ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-техническому
обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Научное издание

Москва 2019

Техника и оборудование для села

Сельхозпроизводство ⊛ Переработка ⊛ Агротехсервис ⊛ Агробизнес

ЖУРНАЛ «ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА» – ВАШ ПОМОЩНИК В НАУЧНОЙ, ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ, УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ И УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ!

Ежемесячный полноцветный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села», учредителем и издателем которого является ФГБНУ «Росинформагротех», выпускается с 1997 г. при поддержке Минсельхоза России и Россельхозакадемии. За это время журнал стал одним из ведущих изданий в отрасли и как качественное и общественно значимое периодическое средство массовой информации в 2008, 2009 и 2011 гг. удостоен знака отличия «Золотой фонд прессы». В редакционный совет журнала входят 7 академиков РАН.

В журнале освещаются актуальные проблемы технической и технологической модернизации АПК: инновационные проекты, технологии и оборудование, энергосбережение и энергоэффективность; механизация, электрификация и автоматизация производства и переработки сельхозпродукции; агротехсервис; аграрная экономика; информатизация в АПК; развитие сельских территорий; технический уровень сельскохозяйственной техники; возобновляемая энергетика и др.

Журнал является постоянным участником большинства международных и российских выставок, конференций и других крупных мероприятий в области АПК, проходящих в России, неоднократно отмечался почетными грамотами, дипломами и медалями (более 10).

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Регионы распространения журнала: Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Северный, Северо-Западный, Калининградская область, а также государства СНГ (Украина, Беларусь, Казахстан).

Индекс в каталоге агентства «Роспечать» – 72493, в объединенном каталоге «Пресса России» – 42285.

Стоимость подписки на 2019 г. с доставкой по Российской Федерации – 8316 руб. с учетом НДС (10%), по СНГ и странам Балтии – 9480 руб. (НДС – 0%).

Приглашаем разместить в журнале «Техника и оборудование для села» информационные (рекламные) материалы, соответствующие целям и профилю журнала.

Подписку и размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» с любого месяца, на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области
(Отдел № 28 Управления Федерального казначейства по МО)
ИНН 5038001475/КПП 503801001
ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486X71280,
р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО, БИК 044525000
В назначении платежа указать код КБК (000 0000 0000000 000 440), ОКТМО 46647158.

Адрес редакции: 141261, Московская обл., пос. Правдинский, ул. Лесная, 60,
Росинформагротех, журнал «Техника и оборудование для села».
Справки по телефонам: (495), 993-44-04, (496) 531-19-92;
E-mail: r_technica@mail.ru, fgnu@rosinformagrotech.ru

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-
техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Научное издание

Москва 2019

УДК 004.9:331.43
ББК 32.81:4
Ц 75

Рецензенты:

В.И. Балабанов, д-р техн. наук, проф.,
зав. кафедрой (РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

Р.Ю. Соловьев, канд. техн. наук, доц., директор
(Центр сельскохозяйственного машиностроения)

Ц 75 **Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Буклагин Д.С., Гольтяпин В.Я., Голубев И.Г. Цифровое сельское хозяйство: состояние и перспективы развития**: науч. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019 – 316 с.

ISBN 978-5-7367-1503-9

Рассмотрены состояние и перспективные направления цифровизации сельского хозяйства, ее интеграции с программами цифровой экономики. Отмечено, что ускоренная цифровизация сельскохозяйственного производства должна осуществляться на основе платформы интернета вещей (кибер-физических систем) для управления сельскохозяйственной техникой, теплицами, животноводческими фермами, системами прослеживаемости; обработки потоков получаемых данных и др.

Предназначено для специалистов агропромышленного комплекса, научных работников, преподавателей и студентов образовательных учреждений и лиц, принимающих управленческие решения по технологической модернизации сельского хозяйства.

Fedorenko, V.F., Mishurov, N.P., Buklagin, D.S., Goltyapin, V.Ya., Golubev, I.G. Digital agriculture: state and development prospects: scientific edition – M .: Rosinformagrotekh, 2019 – 316 pp.

The state and perspective directions of digitization of agriculture, its integration with programs of digital economy are discussed. It was noted that the accelerated digitization of agricultural production should be carried out based on the Internet of Things platform (cyber-physical systems) for the management of agricultural equipment, greenhouses, livestock farms, traceability systems, processing data flows, etc. Digital agriculture involves the introduction of information technologies in all areas of agricultural production at various levels. The key areas of digitization of agriculture are the creation and use of precision farming and animal husbandry systems, the use of intelligent systems, IoT technologies, unmanned vehicles and aircraft, machine monitoring systems, robotic devices for various applications, etc.

