткам применения стратегии C₂ на современном этапе развития ремонтно-обслуживающей базы можно отнести:

- увеличение расхода запасных частей, а также необходимость обеспечения формального подхода, не учитывающего фактический уровень использования отдельных систем при транспортных, сельскохозяйственных, промышленных работах, что приводит к снижению показателей надежности и повышает технологические риски несоблюдения агросроков при проведении полевых работ;
- для эффективного использования необходима глубокая модернизация имеющейся ремонтно-обслуживающей базы.

Анализ разработок ведущих фирм Европы и США показывает, что в настоящее время в области диагностирования развиваются две четкие тенденции: применение бортовых систем диагностирования и организация дистанционного диагностирования.

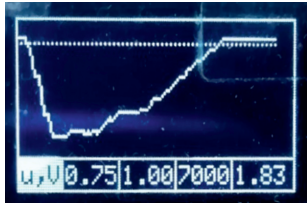
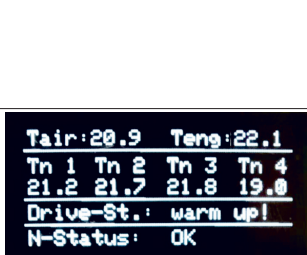
На наш взгляд, наиболее применима к современным требованиям и разработкам в области сельхозмашиностроения стратегия C₃, которая для обеспечения контроля нормируемых показателей машиноиспользования требует совершенствования методов контроля технических параметров машин за счет разработки новых диагностических средств [12, 13].

Также для успешного применения стратегии C₃ необходимы мероприятия по корректировке подходов взаимодействия между производителями техники и производителями узлов и агрегатов в информационном обеспечении конечного потребителя. С развитием информационно-коммуникационных систем для реализации задачи по информационному обеспечению жизненного цикла в высокотехнологических производствах широко используются CALS-технологии и FMEA-анализ [14-18]. Исходя из высокой актуальности задач по практической реализации CALS-технологий и FMEA-анализа, подготовлены экспериментальные образцы счетчиков-индикаторов, которые могут быть использованы для индивидуального контроля состояния отдельных узлов и агрегатов энергонасыщенных тракторов в целом [19, 20].

Проведенные постановочные опыты показали возможность использования разработанных счётчиков-индикаторов для определения исходных данных о техническом состоянии энергонасыщенной техники. Доказана возможность предупреждения о необходимости проведения внепланового технического обслуживания (табл. 2).

По результатам проведенного исследования выявлено, что с учетом действующих стратегий C₂ и C₃ в области технического обслуживания и ремонта на предприятиях существует необходимость в разработке современного встроенного бортового контрольно-диагностического оборудования, что повысит эффективность владения техникой, даст дополнительные конкурентные преимущества за счёт информационной обеспеченности и минимизацию финансовых и временных затрат на её поддержание в исправном состоянии.

Таблица 2. Перечень параметров возможного использования разработанных экспериментальных счетчиков-индикаторов для диагностирования агрегатов техники

Назначение счетчика-индикатора	Контролируемые параметры, описание работы	Фото
Тестовая оценка общего технического состояния коробки перемены передач с гидравлическим управлением по времени восстановления давления в механизме переключения передач	Определение времени восстановления давления в гидравлической системе управления КПП; определение соответствия измеренных значений номинальным, допускаемым и предельным назначенным; в случае превышения допускаемых и предельных значений сигнализирует об этом оператору	
Контроль передаточных отношений трансмиссии	Своевременное предупреждение оператора об изменении заложенных в конструкцию передаточных отношений передач, что позволяет контролировать уровень буксования ресурсопределяющих узлов – гидромеханической коробки перемены передач энергонасыщенных тракторов; контроль необходимости подключения моста; определение действительных передаточных отношений различных валов, в том числе гидростатической трансмиссии, механизма отбора мощности; оперативный контроль изменения технического состояния, что позволяет диагносту получать исходную информацию для определения и прогнозирования ресурса	
Подсчет количества включений и времени использования передач	Учет количества включений и времени использования каждой передачи. При этом на панели оператора выводятся значения: количества (режим 1)/ времени использования (режим 2) трактора на четырех передачах; общего количества включений (режим 1)/ общего времени использования (режим 2) трактора; значения в процентах на каждую передачу: на включения (режим 1)/время использования (режим 2)	
Входной контроль и тестовое определение энергетических показателей дизельного двигателя	Оценка следующих параметров: ускорение коленчатого вала на холостых оборотах при разгоне/торможении двигателя; эффективная мощность двигателя; автоматическое соблюдение внешних условий проведения измерений	
Контроль технического состояния валов, подшипников, насосов по амплитудно-фазовому методу	Сбор первичных данных о техническом состоянии кинематически связанных узлов коробки перемены передач, главной передачи ведущих мостов, двигателя; оценка минимальных и максимальных значений биений при бесконтактном измерении расстояния, износов, перекосов, прогибов вращающихся элементов, радиального зазора в подшипниках; оценка по амплитудно-фазовому методу неравномерности (пульсация давлений) в напорных магистралях гидросистем коробки перемены передач, гидропривода системы навески; преобразование полученных результатов в безразмерный коэффициент ξ , который характеризует общее техническое состояние и позволяет локализовать неисправность	
Оценка рабочей температуры узлов и агрегатов	Позволяет локализовать неисправности, аномальные перегревы при мониторинге: текущей, пороговой разницы температур; скорости изменения температур в пяти контрольных точках и более	

Важным вопросом реализации закона 297-ФЗ (ст. 11, п. 2) является разработка:

- рекомендаций, методик для совершенствования сервисного обслуживания энергонасыщенной техники;
- сервисного оборудования и комплектов счётчиков-индикаторов бортового диагностирования для оперативной оценки технического состояния конечным потребителем;
- ремонтной документации по проведению текущего и капитального ремонтов с указанием рекомендуемого оборудования для проведения выполнения работ и оценки качества ремонта;
- нормативов трудозатрат на проведение операций технического обслуживания, проведения сервисных работ.
- подходов по классификации групп отказов с указанием трудоёмкости их устранения; а также сертифицирование услуг по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники.

Выводы

1. Исходя из рассмотренных предпосылок выявлено, что для эффективной реализации Федерального закона от 02.07.2021 № 297-ФЗ необходимо совершенствовать систему технического обслуживания и ремонта путем повышения уровня контролепригодности, приспособленности к диагностированию выпускаемой техники с применением CALS-технологий и FMEA-анализа.

При этом без единой принятой системы критериев экономической эффективности и реализации организационно-технических мероприятий затруднены разработка и внедрение единых методов оценки технического состояния с учетом ГОСТ 26656-85 и вариантов решений по приспособленности к диагностированию.

2. Разработанные экспериментальные образцы счётчиков-индикаторов позволяют получать исходные данные для повышения параметров надёжности, определения и прогнозирования потребности в резервировании запасных частей, корректировать их нормы расхода с учетом особенностей эксплуатации за счёт контроля работы отдельных агрегатов и сравнения с заявленным ресурсом.

3. При разработке и выпуске новой продукции и модернизации в сельхозмашиностроении необходим комплексный подход не только для обеспечения сельхозтоваропроизводителей возможностью использования современных агротехнологий для земледельческих агрегатов, но и возможностью применения современных средств мониторинга за текущим техническим состоянием отдельных узлов и агрегатов энергонасыщенных тракторов в режиме онлайн.

Список использованных источников

1. Федеральный закон от 02.07.2021 № 297-ФЗ «О самоходных машинах и других видах техники» [Электронный ресурс]. URL: <http://ips.pravo.gov.ru:8080/default.aspx?pn=0001202107020007> (дата обращения: 01.12.2021).
2. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Дорохов А.С., Самсонов В.А. Приоритетные направления научно-

технического развития отечественного машиностроения // Техника и оборудование для села. 2021. № 2. С. 2-7.

3. Шарипов В.М., Измайлов А.Ю., Дорохов А.С. [и др.] К вопросу создания отечественного гусеничного трактора для современного сельскохозяйственного производства // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 2. С. 17-25.

4. РТМ 70.0001-246-84 Руководящий технический материал. Критерии предельного состояния тракторов и их составных частей. М.: ГОСНИТИ, 1985. 12 с.

5. ГОСТ 27388-87 Эксплуатационные документы сельскохозяйственной техники. М.: Филиал ИПУ Изд-во стандартов, 2003. 25 с.

6. ГОСТ 20793-2009 Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2011. 19 с.

7. ГОСТ 27.003-2016 Надёжность в технике. Состав и общие правила задания требований по надёжности. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2011. 19 с.

8. ГОСТ 26656-85 Техническая диагностика. Контролепригодность. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2009. 9 с.

9. Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. М.: ГОСНИТИ, 1985. 143 с.

10. ООО «Восточная Техника» (ВТ) – официальный дилер компании «Caterpillar®» в России [Электронный ресурс]. https://www.vost-tech.ru/servis_i_podderzhka/remont_komponentov (дата обращения: 01.12.2021).

11. Ящуров А.И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования : справочник. М.: НЦ ЭНАС, 2006. 360 с.

12. Черноиванов В.И. Новые тенденции на рынке услуг технического сервиса в АПК Российской Федерации // Вест. ЧГАУ. 1998. № 23. С. 5-9.

13. Дидманидзе О.Н., Дорохов А.С., Катаев Ю.В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // Техника и оборудование для села. 2020. № 11(281). С. 39-43.

14. ГОСТ 2.602 2013 Единая система конструкторской документации. Ремонтные документы. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. 20 с.

15. Судов Е.В., Левин А.И. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России. М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2002. 28 с.

16. Дорохов А.С. Бесконтактный контроль качества запасных частей сельскохозяйственной техники // Вест. ФГОУ ВПО МГАУ. 2010. № 2(41). С. 73-75.

17. ГОСТ Р 51901.12-2007 Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. М.: Стандартинформ, 2008. 40 с.

18. Панюков Д.И., Панюкова Е.В. Предварительное исследование объекта анализа в рамках метода FMEA // Инновационная наука. 2015. № 11-2. С. 103-108.

19. Петрищев Н.А., Саяпин А.С., Молибоженко К.К. и др. Счетчики-индикаторы для оценки и контроля состояния, уровня использования узлов и агрегатов // С.-х. техника: обслуживание и ремонт. 2021. № 1. С. 34-40.

20. Петрищев Н.А., Костомахин М.Н., Саяпин А.С. и др. Оперативная оценка предельного состояния узлов и агрегатов с применением счетчиков-индикаторов // Технический сервис машин. 2021. № 3 (144). С. 12-21.

Increasing the Level of Maintenance of Energy-saturated Equipment

Yu.V. Kataev, M.N. Kostomakhin, N.A. Petrishchev, A.S. Sayapin, K.K. Molibozhenko (VIM)

Summary. An analysis is given and proposals are presented to improve the maintenance level in the implementation of the law 297-FZ, Art. 11 by improving the testability and suitability for diagnostics of resource-determining nodes of domestic energy-saturated equipment.

Keywords: counter-indicator, energy-saturated equipment, modernization, testability, suitability for diagnostics.

МОЩНЫЙ СТАРТ ДЕЛОВОЙ АКТИВНОСТИ В НОВОМ ГОДУ!

Agros 2023expo

25-27 ЯНВАРЯ

МОСКВА, РОССИЯ / КРОКУС ЭКСПО

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ПЛЕМЕННОГО ДЕЛА, КОРМОВ, ВЕТЕРИНАРИИ И ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
ЖИВОТНОВОДСТВА, СВИНОВОДСТВА, ПТИЦЕВОДСТВА И КОРМОПРОИЗВОДСТВА

352 из 26
УЧАСТНИКА СТРАН

11317 из 82
ПОСЕТИТЕЛЕЙ РЕГИОНОВ РФ

51 и 328
МЕРОПРИЯТИЕ СПИКЕРОВ
СТАТИСТИКА АГРОС 2022



Джаныбеков А. С., Министр сельского, водного хозяйства и развития
регионов Кыргызской Республики о выставке:

"Считаю, что это одна из уникальных площадок, где сельхозтоваропроизводители,
в том числе, переработчики и животноводы, получают возможность обмена
информацией, контактами и доступа к сегодняшним достижениям".



Новое на АГРОС 2023

- Решения для аквакультуры
- Оборудование для комбикормовой промышленности и хранения зерна

ПОДРОБНЕЕ



agros-expo.com



Организатор: ООО "ДЛГ РУС"

+7 (495) 128 29-59

agros@dlg-rus.com

УДК 667.647

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-34-39

Повышение защитных свойств лакокрасочных материалов оптимизацией системы покрытий

И.В. Фадеев,*д-р техн. наук,**доц., зав. кафедрой,**ivan-fadeev-2012@mail.ru**(ФГБОУ ВО «ЧГПУ им. И.Я. Яковлева»);***И.А. Успенский,***д-р техн. наук,**проф., зав. кафедрой,**ivan.uspensckij@yandex.ru***Е.И. Степанова,***соискатель,**stepanowastepanova@yandex.ru***Н.И. Хайлов,***соискатель**(ФГБОУ ВО «РГАТУ им. П.А. Костычева»)*

Аннотация. Изучены физико-механические свойства, влагоемкость, адгезия к подложке пленок различных композиций лакокрасочных материалов (ЛКМ). Установлено, что эмали, нанесенные по слою фосфатирующих грунтов на поверхности металлов, проявляют лучшие защитные свойства. Системы покрытий с фосфатирующими грунтами обладают высокой сплошностью, лучшими физико-механическими свойствами, адгезией с поверхностью защищаемого от коррозии металла.

Ключевые слова: коррозия, противокоррозионная защита, система покрытий, лакокрасочные материалы, адгезия, сплошность пленки ЛКМ.

Постановка проблемы

В настоящее время более 80% всех металлических изделий защищают от коррозии лакокрасочными покрытиями (ЛКП) [1].

Защитные свойства ЛКП обусловлены образованием на поверхности изделия сплошной пленки, которая изолирует поверхность металла от окружающей среды, препятствует проникновению через нее различных реагентов к подложке и тем самым предохраняет металл от коррозии

[2], поэтому сплошность покрытия является одной из важнейших характеристик.

Важную роль в обеспечении защитных свойств ЛКП играют составы лакокрасочных материалов (ЛКМ) и системы их покрытий. Анализ априорной информации показывает, что наибольшее распространение для повышения защитных свойств ЛКМ получили грунтовки ГФ-0119, ГФ-020, ГФ-021, ГФ-031, ПФ-0142, ПФ-020 [3], обеспечивающие эмалям высокую адгезию к металлу, прочность и эластичность на изгиб.

Формирование на поверхности изделий системы покрытий осуществляется в следующей последовательности: очистка от окислов и продуктов коррозии (в сварных соединениях – от шлака и наростов наплавленного металла), обезжиривание, нанесение фосфатного слоя и шпатлевки, покрытие грунтовкой с последующей сушкой в естественных условиях или в специальных камерах, окраска эмалью в один или несколько слоев [4].

В сельскохозяйственном машиностроении в большинстве случаев ограничиваются нанесением на поверхность изделий одного слоя грунта и одного или двух слоев эмали, когда общая толщина покрытий составляет не менее 18–20 мкм [5]. Установлено, что около 80% защитного действия ЛКП обеспечивается слоем грунтовки, несмотря на то, что ее толщина составляет менее 20% от общей толщины ЛКП [6].

Защитные свойства ЛКП повышаются с увеличением адгезии. Известно, что при фосфатировании поверхности изделия существенно увеличивается адгезия ЛКП к подложке. Этому способствует образование хемосорбционного фосфатного покрытия на поверхности стали, кото-

рое само является дополнительным защитным слоем [7].

По этой причине особая роль отводится фосфатированию подложки. Фосфатирующие растворы позволяют получить адгезионные кристаллические фосфатные слои массой 2,5–2,8 г/м², пригодные для дальнейшего окрашивания при соответствующих режимах [7, 8]. Фосфатирование может существенно влиять как на адгезию ЛКП, так и на защитные свойства комплексного покрытия. Фосфатная пленка, представляющая собой различные фосфатные соединения с металлом, устойчива в сухой атмосфере, смазочных маслах, бензине, керосине.

В последнее время в нашей стране начали уделять большое внимание методам и средствам фосфатирования поверхностей металлоизделий в машиностроении [7, 8]. Так, в работе [7] показана эффективность нового поколения фосфатирующих растворов на базе концентратов КФ-15 и КФ-16, имеющих показатели защитных свойств в 1,5–2 раза выше, чем у применяемых в промышленности фосфатирующих композиций.

В сельскохозяйственном машиностроении в основном применяют грунтовки ГФ-0119, ГФ-020 и ГФ-021 [9], реже – фенолформальдегидную грунтовку ФЛ-03К и фосфатирующую ВЛ-02. Грунтовки марки ГФ наряду с положительными качествами имеют и ряд недостатков: невысокая атмосферостойкость, низкая перетираемость пигментов, повышенная шероховатость высохшей пленки. Шероховатость ведет к образованию неравномерной толщины пленки эмали, способствует образованию микровпадин, являющихся в последующем центрами концентрации влаги, приводящих к разрушению

пленки ЛКП и появлению очагов коррозии металла [10]. При хранении грунтовок образуются труднорастворимые осадки, оседающие на дне тары.

ЛКП на поверхностях изделий должны полностью подавить возможные процессы коррозии. Они должны быть устойчивы к воздействию атмосферных осадков, солнечной радиации, колебаниям температуры, при этом сохранять свои свойства при повышенной влажности (вплоть до 100%) и быть устойчивыми в атмосфере, загрязненной промышленными газами и пылью, соответствовать требованиям стандартов [11, 12].

На основании изложенного можно утверждать, что исследования по повышению защитных свойств ЛКМ для окраски сельскохозяйственной техники являются актуальными и востребованными.

Цель исследования – повышение защитных, адгезионных свойств и сплошности пленки ЛКП за счет оптимизации системы покрытий.

Материалы и методы исследования

Грунтовка ФЛ-03К на основе фенолоалкидных смол с добавлением сиккатива предназначена для грунтования поверхностей из черных металлов, медных и титановых сплавов, а также деревянных поверхностей.

Грунтовка ГФ-021 – для обработки металлических и деревянных поверхностей под покрытия различными эмалями, а также для временной

защиты от коррозии металлических конструкций.

Грунтовка ВЛ-02 применяется для металлических поверхностей перед нанесением ЛКМ, а также вместо фосфатирования и оксидирования.

Эмаль пентафталева ПФ-180 – смесь пленкообразующего пентафталевого лака, красящего пигмента, наполнителей, добавок и растворителя, применяется для окраски изделий, работающих на открытом воздухе.

Акриловая эмаль АС-182 изготавливается на алкидно-акриловом лаке с добавлением сиккатива. Предназначена для окраски тракторов, сельскохозяйственных машин, оборудования и других металлических изделий.

Толщина и сплошность пленки определяют способность ЛКМ защищать от коррозии поверхности металлических конструкций. Толщина пленки во многом зависит от вязкости ЛКМ. В работе она определялась с помощью вискозиметра ВЗ-4. Замеры проводились для грунтовок ФЛ-03К и ГФ-021, а также фосфатирующей грунтовки ВЛ-02, эмалей пентафталевой ПФ-180 и акриловой АС-182 по методике [13].

Определение влагоемкости покрытий осуществляли по методике, приведенной в работе [14]. Влагопоглощение определяли по формуле

$$B = \frac{\Delta M_2 - \Delta M_1}{\Delta M_1} \cdot 100\%,$$

где $\Delta M_1, \Delta M_2$ – масса пленки ЛКМ до и после эксперимента, г.

Определение физико-механических свойств пленок композиций ЛКМ проводили в следующей последовательности. Применялись композиции грунтовок и эмалей по шести вариантам:

ГФ-021 + ПФ-188; ГФ-021 + АС-182;
ФЛ-03К + ПФ-188; ФЛ-03К + АС-182;
ВЛ-02 + ПФ-188; ПФ-182 + АС-182.

После нанесения ЛКМ методом окунания образцы выдерживали при комнатной температуре в течение 10 суток. Физико-механические свойства пленок композиций ЛКМ определяли до и после содержания образцов в камере влажности Г-4.

Прочность при ударе и изгибе, адгезию определяли по методике, описанной в работах [14, 15]. В камере влажности Г-4 образцы выдерживали в течение 30 суток в следующем режиме: 12 ч выдержки при температуре 40 °С и относительной влажности 98-100 %, 12 ч – при комнатной температуре и относительной влажности 40-50 %.

Результаты исследований и обсуждение

Результаты измерения толщины высохшей пленки грунтовок ФЛ-03К, ГФ-021, ВЛ-02 и эмалей ПФ-180, АС-182, нанесенных при различных значениях их вязкости, приведены в табл. 1.

Анализ результатов, приведенных в табл. 1, показывает, что зависимость толщины пленки наносимых составов можно описать уравнением регрессии вида

$$\sigma = a + b \cdot \mu,$$

σ – толщина пленки наносимых составов, мкм;

μ – вязкость составов, с;

a и b – коэффициенты уравнения.