It is intended for specialists of the agribusiness, researchers, teachers and students of educational institutions and those who make management decisions on the technological modernization of agriculture.

УДК 004.9:331.43
ББК 32.81:4

ISBN 978-5-7367-1503-9

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2019

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в развитых странах происходит широкое применение новых технологий в сельском хозяйстве, сопровождающееся значительным ростом производительности труда, снижением затрат на производство и реализацию продукции, повышением качества потребительских характеристик производимой сельскохозяйственной продукции.

Новые подходы и направления, в числе которых «Прецизионное земледелие», «Разумное земледелие», «Интеллектуальное сельское хозяйство», цифровизация и интернет вещей, базируются на применении современных информационных технологий, автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами, глобальных систем позиционирования, роботов-манипуляторов и других цифровых устройств [1].

Превращение сельского хозяйства из отрасли с традиционными технологиями в высокотехнологическую отрасль стало возможным благодаря контролю и оптимизации полного технологического цикла производства продукции в растениеводстве и животноводстве путем разработки и применения «умных» устройств, передающих и обрабатывающих по определенным программам сигналы, поступающие с каждого объекта и его окружения (датчики, измеряющие параметры почвы, растений, микроклимата, характеристик животных, состояния оборудования и др.), а также применения бесшовных каналов связи между объектами управления.

Полученные данные от различных устройств, расположенных в поле, на ферме, на технике, от метеорологических станций, дронов, спутников, внешних систем по всей производственной цепочке, собранные в одном центре, позволяют получать информацию нового качества, находить закономерности, создавать добавочную стоимость для всех участников, применяя современные методы обработки больших данных, на основе которых принимаются решения, минимизирующие риски, улучшающие структуру производства и реализацию продукции.

Цифровое («умное») сельское хозяйство может определить лучшее время для посадки семян, выбрать оптимальные удобрения и сроки сбора урожая, просчитать время погрузки и доставки груза до покупателя, следить за температурой в зоне хранения и транспортировки для снижения потерь, прогнозировать урожай и доход, а также получать рекомендации по улучшению технологий производства продукции растениеводства и животноводства.

Для реализации цифрового сельского хозяйства совершенствуется и расширяется номенклатура приборов и оборудования с целью получения информации о параметрах плодородия поля и состоянии посевов, необходимых для принятия оптимальных решений при организации современного производства. Происходят дальнейшее развитие электронных устройств, используемых в системе точного земледелия, расширение технического использования Интернета.

Наибольшее распространение в технологиях точного земледелия получили разработки в области использования систем спутниковой навигации. Множество программ и программных решений предлагается для документирования рабочих процессов производства и прохождения продукции, мониторинга ее качества. Высокопроизводительные средства коммуникации и цифровые решения позволяют обрабатывать различные данные и обеспечивают их доступность. Оцифрованную информацию можно получить в любое время практически в неограниченном объеме и независимо от местоположения. Это меняет всю организацию процессов в сельском хозяйстве.

Цифровизация отрасли на основе использования разнообразных машин и механизмов, совместимых с информационными системами и соответствующим программным обеспечением позволит превратить отрасль в высокотехнологичный сектор экономики благодаря значительному росту производительности и снижению непроизводительных расходов, которые характеризуют метод ведения сельского хозяйства, определяемого специалистами Германии как Сельского хозяйства 4.0.

Этот метод включает в себя средства механизации и автоматизации производства, дополненные интернетом вещей (когда машины и оборудование обмениваются данными и командами между собой без участия человека), большим количеством данных и электроникой, проникающей во все сферы аграрного производства [2].

Разработанная Минсельхозом России ведомственная программа «Цифровое сельское хозяйство» интегрируется с направлениями программы цифровая экономика: в части развития сетей широкополосного доступа и телеметрической инфраструктуры как одного из основных технологических элементов цифровых систем, развития стандартов интернета вещей, а также логистики снабжения и доставки продукции сельского хозяйства потребителям. В соответствии с «дорожной картой» по НТИ планируется, что российские компании должны активно включаться в реализацию стратегии «умное» сельское хозяйство, где используются автоматизация, искусственный интеллект, «большие данные». Будет организовано масштабирование отечественных комплексных цифровых агрорешений для таких предприятий АПК, как «умная ферма», «умное поле», «умное стадо», «умная теплица» и др.

В издании дан анализ состояния и перспектив цифровизации и интеллектуализации сельского хозяйства, применения систем точного сельского хозяйства, технологии интернета вещей, использования интеллектуальных систем в растениеводстве и животноводстве, робототехнических систем и систем мониторинга машин, различных приложений для мобильных устройств с целью контроля и управления сельскохозяйственным производством.

1. СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

По прогнозам Организации Объединенных Наций, к 2050 г. в связи с ростом населения Земли потребуется увеличить производство продуктов питания на 70%. Это означает растущий и регулярный спрос на сельскохозяйственную продукцию, появление новых требований к уровню производительности труда в сельском хозяйстве. Поэтому перед отечественной аграрной отраслью остро стоит задача повышения производительности труда и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на основе применения новейших научных достижений и освоения новых технологий производства.

По данным исследований ООО «ПрайсвотерхаусКуперс Консультирование» (PwC), с 2000 г., несмотря на бурное внедрение новых технологий в области мобильной связи, передачи данных и развития сети Интернет, нового скачка в производительности за счет автоматизации не произошло, так как для этого должна быть накоплена определенная критическая масса новых технологий, внедренных в производственную сферу [3].

Во всех развитых странах большие надежды возлагаются на цифровизацию экономики, понимая под этим различные элементы автоматизации, где доминируют технологии интернета вещей, искусственный интеллект, робототехника, цифровые платформы и другие направления.

По прогнозным данным экспертов, к 2020 г. 25% мировой экономики перейдет к внедрению технологий цифровизации, позволяющих эффективно функционировать государству, бизнесу и обществу [4].

По экспертной оценке, в течение сезона фермеру приходится принимать более 40 различных решений: какие семена сажать и когда, как вести обработку, чем лечить заболевшее растение и другие в ограниченные промежутки времени. Многие из этих решений являются объектами цифровизации.

Текущий уровень цифровизации отечественного сельского хозяйства вызывает серьезную обеспокоенность: недостаток научно-прак-

тических знаний по инновационным современным агротехнологиям и методологии, отсутствие глобального прогноза по ценам на сельхозпродукцию, а также неразвитость системы логистики, хранения и доставки приводят к высоким издержкам производства.

Небольшое число сельскохозяйственных товаропроизводителей имеют финансовые возможности для закупки новой техники, использования ИТ-оборудования и платформ. Размер затрат ИКТ (информационно-коммуникационные технологии) по разделу «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство», по данным Росстата, в 2015 г. составили 4 млрд руб., или 0,34% всех ИКТ-инвестиций во все отрасли хозяйства, в 2017 г. – 0,85 млрд руб., или 0,2%. Это самый низкий показатель по отраслям, что свидетельствует о низком уровне цифровизации отечественного сельского хозяйства, однако он показывает, что отрасль обладает наибольшим потенциалом для инвестиций в ИКТ-технологии.

Цифровизация в сельском хозяйстве позволяет создавать сложные автоматизированные производственно-логистические цепочки, охватывающие розничные сети, оптовые торговые компании, логистику, сельхозпроизводителей и их поставщиков в единый процесс с адаптивным управлением. Цифровизация товарных потоков и производства делает возможным системное аккумулирование торговых партий для экспорта продукции АПК [5].

Задачей информационных технологий (ИТ) становится максимальная автоматизация всех этапов производственного цикла для сокращения потерь, повышения эффективности бизнеса, оптимального управление ресурсами. Дальнейшая автоматизация представляет собой более высокий уровень цифровой интеграции, который затрагивает сложнейшие организационные изменения в бизнесе, однако их реализация способна кардинально повлиять на прибыль и конкурентоспособность продукции и компании в целом. Интеграция получаемых данных с различными интеллектуальными ИТ-приложениями, производящими их обработку в режиме реального времени, осуществляет революционный сдвиг в принятии решений для фермера, предоставляя результаты анализа множественных факторов и обоснование для последующих действий. При этом, чем больше датчиков, сенсоров и полевых контроллеров подключены в

единую сеть и обмениваются данными, тем более «умной» становится информационная система и больше полезной информации для пользователя она способна предоставить.

По данным Минсельхоза, Россия занимает 15 место в мире по уровню цифровизации сельского хозяйства, а рынок информационно-компьютерных технологий в отрасли оценивается в 360 млрд руб. Несмотря на возросшие благодаря импортозамещению показатели внутреннего производства сельхохпродукции, эффективность отечественного сельского хозяйства заметно уступает крупнейшим экономикам мира. В России валовая стоимость сельхозпродукции на одного работника в 2015 г. составила 8 тыс. долл., в Германии – 24 тыс., в США – 195 тыс. долл. В числе существующих проблем в области ИТ в агропромышленном комплексе – острая нехватка кадров (специалистов) и зависимость от импортных технологий (порядка 95% технологий в сельском хозяйстве – зарубежные) [6]. В нашей стране только 10% пашни обрабатывается с применением цифровых технологий. Неиспользование новых технологий приводит к потере до 40% урожая. Учитывая необходимость преодоления технологического отставания от развитых стран, предполагается, что доля рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве будет расти с каждым годом, к 2026 г. рынок информационно-компьютерных технологий в отрасли должен вырасти минимум в 5 раз [7].