Результаты вспомогательных расчетов для определения коэффициентов a и b уравнения, зависимости толщины пленки ФЛ-03К от её вязкости приведены в табл. 2.

$$\bar{\mu} = \frac{90}{5} = 18 \text{ с};$$

$$\bar{\delta} = \frac{74}{5} = 14,8 \text{ мкм};$$

Таблица 1. Зависимость толщины высохшей пленки ЛКМ от его вязкости

Вязкость по ВЗ-4, с	Толщина высохшего покрытия, мкм				
	ФЛ-03К	ГФ-021	ВЛ-02	ПФ-180	АС-182
6-10	6-8	7-8	6-8	6-9	6-9
11-15	9-11	9-10	9-10	10-15	10-15
16-20	13-17	11-15	14-16	16-17	16-18
21-25	18-20	15-18	16-18	19-19	17-19
26-30	22-24	18-21	20-22	20-21	20-22

Примечания:

1. Способ нанесения – окунанием образца, выдержка 20-25 с, вытаскивание со скоростью 0,2 м/с, выдержка на воздухе при температуре +16-20 °С в течение 48 ч.
2. Требуемой вязкости добивались добавлением в ЛКМ растворителя-сольвента.
3. Толщина пленки измерялась толщиномером СоF CONDROL.

Таблица 2. Вспомогательные расчеты

№ п/п	μ , с	μ^2	δ , мкм	$\mu - \bar{\mu}$	$\delta - \bar{\delta}$	$(\mu - \bar{\mu})^2$	$(\delta - \bar{\delta})^2$	$(\mu - \bar{\mu})(\delta - \bar{\delta})$	$\mu \cdot \delta$	$\hat{\delta}$, мкм
1	8	64	7	-10	-7,8	100	60,84	78	56	6,97
2	13	169	10	-5	-4,8	25	23,04	24	130	9,96
3	18	324	15	0	0,2	0	0,04	0	270	14,96
4	23	529	19	5	4,2	25	17,64	21	437	18,96
5	28	784	23	10	8,2	100	67,24	82	644	22,95
Σ	90	1870	74	0	0	250	168,8	205	1537	73,8

Коэффициент корреляции:

$$r = \frac{\Sigma(\mu - \bar{\mu})(\delta - \bar{\delta})}{\sqrt{\Sigma(\mu - \bar{\mu})^2 \cdot \Sigma(\delta - \bar{\delta})^2}} = \frac{205}{\sqrt{250 \cdot 168,8}} = 0,9979.$$

Ошибка коэффициента корреляции:

$$S_r = \sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}} = \sqrt{\frac{1-0,9979^2}{5-2}} = 0,0372.$$

Критерий существенности коэффициента корреляции:

$$t_r = \frac{r}{S_r} = \frac{0,9979}{0,0372} = 26,84 > t_{табл}(\gamma=0,95; \nu=3) = 3,18.$$

Корреляция, т.е. теснота связи между переменными, высокая, тогда система нормальных уравнений для вычисления неизвестных коэффициентов выразится в следующем виде:

$$\begin{cases} 5a + 90b = 74 \\ 90a + 1870b = 1537. \end{cases}$$

Тогда

$$\sigma = 0,0281 + 0,8219\mu.$$

Правильность расчетов проверяли равенством:

$$\Sigma \delta_i \cong \Sigma \hat{\delta}_i \\ 74 \cong 73,8,$$

где $\hat{\delta}_i$ – расчетное значение выходов по полученному уравнению регрессии.

Относительная ошибка составит

$$\varepsilon = \frac{74 - 73,8}{74} \cdot 100\% = 0,27\%,$$

что находится в допустимых пределах ошибки вычислений.

Аналогично получены уравнения зависимости толщины пленки других изучаемых ЛКМ от их вязкости (табл. 3). По уравнениям можно определить необходимую вязкость ЛКМ для получения защитного покрытия требуемой толщины.

Результаты исследований физико-механических и защитных свойств покрытий представлены в табл. 4.

Из данных табл. 4 видно, что грунты по физико-механическим свойствам ранжируются следующим образом: ВЛ-02 > ФЛ-03К > ГФ-021. Это можно объяснить тем, что системы

покрытий с грунтом ВЛ-02 на поверхности обладают лучшей адгезией, так как между грунтом и защищаемым металлом образуется хемосорбционный слой взаимодействия фосфатов с металлом. Для дальнейших исследований выбираем системы ЛКП с грунтами ВЛ-02 и ФЛ-03К, обладающие лучшими физико-механическими свойствами.

Гигроскопичность ЛКП во многом определяется наличием в пленке микро- и макропор. Их наличие облегчает доступ электролита к границе «металл-пленка» и ускоряет набухание пленки, а также способствует возможности развития коррозионных процессов на поверхности металла. Особенно опасны открытые сквозные поры в пленке. В этом случае возможно возникновение контакта электролита с металлом сразу после попадания влаги на окрашенную поверхность в силу ее перемещения по образовавшимся капиллярам. Поэтому показатель влагоемкости систем покрытий также является основным при оценке качества пленки ЛКМ. Это предположение доказывается результатами исследования влагоемкости систем ЛКП в водной среде (табл. 5) [16].

Таблица 3. Уравнения зависимости толщины пленок ЛКМ от их вязкости

ЛКП	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции, r	Ошибка коэффициента корреляции, S_r	Значение критерия Стьюдента		Сумма значений выходов		$\varepsilon, \%$
				расчет.	табл.	$\Sigma \delta_i$	$\Sigma \hat{\delta}_i$	
ФЛ-03К	$\sigma = 0,0281 + 0,8219\mu$	0,9979	0,0372	26,84	3,18	74	73,8	0,27
ГФ-021	$\sigma = 1,4326 + 0,7174\mu$	0,9364	0,2026	4,62		66	71,7	8,68
ВЛ-02	$\sigma = 2,2370 + 0,7943\mu$	0,9865	0,0422	12,32		73	75,1	3,61
ПФ-188	$\sigma = 2,5702 + 0,8048\mu$	0,9758	0,1262	7,74		75	85,3	13,71
АС-182	$\sigma = 2,4579 + 0,8171\mu$	0,9707	0,1388	7,00		76	85,8	12,94

Таблица 4. Физико-механические и защитные свойства покрытий

Физико-механические свойства	Грунт ВЛ-02		Грунт ГФ-021		Грунт ФЛ-03К	
	ПФ-188	АС-182	ПФ-188	АС-182	ПФ-188	АС-182
<i>До содержания образцов с покрытием в камере влажности Г-4</i>						
Прочность:						
при ударе, Н-см	500	500	500	500	500	500
изгибе, мм	7	7	9	10	8	8
Адгезия, баллы	4	3	3	3	3	3
<i>После содержания образцов с покрытием в камере влажности Г-4</i>						
Прочность:						
при ударе, Н-см	400	400	300	350	350	400
изгибе, мм	10	10	15	15	10	10
Адгезия, баллы	3	2	2	1	2	1
<i>Противокоррозионные свойства, баллы</i>						
До содержания образцов с покрытием в камере влажности Г-4	8	8	8	8	8	8
После содержания образцов с покрытием в камере влажности Г-4	7	8	6	6	7	7

При плотной однородной структуре покрытия проникновение электролита к подложке значительно тормозится, хотя полностью избежать его невозможно. В этом случае поступление электролита к поверхности металла осуществляется по механизму активированной диффузии его в материал покрытия и частичного растворения в нем.

На защитные свойства покрытий влияет и их адгезия к металлу. Она препятствует возникновению на поверхности металла новой фазы – «металл-электролит». Чем выше адгезия ЛКП, тем лучше защитные свойства пленки, т.е. выше сплошность, следовательно, ниже влагоемкость пленки системы ЛКП (см. рисунок). Результаты коррелируют с данными табл. 4. Между адгезией и гигроскопичностью ЛКП существ-

Таблица 5. Исследование влагоемкости систем ЛКП в среде, имитирующей атмосферу свиарника (средние значения)

Время экспозиции, ч	Номер образца	Масса, г					Влагоемкость пленки, %
		чистого образца, М	до эксперимента		после эксперимента		
			образца с покрытием, М ₁	защитного покрытия, ΔМ ₁	образца с покрытием, М ₂	защитного покрытия, ΔМ ₂	
Система ВЛ-2 + ПФ-188							
24	1	47,21005	50,18305	2,97300	53,23095	3,04790	2,52
72	2	47,36150	49,10960	1,79810	50,95065	1,84105	2,39
120	3	47,38435	50,72935	3,34500	52,58390	1,85455	3,14
168	4	47,25835	50,27335	3,01500	53,39750	3,12415	3,62
240	5	47,27900	49,62005	2,34105	52,05710	2,43705	4,10
360	6	46,45135	51,19245	2,74110	53,04650	2,85405	4,12
Система ВЛ-2 + АС-182							
24	7	47,30560	49,14025	1,83165	50,99170	1,85145	1,08
72	8	47,20935	49,40025	2,19090	51,64595	2,24570	2,50
120	9	46,98960	48,94275	1,95315	51,00490	2,01215	3,02
168	10	46,98950	49,80275	2,81325	52,72290	2,92015	3,80
240	11	47,36400	50,17050	2,68600	52,96610	2,79560	4,08
360	12	47,34045	50,50750	3,16705	53,80345	3,29595	4,07
Система ФЛ-03к + ПФ-188							
24	13	47,34065	49,82590	2,48525	52,36430	2,53840	2,14
72	14	47,23015	49,78020	2,50005	52,38400	2,60380	4,15
120	15	47,20175	49,82550	2,62365	52,57035	2,74485	4,62
168	16	47,26235	49,98020	2,71785	52,16590	2,85700	5,12
240	17	46,44000	48,93590	2,49590	51,57160	2,63570	5,60
360	18	47,20930	49,80350	2,59420	52,54300	2,73950	5,60
Система ФЛ-03к + АС-182							
24	19	47,23525	49,50705	2,27180	51,82955	2,32250	2,23
72	20	46,98960	49,16060	2,17650	51,42200	2,26140	3,90
120	21	47,33015	49,89060	2,54045	52,53450	2,64390	4,17
168	22	46,62025	49,06065	2,14040	51,30505	2,24440	4,86
240	23	46,45135	48,89230	2,44095	51,45890	2,56660	5,12
360	24	47,27800	49,00270	1,74900	50,84120	1,83850	5,12

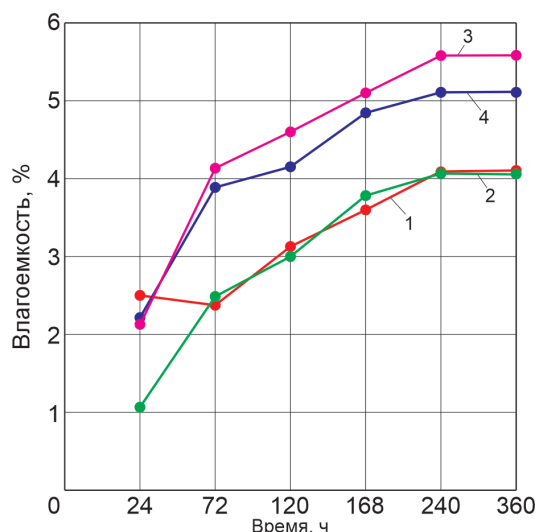
вует прямая связь: чем выше адгезия, тем меньше гигроскопичность пленки.

Полученные в лабораторных условиях результаты проверяли на производстве (табл. 6).

Выводы

1. По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что эмали, нанесенные по слою фосфатирующих грунтов на поверхности металлов, проявляют лучшие защитные свойства.

2. Системы покрытий с фосфатирующими грунтами обладают лучшей адгезией с поверхностью защищаемого от коррозии металла.



Изменение влагоемкости систем ЛКП в электролите, имитирующем атмосферу животноводческих помещений, во времени:

- 1 – ВЛ-2 + ПФ-188;
2 – ВЛ-2 + АС-182;
3 – ФЛ-03к + ПФ-188;
4 – ФЛ-03к + АС-182

Таблица 6. Результаты производственных испытаний систем ЛКП, контактирующих с кормами

Система покрытий	Пределы оценки	Относительная оценка через срок эксплуатации, месяцы				
		3	6	12	18	24
Декоративные свойства, баллы						
ВЛ-2 + ПФ-188	0-1	1	1	1	0,7	0,7
ВЛ-2 + АС-182		1	1	1	0,7	0,7
ФЛ-03к + ПФ-188		1	1	1	0,7	0,7
ФЛ-03к + АС-182		1	1	1	0,7	0,7
ГФ-021 + ПФ-188		1	1	1	0,7	0,7
ГФ-021 + АС-182		1	1	1	0,7	0,7
Степень разрушения при определении коррозионных свойств покрытий, баллы						
ВЛ-2 + ПФ-188	0-1	1	1	1	1	1
ВЛ-2 + АС-182		1	1	1,4	1	1
ФЛ-03к + ПФ-188		1	1	0,8	0,8	0,8
ФЛ-03к + АС-182		1	1	0,8	0,8	0,8
ГФ-021 + ПФ-188		1	1	0,8	0,4	0,4
ГФ-021 + АС-182		1	1	0,8	0,4	0,4
Относительная оценка противокоррозионных свойств покрытий по размерам пузырей и коррозии, баллы						
ВЛ-2 + ПФ-188	0-1	1	1	1	1	0,9
ВЛ-2 + АС-182		1	1	1	1	0,9
ФЛ-03к + ПФ-188		1	1	0,9	0,9	0,7
ФЛ-03к + АС-182		1	1	0,9	0,9	0,7
ГФ-021 + ПФ-188		1	1	0,9	0,9	0,3
ГФ-021 + АС-182		1	1	0,9	0,9	0,3
Относительная оценка противокоррозионных свойств покрытий по глубине повреждения, баллы						
ВЛ-2 + ПФ-188	0-1	1	1	0,9	0,9	0,9
ВЛ-2 + АС-182		1	1	0,9	0,9	0,9
ФЛ-03к + ПФ-188		1	1	0,9	0,7	0,7
ФЛ-03к + АС-182		1	1	0,9	0,7	0,7
ГФ-021 + ПФ-188		1	1	0,9	0,7	0,7
ГФ-021 + АС-182		1	1	0,9	0,7	0,7
Суммарная оценка по четырем показателям, сумма баллов						
ВЛ-2 + ПФ-188	0-5	4	4	3,9	3,6	3,5
ВЛ-2 + АС-182		4	4	3,8	3,6	3,5
ФЛ-03к + ПФ-188		4	4	3,6	3,1	2,9
ФЛ-03к + АС-182		4	4	3,6	3,1	2,9
ГФ-021 + ПФ-188		4	4	3,6	2,7	2,1
ГФ-021 + АС-182		4	4	3,6	2,7	2,1

3. Фосфатирующий грунт обеспечивает более плотную и однородную структуру покрытия и тормозит проникновение электролита к подложке, что объясняется образованием хемосорбционного слоя взаимодействия фосфатов с металлом между фосфатирующим грунтом и подложкой.

Список

использованных источников

1. **Бышов Н.В.** Разработка нового средства для защиты сельскохозяйственных машин при хранении / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, И.В. Фадеев // Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 38-42.

2. **Корякина М.И.** Механизм защитного действия лакокрасочных покрытий / М.И. Корякина // Лакокрасочные покрытия и их применение. 1991. № 6. С. 49-54.

3. **Шемякин А.В.** Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, М.Б. Латышенко // Известия Юго-Западного гос. ун-та. 2016. № 2. С. 89-91.

4. **Bobina M., Kellenberger A., Millet J.-P., Muntean C., Vaszilcsin N.** Corrosion resistance of carbon steel in weak acid solutions in the presence of L-histidine as corrosion inhibitor. Corros. Sci. 2013, 69, 389-395.

5. **Успенский И.А., Фадеев И.В., Пестряева Л.Ш., Садетдинов Ш.В., Казарин А.С.** Новые ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее

профессиональное образование. 2020. № 3(59). С. 365-376.

6. **Фадеев И.В.** Повышение коррозионной стойкости стали 10 / И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Вестник МАДИ. 2015. Вып. 2(41). С. 107-114.

7. **Мазурова Д.В.** Одновременное фосфатирование стали, оцинкованной стали и алюминия / Д.В. Мазурова, Н.С. Григорон, Е.Ф. Акимова [и др.] // Коррозия: материалы, защита. 2009. № 3. С. 27-34.

8. **T.S.N. Sankara Narayanan.** Surface pretreatment by phosphate conversion coatings. A review // Rev. Adv. Mater. Sci. 2005. № 9. P. 130-177.

9. **Фадеев И.В.** Экологически безвредный материал для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии / И.В. Фадеев, Н.Н. Белова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. № 21. С. 56-59.

10. **Goyal M., Kumar S., Bahadur I., Verma C., Ebenso E.** Organic corrosion inhibitors for industrial cleaning of ferrous and nonferrous metals in acidic solutions: A review. J. Mol. Liq. 2018, 256, 565-573.

11. ГОСТ 9.302-88. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические.

Методы контроля. М.: Изд-во стандартов, 1988. 64 с.

12. ГОСТ 9.301-86 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования. М. Стандартинформ, 2010.

13. **Петрашев А.И.** Гидродинамический нагрев вязких смазок при консервации сельхозмашин // Техника в сельском хозяйстве. 2006. № 4. С.23-26.

14. **Фадеев И.В.** Исследование влияния компонентов агрессивной среды дорожного полотна на коррозию днища кузова легкового автомобиля: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Фадеев Иван Васильевич. М.: МАДИ, 2010. 222 с.

15. **Бышов Н.В., Успенский И.А., Юхин И.А., Фадеев И.В., Александрова Г.А.** Исследование способов улучшения моющих и противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств // Техника и оборудование для села. 2020. № 5(275). С. 42-44.

16. **Фадеев И.В.** Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 /

Фадеев Иван Васильевич. Рязань, 2019. 395 с.

Improving the Protective Properties of Paints and Varnishes by Optimizing the Coating System

I.V. Fadeev

(I. Ya. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University)

I.A. Uspenskiy, E.I. Stepanova, N.I. Khaylov

(Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev)

Summary. The physical and mechanical properties, moisture capacity, adhesion to the substrate of films of various compositions of paints and varnishes have been studied. It has been established that enamels applied over a layer of phosphating primers on the surface of metals exhibit the best protective properties. Coating systems with phosphating primers have high continuity, better physical and mechanical properties, and adhesion to the surface of the metal being protected from corrosion.

Keywords: corrosion, anticorrosion protection, coating system, paints and varnishes, adhesion, continuity of the paintwork film.

Реферат

Цель исследований – повышение защитных, адгезионных свойств и сплошности пленки ЛКП за счет оптимизации системы покрытий. Защитные свойства ЛКП обусловлены тем, что на поверхности изделия образуется сплошная пленка, которая изолирует поверхность металла от окружающей среды, препятствует проникновению через нее различных реагентов к подложке и тем самым предохраняет металл от коррозии. При фосфатировании поверхности изделия существенно увеличивается адгезия ЛКП к подложке благодаря образованию хемосорбционного фосфатного покрытия на поверхности стали, которое само является дополнительным защитным слоем. Фосфатирующие растворы позволяют получить адгезионные кристаллические фосфатные слои массой 2,5-2,8 г/м², пригодные для дальнейшего окрашивания. Фосфатная пленка устойчива в сухой атмосфере, смазочных маслах, бензине, керосине. Определение физико-механических свойств пленок композиций ЛКМ проводили по шести вариантам композиции грунтовок и эмалей. После нанесения ЛКМ методом окунания образцы выдерживали при комнатной температуре в течение 10 суток. Физико-механические свойства (прочность при ударе и изгибе, адгезию) пленок композиций ЛКМ определяли до и после выдержки образцов в камере влажности Г-4 (30 суток, режим выдержки – 12 ч при температуре 40 °С и относительной влажности 98-100%, 12 ч – при комнатной температуре и относительной влажности 40-50 %). Исследования показали, что эмали, нанесенные по слою фосфатирующих грунтов на поверхности металлов, проявляют лучшие защитные свойства. Системы покрытий с фосфатирующими грунтами обладают лучшей адгезией с защищаемой поверхностью, обеспечивают более плотную и однородную структуру покрытия и тормозят проникновение электролита к подложке.

Abstract

The purpose of the research is to improve the protective, adhesive properties and continuity of the paintwork film by optimizing the coating system. The protective properties of paintwork are due to the fact that a continuous film is formed on the surface of the product, which isolates the metal surface from the environment, prevents the penetration of various reagents through it to the substrate and thereby protects the metal from corrosion. When phosphating the surface of the product, the adhesion of the paintwork to the substrate increases significantly due to the formation of a chemisorption phosphate coating on the surface of the steel, which itself is an additional protective layer. Phosphating solutions make it possible to obtain adhesive crystalline phosphate layers weighing 2.5-2.8 g/m², suitable for further staining. Phosphate film is stable in dry atmosphere, lubricating oils, gasoline, kerosene. Determination of physical and mechanical properties of films of compositions of paint and varnish materials was carried out according to six options for the composition of primers and enamels. After applying the coatings by dipping, the samples were kept at room temperature for 10 days. The physical and mechanical properties (strength at impact and bending, adhesion) of the films of the compositions of paint and varnish materials were determined before and after exposure of the samples in the G-4 humidity chamber (30 days, exposure mode - 12 hours exposure at a temperature of 40°C and a relative humidity of 98-100%, 12 hours - at room temperature and relative humidity 40-50%). Studies have shown that enamels applied over a layer of phosphating primers on metal surfaces exhibit the best protective properties. Coating systems with phosphating primers have better adhesion to the surface to be protected, provide a denser and more uniform coating structure and inhibit the penetration of electrolyte to the substrate.

УДК 631.348.8: 621.318.373

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-40-44

Аналитическая оценка и учёт свойств электромагнитных полей в устройствах агрообеззараживания

А.И. Пахомов,

д-р техн. наук,

alivPx@mail.ru

(ФГБНУ «Аграрный научный центр

«Донской»)

Аннотация. Проведены исследования по оценке свойств электромагнитных полей, используемых при обеззараживании зерна и семян. Установлены причинно-следственные связи между немонохроматичностью поля и недостатками сверхвысокочастотного и других методов обеззараживания. Для лучшего результата предложено использовать монохроматические рабочие поля, преимущества которых продемонстрированы на примере нового метода резонансно-низкочастотного обеззараживания. Выполнен анализ электрической и магнитной составляющих поля в выходном устройстве, по результатам которого предложено эффективное техническое решение на основе электрической составляющей. Превосходство устройства с электрической составляющей перед соленоидом подтверждено экспериментально.

Ключевые слова: электромагнитные излучения, высшие гармоники, монохроматичность, резонансно-низкочастотное обеззараживание, электрическая и магнитная составляющие, выходное устройство.

Постановка проблемы

В настоящее время в качестве альтернативы химическому протравливанию в АПК применяют воздействие электромагнитных излучений (ЭМИ) разных частотных диапазонов и свойств: от постоянных электрических и магнитных полей до рентгеновских и гамма-лучей [1]. Факт использования столь разных ЭМИ для одной цели – улучшения качества семян и зерна во многом говорит о случайном характере их выбора, отсутствии чёт-

кого биофизического обоснования и критериев эффективности для столь важного результата, как уничтожение патогенных инфекций.

Некоторым общим свойством переменных ЭМИ, используемых при агрообеззараживании, является немонохроматичность спектра, т.е. они не могут быть представлены одной электромагнитной волной. Их спектр в большинстве случаев состоит из множества гармоник и комбинационных составляющих, продуцируемых нелинейным оборудованием и выходными преобразователями: магнетронами, ртутными газоразрядными лампами и т.д. Это наглядно иллюстрирует пример широко распространённой бактерицидной лампы ДРТ-125 [2] (рис. 1).

Как и основная частота, побочные продукты ЭМИ оказывают влияние на результат обеззараживания, однако отклик живых клеток на подобное воздействие трудно учесть теоретически, поскольку биофизика проявления разных частот неоднозначна. Поэтому исследования электрофизических методов проводят по принципу

«чёрного ящика». Так, например, на семена пшеницы подают внешние воздействия – ЭМИ и оценивают отклик материала по таким параметрам, как заражённость, лабораторная всхожесть, энергия прорастания и др.

Подобный подход, безусловно, эмпиричен и даёт лишь некоторые частные результаты, как правило, уступающие химическому протравливанию по степени подавления фитопатогенов. Нередко требуются большие выдержки по времени (экспозиция), достигающие нескольких часов [3], что малоприспособно для высокопроизводительных поточных технологий. Нельзя признать эффективными и многоступенчатые комбинированные методы [4], слишком длительные и затратные в реализации.

Большой системностью и, соответственно, результативностью обладает научный подход на основе осмысления внутренних процессов, происходящих в «чёрном ящике» – биоматериале. Это приводит, по сути, к построению биофизической модели ингибирования, что возможно, если отказаться от спектрально богатых

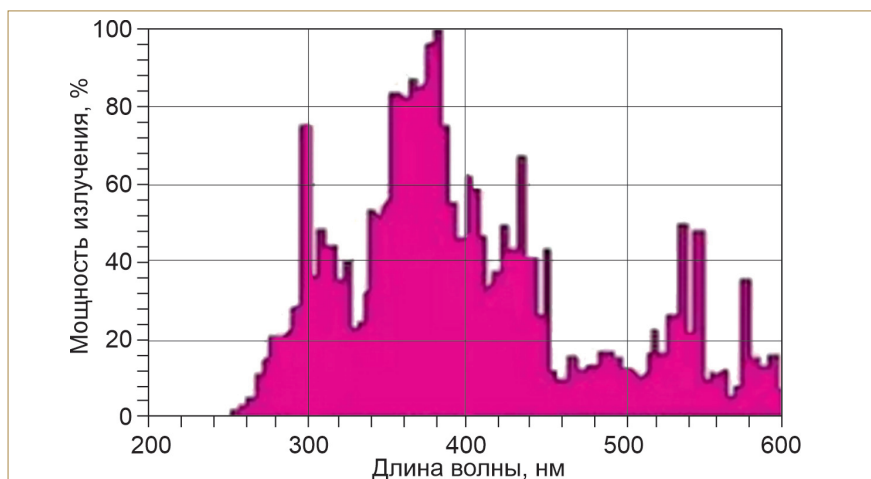


Рис. 1. Спектр бактерицидной ультрафиолетовой лампы ДРТ-125

ЭМИ и использовать монохроматические. Их необходимые свойства в этом случае могут быть обоснованы теоретически на уровне клеточных взаимодействий, проверены и уточнены экспериментально. По такому пути разработан инновационный метод резонансно-низкочастотного (РНЧ) обеззараживания [5].

Помимо биофизического обоснования, необходима грамотная техническая реализация найденных полей. Это касается генерации и подвода к материалу электромагнитной энергии с учётом электрической и магнитной составляющих, которые по-разному проявляют себя в биофизических взаимодействиях, что подлежит анализу и учёту в технических решениях.

Исходя из изложенного, ряд свойств обеззараживающих полей и вопросы их конструктивного воплощения следует считать наиболее актуальными для решения проблемы эффективности «зелёных» агротехнологий. Это позволяет сформулировать цель настоящего исследования.

Цель исследования – провести сравнительный анализ используемых при обеззараживании электромагнитных полей, показать преимущества монохроматических резонансно-низкочастотных полей и предложить эффективные устройства для их реализации.

Материалы и методы исследований

Исследования базировались на физике волн и колебаний, анализе пространственного распределения составляющих электромагнитного поля, теоретических зависимостях сил электромагнитной природы, факторном анализе электронного и другого оборудования, рассмотрении силовых взаимодействий между гидратированными ионами и составляющими рабочего поля, проработке эффективных технических решений.

Материалом для исследований послужили накопленные экспериментальные данные по разным методам электрофизической обработки [1, 6], научные сведения о гидратированных ионах и их роли в метаболизме микроорганизмов, биофизическая модель

резонансно-низкочастотного ингибирования [5], общие свойства СВЧ и другого оборудования [6, 7].

Основной метод исследования – факторный анализ критичных для обеззараживания свойств ЭМИ. Особое внимание уделено их немонахроматичности как общему фактору, присущему большинству обеззараживающих ЭМИ (за исключением лазера). Закономерности проявления этого фактора в процессе обеззараживания являются предметом исследования.

Немонахроматичность ЭМИ, обычно не принимаемая во внимание в прикладной области обеззараживающих электротехнологий, играет ключевую роль в биофизике протекающих процессов и результатах обеззараживания. Спектрально обогащённые ЭМИ характеризуются «размазанным» широкополосным действием на биоматериал, не имея точной «мишени» в виде фитопатогенов. Из-за этого возникает необходимость в длительных экспозициях, снижающих производительность, потребность в больших напряжённости полей, на создание которых непродуктивно тратится электроэнергия. В конечном итоге не удастся добиться высокого соотношения полезного эффекта к затратам.

Предлагаемая методика раскрывает причинно-следственные связи между немонахроматичностью ЭМИ и недостатками известных методов. Она также охватывает вопросы эффективной реализации монохроматических излучений в технических средствах. Это предопределяет её

новизну и актуальность для новых решений на основе монохроматических рабочих полей.

Результаты исследований и обсуждение

Общие последствия воздействия обеззараживающих ЭМИ в их связи со спектральными особенностями показаны на рис. 2. В верхней части рисунка представлены методы, оперирующие немонахроматическими ЭМИ, спектр которых содержит гармоники $f_1 - f_n$, где f_1 – опорная частота (первая гармоника). Порядок и четность гармоник определяется разложением в ряд Фурье конкретного негармонического сигнала от нелинейного оборудования. С ростом порядка n амплитуда гармоник спадает, но остаётся значимой для биофизических взаимодействий. Конечный спектр также обогащают комбинационные частоты.

Каждая гармоника – самостоятельное электромагнитное колебание с гипотетическим влиянием на живые клетки микроорганизмов. Из гипотез такого рода наиболее достоверны те, которые опираются на базовые законы фундаментальных наук: теорию колебаний и резонанса, в частности. Законы резонанса справедливы, в том числе, для клеточных биоэлементов: плазматических мембран, спиралей ДНК, гидратированных ионов. Как многомерные колебательные системы эти элементы способны осциллировать на собственных частотах в жидких клеточных средах при приложении внешней возбуждающей силы.

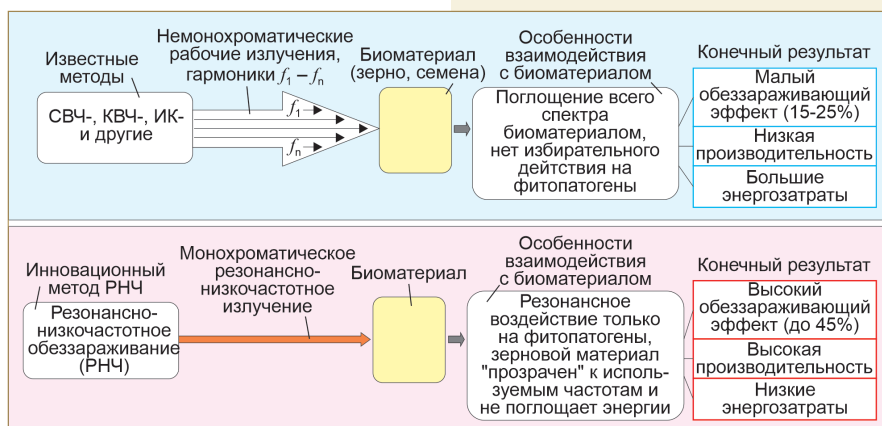


Рис. 2. Спектральные особенности разных методов обеззараживания и их влияние на результат

Число упомянутых биоэлементов естественным образом ограничено по условиям клеточного строения, поэтому ограничено и число внешних электромагнитных частот, способных к возбуждению их резонанса. В спектре немонохроматических ЭМИ может присутствовать одна или несколько гармоник с такими свойствами. Они выполняют всю полезную работу, разрушая клеточные биоэлементы высокоамплитудными вынужденными колебаниями, что ведёт к невозможности существования клетки как живого целостного организма.

Другие спектральные составляющие не несут полезной нагрузки, а в ряде случаев вредны. Число бесполезных гармоник многократно превышает единичные ингибирующие, а значит, доминирует паразитный спектр ЭМИ, не приносящий полезных эффектов, кроме некоторого нагрева материала. В конечном итоге это является первопричиной энергозатратности и низкой производительности известных методов (рис. 2).

Что касается теплового эффекта микроволн, его использование в качестве основного фактора стерилизации требует высоких температур и чрезвычайно больших энергозатрат. Так, в промышленных ИК-установках для нагрева 1 кг зерна на 100 °С необходимо около 50 кВт·ч электроэнергии [8]. Подобная обработка, кроме того, неравномерна [8] и недопустима для семян.

Возвращаясь к нетепловым взаимодействиям, необходимо отметить, что наряду с ингибирующими в общем спектре не исключены и стимулирующие гармоники, присутствие которых усиливает метаболизм и рост микробных клеток. Это чревато дальнейшим ухудшением результата обеззараживания, вплоть до полного его отсутствия или обратного эффекта.

Обобщая, можно сделать вывод, что результат воздействия немонохроматических ЭМИ зависит от случайного сочетания гармоник: ингибирующих, стимулирующих, индифферентных. Это не может быть основой высокого и хорошо прогнозируемого обеззараживающего

эффекта, а также ведёт к повышенным энергозатратам и низкой производительности СВЧ, ИК и других известных методов (см. рис. 2).

Во избежание указанных недостатков предлагается использовать монокроматические рабочие поля. Ими, в частности, оперирует запатентованный метод резонансно-низкочастотного (РНЧ) обеззараживания (решение о выдаче патента от 25.07.2022 по заявке № 2021118919). Он основан на разработанной биофизической модели [5], согласно которой особыми монокроматами возможно возбуждение резонансных колебаний гидратированных ионов микробных клеточных сред, что инактивирует трансмембранный перенос и интенсивно подавляет метаболизм грибов и бактерий. При этом ингибирующие явления вплоть до клеточной смерти развиваются лавинообразно, а для их запуска достаточно секунд экспозиций РНЧ-поля [5]. Благодаря этому и отсутствию паразитного спектра гармоник достигаются инновационные преимущества, показанные на рис. 2.

К дополнительным достоинствам метода РНЧ относится несложное оборудование, которое в электронной части представляет собой низкочастотные синусоидальные генераторы и усилители мощности звуковой частоты. Наибольшее значение имеет выходное устройство, где происходят формирование и подача к материалу электромагнитного поля.

В прежних опытах в качестве выходного устройства использовался соленоид без сердечника [5], что вполне обосновано его линейностью, отсутствием дополнительных искажений на перемагничивание стали и соблюдением за счет этого монокроматичности поля. Однако, как показали дальнейшие исследования, такая конструкция не оптимальна по равномерности и интенсивности обеззараживающего воздействия.

По Фарадею-Максвеллу любое электромагнитное поле состоит из двух составляющих: магнитной и электрической. Являясь свойством пространства и взаимно порождая друг друга, они неизбежно присутствуют внутри соленоида, влияя на

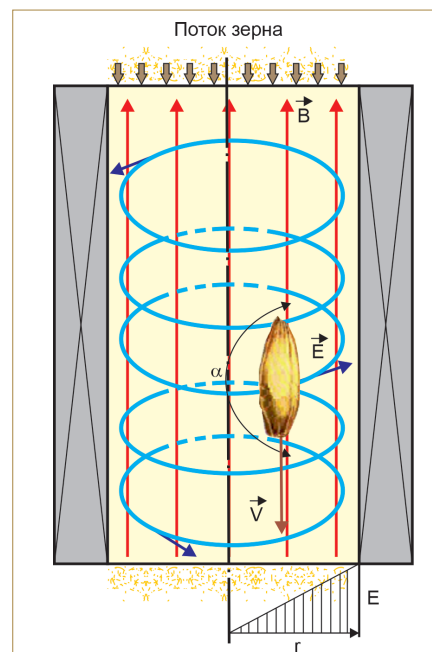


Рис. 3. Электрическая и магнитная составляющие рабочего поля соленоида и движение зерновой частицы

паразитную микрофлору находящегося там зерна. Специфика силовых взаимодействий с элементами микробных клеточных сред нуждается в отдельном анализе.

На рис. 3 представлено распределение силовых линий и векторов электрического и магнитного полей внутри соленоида, а также вектора движения зерновой частицы в вертикальном потоке.

По вектору $\vec{v}$ также движутся гидратированные ионы K^+ , Na^+ , Mg^+ , Ca^+ , Cl^- и другие, принадлежащие цитозолю и внеклеточному матриксу микробных клеток. Имея собственный электрический заряд, они способны вступать в силовые взаимодействия с составляющими поля по векторам $\vec{E}$ и $\vec{B}$.

От магнитной составляющей теоретически возможна сила Лоренца:

$$F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где q – заряд частицы (гидратированного иона);

v – скорость частицы;

B – модуль вектора магнитной индукции;

α – угол между вектором $\vec{B}$ и направлением движения.

Для рассматриваемого случая $v = V$ по модулю (см. рис. 3), векторы $\vec{B}$, $\vec{V}$ образуют угол $\alpha = 180^\circ$ или $\alpha = 0^\circ$ при противоположном направлении магнитного поля. Тогда по формуле (1): $\sin \alpha = 0$, сила Лоренца $F = 0$.

Строго говоря, угол α может несколько отличаться от указанного в каждый момент времени за счёт собственного перемещения ионов в клеточных средах и не абсолютно прямолинейного движения зерновки в потоке. Но эти флуктуации случайны и незначительны; в суперпозиции с основным движением по вектору $\vec{V}$ они не способны существенно повлиять на угол α и результат $F = 0$.

Вектор $\vec{E}$, перпендикулярный вектору $\vec{V}$ (см. рис. 3), вызывает силу прямого электрического воздействия на заряженные гидратированные ионы поперечно их движению. Указанная сила периодического характера в отсутствие силы Лоренца является основной для возбуждения ионных осцилляций и дальнейших ингибирующих процессов [5].

Известно, что электрическое поле соленоида, в отличие от однородного магнитного, неравномерно. Его напряжённость E определяется выражением [9]:

$$E = \pi \cdot r \cdot \mu_0 \cdot \mu \cdot H, \quad (2)$$

где r – радиус действия;

μ_0 – магнитная постоянная;

μ – магнитная проницаемость сердечника ($\mu = 1$ для воздуха);

H – напряжённость магнитного поля.

Из формулы (2) вытекает, что при одной и той же напряжённости магнитного поля H напряжённость электрического поля E линейно растёт от нулевой при $r = 0$ (в центре) до максимальной при $r = r_{\max}$ (вблизи проводников обмотки). Следовательно, на зерновку и населяющие её фитопатогены будет действовать разное возбуждающее E -поле: нулевое в центре потока и увеличивающееся к его периферии (см. рис. 3).

Таким образом, соленоид не идеален для решаемой задачи: его основное магнитное поле не производит полезной работы ($F = 0$), а электрическое слабо и неравномерно.

Сравнительные показатели выходных обеззараживающих устройств

Тип выходного устройства	Снижение заражённости обрабатываемого материала, раз	Потребляемая мощность, Вт	Коэффициент эффективности обеззараживания
Электрическое устройство	3,1	30	280
Соленоид	1,8	410	16,6

Соответственно, страдают средняя интенсивность и равномерность обеззараживающего воздействия. Поэтому нужны иные, более совершенные решения, пути к которым проистекают из настоящего анализа.

Первый путь – использовать магнитное поле с вектором $\vec{B}$, перпендикулярным вектору $\vec{V}$, для возбуждения силы Лоренца (1). В обычном соленоиде это нереализуемо из-за конструктивной особенности движения потока зерна вдоль силовых линий магнитного поля (см. рис. 3). Взаимная перпендикулярность векторов возможна в более сложных устройствах, таких, например, как многополюсные электромагниты на базе статоров асинхронных двигателей [7]. Для них, однако, характерна нелинейность магнитной цепи, что создаёт проблемы с монохроматичностью рабочего поля.

Второй путь – акцентированное использование электрической со-

ставляющей электромагнитного поля, так называемого E -поля. Для этого предлагается простое решение, показанное на рис. 4.

Между двух токопроводящих пластин 1, 2, на которые подано синусоидальное напряжение, образуется практически однородное (за исключением краевого эффекта) монохроматическое E -поле, которое одинаково воздействует на паразитную микрофлору любой зерновки независимо от её положения в потоке (см. рис. 4). Таким образом, электрическая составляющая эффективно выполняет функцию возбуждения ингибирующих процессов; магнитная – незначительна, практической роли не играет и на рис. 4 не показана.

Предварительная экспериментальная проверка подтвердила эффективность использования E -поля в устройстве по рис. 4. В одинаковых условиях поточного обеззараживания при производительности 400 кг/ч, одном и том же рабочем материале – зерне пшеницы, указанное устройство превосходило соленоид по следующим показателям (см. таблицу).

Коэффициент эффективности обеззараживания – комплексный критерий, отражающий соотношение полезных показателей – производительности и обеззараживающего эффекта к затратным – потребляемой электрической мощности [10]. Характеризуя эффективность того или иного обеззараживающего устройства, в данном случае он демонстрирует превосходство электрического устройства перед соленоидом более чем на порядок (см. таблицу).

Также следует отметить другие преимущества нового устройства: простота конструкции (нет моточных узлов, не нужна система охлаждения), надёжность, компактность, малая металлоёмкость по дорогостоящей

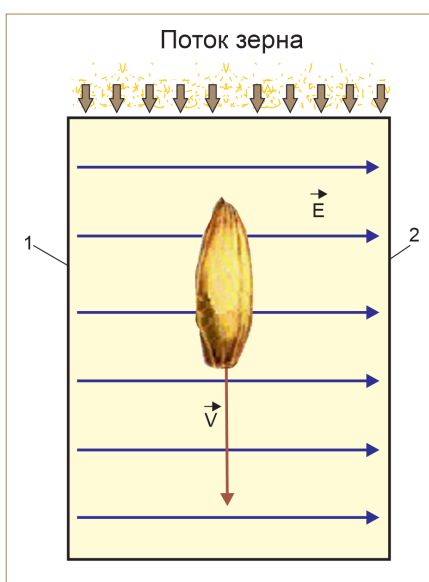


Рис. 4. Принцип создания и использования электрического поля в выходном устройстве:
1, 2 – токопроводящие пластины

меди, что снижает себестоимость. Таким образом, устройство на основе Е-поля, реализующее метод РНЧ, следует считать наиболее перспективным для АПК.

Выводы

1. Применяемые при агрообеззараживании электромагнитные поля отличаются немонохроматичностью и широким спектром гармоник. Аналитически установлено, что это ведёт к недостаточному обеззараживающему эффекту, большим энергозатратам и низкой производительности известных методов.

2. Для лучшего результата целесообразно использовать монохроматические рабочие поля, параметры которых научно обоснованы. Ими оперирует новый метод резонансно-низкочастотного обеззараживания, обладающий инновационными преимуществами перед известными, признанный изобретением.

3. Анализ электрической и магнитной составляющих рабочего поля в выходном устройстве показал преимущества электрической составляющей для возбуждения ингибирующих процессов. Новое устройство на основе Е-поля при экспериментальной проверке значительно превзошло соленоид.

Список

использованных источников

1. **Ирха А.П.** Повышение эффективности использования электрофизических способов предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Ирха Александр Павлович. Краснодар: Кубанский ГАУ, 1998. 25 с.

2. Лампа бактерицидная кварцевая ДРТ 125 для ОУФК-01 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://medsvet.kz/p63624945-lampa-bakteritsidnaya-kvartsevaya.html> (дата обращения: 12.04.2022).

3. **Княжев Д.В., Смирнов В.Ф.** Новые аспекты применения низкоинтенсивных излучений (КВЧ) в экобиотехнологии // Вестник Нижегородского ГУ им. Н.И. Лобачевского. 2010. № 2. С. 418-422.

4. **Пат. 2640288 РФ, МПК А01С 1/00.** Способ комбинированного обеззараживания зерна и семян с использованием СВЧ-энергии / Пахомов В.И., Пахомов А.И., Буханцов К.Н., Максименко В.А.; заявитель и патентообладатель: ФГБНУ «АНЦ «Донской». № 2017101178, заяв. 3.01.2017, опубл. 27.12.2017.

5. **Пахомов А.И.** Метод резонансно-низкочастотного обеззараживания зерна: биофизическое обоснование и инновационные преимущества // Техника и оборудование для села. 2022. № 1 (295). С. 30-34.

6. **Пахомов А.И.** Методика многокритериальной оценки и выбора эффективного метода обеззараживания зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 5. С. 87-96. DOI: 10.31992/0321-4443-2019-5-87-96.

7. **Пахомов А.И.** Исходные требования к оборудованию магнитного обеззараживания зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 4. С. 48-54.

8. Техника и технология инфракрасного нагрева в зернопереработке [Электронный ресурс]. <https://vniiz.org/science/publication/article-118> (дата обращения: 14.04.2022).

9. **Пат. № 2303295 РФ, МПК G09В23/18, G09В23/18.** Прибор для исследования вихревого электрическо-

го поля в магнитной среде / Р.А. Белокopyтов, В.К. Ковнацкий; заявитель и патентообладатель: Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского (РФ). № 2006113362/09, заяв. 19.04.2006, опубл. 20.07.2007, Бюл. № 20.

10. **Пахомов А.И.** Сравнительный анализ СВЧ-установок для обеззараживания зерна // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 1. С. 21-26.

Analytical Assessment and Consideration of the Properties of Electromagnetic Fields in Agro-disinfection Devices

A.I. Pakhomov

(Donskoy Agrarian Research Center)

Summary. Studies have been carried out to assess the properties of electromagnetic fields used in the disinfection of grain and seeds. Cause-and-effect relationships between the non-monochromaticity of the field and the shortcomings of microwave and other methods of disinfection have been established. For a better result, it is proposed to use monochromatic working fields, the advantages of which are demonstrated by the example of a new method of resonant low-frequency disinfection. An analysis of the electric and magnetic components of the field in the output device was performed, based on the results of which an effective technical solution based on the electric component was proposed. The superiority of a device with an electrical component over a solenoid has been experimentally confirmed.

Keywords: electromagnetic radiation, higher harmonics, monochromaticity, resonant low-frequency disinfection, electrical and magnetic components, output device.



УДК 336.226

DOI: 10.33267/2072-9642-2022-9-45-48

Зависимость налоговой нагрузки сельскохозяйственных организаций от их размеров

Л.А. Овсянко,

д-р экон. наук, доц.,
lidiya-ovs@mail.ru

Е.И. Коваленко,

канд., экон. наук,
доц., руководитель ФЭУ,
esopot@kgau.ru
(ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ»)

Аннотация. Изучено состояние налогообложения сельскохозяйственных организаций в Красноярском крае. Представлено распределение субъектов хозяйствования региона в зависимости от их размеров в разрезе режимов налогообложения и отраслевой специализации, на основании которого дана оценка эффективности деятельности предприятий, в том числе с учетом уровня налоговой нагрузки.

Ключевые слова: сельскохозяйственные организации, налоговая нагрузка, специализация, эффективность.

Постановка проблемы

Сельскохозяйственное производство имеет специфические особенности, зачастую являясь низкодоходным или убыточным, что непосредственно влияет на уровень налоговой нагрузки. При этом оценка эффективности развития сельского хозяйства региона в целом недостаточно информативна, так как любой субъект хозяйствования функционирует под воздействием ряда факторов, в зависимости от своих размеров и отраслевой направленности. Поэтому и уровень налоговой нагрузки может существенно варьироваться.

На крупные сельскохозяйственные организации приходится более 60 % всего валового производства Красноярского края. За 2017–2021 гг. производство сельхозпродукции данными субъектами увеличилось с 39114,5 до 64991,04 млн руб., или

на 66,1 %. Среди сельскохозяйственных товаропроизводителей они являются основными плательщиками налогов, сборов и страховых взносов. За рассматриваемый период сумма указанных платежей в бюджет и внебюджетные фонды увеличилась почти на 70 % (до 9303,3 млн руб.) [1, 3].

В регионе наметилась тенденция к сокращению числа сельскохозяйственных организаций, что характерно для страны в целом. Так, если в 2017 г. в регионе насчитывалось 295 хозяйствующих субъектов, то в 2021 г. их стало уже 216. При этом доля убыточных организаций сократилась с 22,7 до 8,8 %.

Одним из направлений по реализации государственной аграрной политики выступают налоговые инструменты. Законодательством предусмотрены особые (льготные) режимы налогообложения, которыми могут пользоваться и хозяйствующие субъекты в сфере сельского хозяйства: система налогообложения для сельскохозяйственных товаропроизводителей (единый сельскохозяйственный налог (ЕСХН), упрощенная система налогообложения (УСН), патентная система налогообложения) [2, 5]. При этом, как показывает практика, льготные режимы налогообложения применяют в основном мелкие предприятия, что обеспечивает им более низкий уровень налоговой нагрузки и достаточно высокие показатели рентабельности. В то же время крупные организации за счет диверсификации производства, больших оборотов и роста инвестиционных затрат являются основными плательщиками налогов, сборов и страховых взносов. Это приводит к достаточно высокому уровню налогового бремени и низкой эффективности. К тому же фискальное покрытие в таких

хозяйствах зачастую не превышает 50 %.

Это свидетельствует о том, что изучение влияния размеров организации на уровень налоговой нагрузки является актуальным для дальнейшего совершенствования мер государственной поддержки.

Цель исследования – оценить состояние налогообложения сельскохозяйственных организаций в регионе и выявить влияние их размеров на уровень налоговой нагрузки.

Материалы и методы исследования

При проведении исследования использовались нормативно-правовые и законодательные акты в области налогообложения сельскохозяйственных товаропроизводителей. Информационную базу исследования составили официальные данные министерства сельского хозяйства и торговли Красноярского края. В работе использовались абстрактно-логический, монографический и статистический методы исследования.

Результаты исследований и обсуждение

В структуре налоговых платежей сельскохозяйственных организаций Красноярского края за 2021 г. преобладают налог на добавленную стоимость – 57 % и страховые взносы – 27,6. На налог на доходы физических лиц приходится 13,5, на единый сельскохозяйственный налог – 0,9 %. Несмотря на рост налоговых платежей, налоговая нагрузка на сельскохозяйственные организации края за период исследования сократилась с 14,1 до 13,6 % (рис. 1).

В соответствии с Федеральным законом «О развитии малого и среднего предпринимательства в Рос-

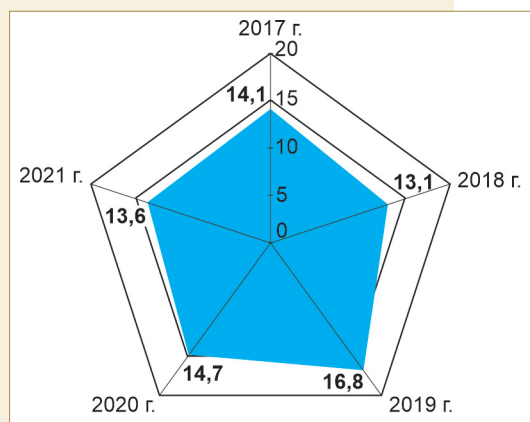


Рис. 1. Динамика налоговой нагрузки на сельскохозяйственные организации Красноярского края, %

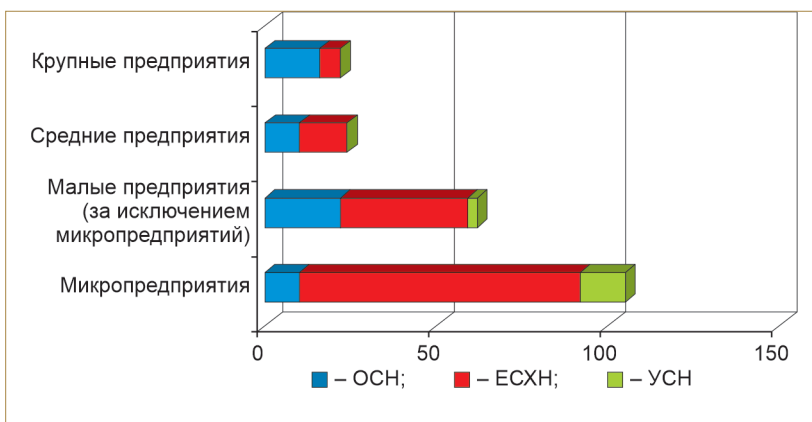


Рис. 2. Распределение сельскохозяйственных организаций Красноярского края с учетом режимов налогообложения в 2021 г., ед.

сийской Федерации» организации по среднесписочной численности работников делятся на малые (в том числе микропредприятия) и средние [4]. В соответствии с данным критерием проведем распределение хозяйствующих субъектов края с учетом режимов налогообложения на микропредприятия, малые, средние и крупные предприятия. При этом необходимо отметить, что из перечня предприятий были исключены три организации, имеющие аномально высокие показатели налоговой нагрузки (рис. 2).

В регионе преобладают микропредприятия, среднесписочная численность сотрудников в которых менее 15 человек. Таких организаций в 2021 г. насчитывалось 105. Малых предприятий (16-100 человек) оказалось 62, средних (101-250 человек) – 24 и крупных (более 250 человек) – 22.

Преобладающим режимом налогообложения в крае среди рассмотренных 213 сельскохозяйственных организаций является ЕСХН, его применяют 139 хозяйств, или 65 % от общего количества. Среди микро-, малых и средних предприятий данная система также является преобладающей. В то же время крупные предприятия в основном применяют ОСН – 73 % от общего количества.

Распределение численности сельскохозяйственных организаций в зависимости от налогового режима и отраслевой специализации представлено в табл. 1.

Таблица 1. Распределение сельскохозяйственных организаций региона в зависимости от режима налогообложения и отраслевой специализации

Показатели	ОСН	ЕСХН	УСН	Итого
<i>Микропредприятия</i>				
Производство продукции растениеводства	9	64	12	85
В том числе собственная переработка	0	0	0	0
Производство продукции животноводства	1	11	1	13
В том числе собственная переработка	0	0	0	0
Производство продукции растениеводства и животноводства	0	7	0	7
В том числе собственная переработка	0	0	0	0
<i>Малые предприятия (за исключением микропредприятий)</i>				
Производство продукции растениеводства	16	17	2	35
В том числе собственная переработка	2	1	0	3
Производство продукции животноводства	3	5	0	8
В том числе собственная переработка	0	1	0	1
Производство продукции растениеводства и животноводства	3	15	1	19
В том числе собственная переработка	1	2	0	3
<i>Средние предприятия</i>				
Производство продукции растениеводства	3	2	0	5
В том числе собственная переработка	1	1	0	2
Производство продукции животноводства	5	5	0	10
В том числе собственная переработка	2	0	0	2
Производство продукции растениеводства и животноводства	2	7	0	9
В том числе собственная переработка	1	6	0	7
<i>Крупные предприятия</i>				
Производство продукции растениеводства	1	0	0	1
В том числе собственная переработка	0	0	0	0
Производство продукции животноводства	6	2	0	8
В том числе собственная переработка	3	2	0	5
Производство продукции растениеводства и животноводства	9	4	0	13
В том числе собственная переработка	6	3	0	9

Микропредприятия в основном используют льготные режимы налогообложения (ЕСХН, УСН) и специализируются на производстве продукции растениеводства – 85 хозяйств из 105. Производством продукции животноводства здесь занято 13 организаций, а совмещают производство по двум отраслям – всего 7. Собственную переработку микропредприятия края не осуществляют.

Малые предприятия (за исключением микропредприятий) также преимущественно находятся на ЕСХН и производят продукцию растениеводства. Также здесь значительная часть хозяйств занимается производством продукции растениеводства и животноводства – 24 % общего количества. Среди малых предприятий 7, или 11 %, осуществляют собственную переработку.

Средние предприятия применяют ОСН и ЕСХН – 10 и 14 организаций соответственно. Большая часть этих хозяйств специализируется на производстве продукции животноводства – 10 организаций, растениеводства и животноводства – 9. Доля хозяйств, осуществляющих собственную переработку, составляет 46 %.

Крупные предприятия преимущественно находятся на ОСН (16 организаций из 22). Большая часть занимается производством продукции растениеводства и животноводства – 13 хозяйств, из них 9 осуществляют собственную переработку.

Проведем оценку эффективности экономической деятельности сельскохозяйственных организаций края в разрезе их размеров (табл. 2).

Наибольшая доля убыточных хозяйств в регионе зафиксирована среди микро- и малых предприятий – 9,5 и 9,7 % соответственно. При этом наименьшее количество убыточных организаций приходится на группу крупных предприятий – 4,5 %.

Наименьший уровень налоговой нагрузки приходится на микропредприятия и составляет 6,1 %. По малым предприятиям этот показатель также ниже среднекраевого значения – 10 %. Уровень налоговой нагрузки по средним и крупным предприятиям

Таблица 2. Эффективность сельскохозяйственных организаций Красноярского края

Показатели	Классификация предприятий по размеру			
	микро-	малые (без микро- предприятий)	сред- ние	крупные
Число организаций	105	62	24	22
Доля убыточных организаций, %	9,5	9,7	8,3	4,5
Уровень налоговой нагрузки в среднем на одну организацию, %	6,1	10	17,8	17,1
Уплачено налогов, сборов и страховых взносов в среднем на одну организацию, тыс. руб.	1654	17317	87822,9	269589,3
Доля в общем объеме уплаченных налогов, сборов и страховых взносов, %	1,9	11,5	22,7	63,9
Получено чистой прибыли в среднем на одну организацию, тыс. руб.	9680,2	49067	122901,7	354465,6
Доля в общей чистой прибыли, %	6,9	20,5	19,6	53
Среднегодовая численность работников, занятых в сельскохозяйственном производстве	612	2700,3	4050,8	10895,4
Сумма выручки в среднем на одного работника, занятого в сельскохозяйственном производстве, тыс. руб.	4651,9	3972,6	2924,0	3175,8
Рентабельность затрат, %:				
без учета субсидий	32,1	30,9	24	18,6
с учетом субсидий	43	41,2	30,7	28,4
Коэффициент фискального покрытия	1,6	0,76	0,33	0,43

практически не отличается и составляет соответственно 17,5 и 17,1 %.

При этом наибольший объем уплаченных налогов, сборов и страховых взносов приходится на крупные предприятия и составляет 63,9 %. Доля в общей чистой прибыли здесь также максимальная – 53 %. Кроме того, на крупные предприятия приходится 60 % от общего числа работников, занятых в сельскохозяйственном производстве края.

Что касается эффективности использования имеющихся ресурсов, то она максимальная в микропредприятиях. Так, рентабельность затрат здесь равна 32,1 % без учета субсидий и 43 % – с учетом субсидий.

В каждой последующей группе предприятий с увеличением их размеров рентабельность затрат уменьшается и в крупных составляет 18,6% без учета субсидий и 28,4% –

с учетом субсидий. Это связано с тем, что в данной группе хозяйств производственные затраты выше, чем в более мелких организациях. Соответственно, коэффициент фискального покрытия в микропредприятиях выше, чем в остальных хозяйствах. За 2021 г. объем полученной государственной поддержки здесь в 1,6 раза превысил сумму налоговых платежей.

Выводы

1. В Красноярском крае преобладают малые предприятия (в том числе микропредприятия), специализирующиеся на производстве продукции растениеводства и преимущественно использующие льготные режимы налогообложения (ЕСХН, УСН). Уровень налоговой нагрузки этих хозяйств ниже среднего значения по краю, их доля в уплаченных налогах, сборах и

страховых взносах составляет всего 13,4 %.

2. Средние и крупные предприятия чаще применяют ОСН, специализируются как на производстве продукции животноводства, так и на сочетании производства продукции растениеводства и животноводства, а также имеют собственную переработку. Доля этих субъектов в общих налоговых платежах составляет 86,6 %, а в общей чистой прибыли – 72,6 %. При этом рентабельность затрат в этих организациях ниже, чем в малых предприятиях.

3. Наибольший объем уплаченных налогов, сборов и страховых взносов приходится на крупные предприятия и составляет 63,9 %. Доля в общей чистой прибыли здесь также максимальная – 53 %. Кроме того, на крупные предприятия приходится 60 % от

общего числа работников, занятых в сельскохозяйственном производстве края.

Список

использованных источников

1. Агропромышленный комплекс Красноярского края в 2020 году. Красноярск, 2021. 244 с.

2. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 28.06.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2022) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.07.2022).

3. Официальный сайт министерства сельского хозяйства и торговли Красноярского края [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.krasagro.ru> (дата обращения: 15.05.2022).

4. Федеральный закон «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации» от 24.07.2007

№ 209-ФЗ (от 28.06.2022 № 197-ФЗ) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 12.07.2022).

5. Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» от 29.12.2006 № 264-ФЗ (ред. от 30.12.2021) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.07.2022).

Dependence of Tax Burden of Agricultural Organizations on Their Size

L.A. Ovsyanko, E.I. Kovalenko

(Kras SAU)

Summary. The state of taxation of agricultural organizations in the Krasnoyarsk Territory has been studied. The distribution of economic entities in the region depending on their size in the context of taxation regimes and industry specialization is presented, on the basis of which an assessment of the efficiency of enterprises, including taking into account the level of tax burden, is given.

Keywords: agricultural organizations, tax burden, specialization, efficiency.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта «Эффективность применения различных видов систем налогообложения сельскохозяйственными организациями Красноярского края», поддержанного Красноярским краевым фондом науки.

Информация

В России продолжается сбор сезонных овощей

На сегодняшний день в организованном секторе уже получено 2,2 млн т продукции открытого грунта, что на 1,6 % больше показателя прошлого года. Традиционными лидерами по производству грунтовых овощей являются Астраханская, Волгоградская, Московская, Ростовская, Саратовская, Воронежская области, Краснодарский и Ставропольский края, а также республики Северного Кавказа.

Кроме того, в этом году российские аграрии собрали 1,12 млн т тепличных овощей (+8%). В том числе 654,2 тыс. т огурцов (+7,4%) и 451 тыс. т томатов (+7,7%).

В десятку ведущих регионов в этом сегменте входят Липецкая, Московская, Волгоградская, Калужская, Новосибирская области, Краснодарский и Ставропольский края,



республики Карачаево-Черкессия, Татарстан и Башкортостан. Развитие овощеводства закрытого грунта в России активно поддерживается государством. Для предприятий отрасли предусмотрены льготные инвестиционные кредиты и «стиму-

лирующие» субсидии. Кроме того, с этого года действует механизм компенсации части затрат на строительство тепличных комплексов в регионах Дальнего Востока.

Пресс-служба Минсельхоза России