Среди важных направлений цифровой трансформации аграрной экономики определяющими можно считать технологии интернета вещей, роботизацию, использование дронов, работа с «большими данными», развитие систем искусственного интеллекта. Актуальность опережающего развития этих направлений цифровизации для АПК России обусловлена тем, что позволит не только значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства и преодолеть имеющийся разрыв с передовыми аграрными странами, но и существенно сократить количество работников, необходимых для производства сельскохозяйственной продукции [8].

Одним из наиболее эффективных инструментов в достижении нового уровня цифровизации может стать интернет вещей (Internet of Things, IoT), распространение которого в мировой практике стало возможным благодаря следующим технологическим трендам [3]:

снижение стоимости вычислительных мощностей (процессоров, памяти и систем хранения данных) и передачи данных; развитие «облачных» технологий и «больших данных», благодаря чему становятся доступными гибкие системы хранения и анализа данных, несмотря на постоянное увеличение объема получаемой информации; увеличение числа «подключенных» устройств.

Существует несколько определений сущности интернета вещей [9].

Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г. определяет интернет вещей как «информатизацию различных предметов и включение их в единую сеть сетей». В Указе Президента России от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы» содержится следующее определение: «Интернет вещей – концепция вычислительной сети, соединяющей вещи (физические предметы), оснащенные встроенными информационными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой без участия человека».

По данным всемирного исследования PwC Digital IQ® за 2017 г., IoT занимает первое место в рейтинге, учитывающем уровень инвестиций в новые и перспективные технологии (табл. 1) [3].

Таблица 1

Рейтинг технологий с учетом их инвестиционной привлекательности

Прорывные технологии	От числа опрошенных, %	
	в настоящее время	через три года
Интернет вещей	73	63
Искусственный интеллект	54	63
Робототехника	15	31
3D-принтеры	12	17
Дополненная реальность	10	24
Виртуальная реальность	7	15
Дроны	5	14
Блокчейн	3	11

Области применения технологии IoT в сельском хозяйстве: точное земледелие; «умные фермы»; «умные теплицы»; управление

сырьем сельхозтранспортом, хранение сельскохозяйственной продукции; «большие данные». Возможные области применения IoT в сельском хозяйстве представлены на рис. 1 [3].

Рис.1. Области применения IoT в сельском хозяйстве

Точное земледелие (GPS, датчики, дроны) – широкий спектр технологий от планирования посева и подготовки почвы, мониторинга состояния и управления посевом, контроля уровня влажности, минерализации почвы и температурного режима до сбора урожая. Точное земледелие призвано оптимизировать операционные расходы и повысить урожайность (в среднем на 15–20%) путем сокращения объемов используемых семян, агрохимикатов, удобрений и воды; более эффективного использования земли: с учетом особенностей того или иного участка определяются агрокультура с наибольшей урожайностью, а также оптимальная методика выращивания и ухода для максимизации урожайности.

При использовании в **«умных теплицах»** датчиков, устройств и ПО для удаленного управления теплицами экономия достигается путем более эффективного расхода удобрений, химикатов, воды. Технология позволяет оптимизировать количество персонала для ухода за культурами и снизить потери, возникающие из-за «человеческого фактора».

«Умные фермы» (датчики, устройства и ПО для мониторинга) позволяют повысить продуктивность животных и качество продукции. По оценке экспертов рынка, автоматизированные системы откорма, дойки и мониторинга здоровья скота могут повысить надои на 30-40%.

Мониторинг транспорта с помощью GPS и датчиков позволяет в первую очередь снизить до 20% расход топлива, оптимизировать маршруты и загрузку персонала. Актуальным остается вопрос сохранности сырья в процессе его сбора и перемещения – соответствующие датчики позволяют полностью отслеживать местонахождение и массу перемещаемого сырья, предупреждая возможные потери груза.

Управление сырьем (датчики, устройства и ПО для мониторинга) призвано сократить потери (до 25%) из-за неоптимальных условий хранения сельхозпродукции. Специально заданные алгоритмы в режиме реального времени осуществляют мониторинг состояния продукции (в частности, температурный режим хранилищ, уровень влажности, содержание углекислого газа) и помогают принять решение о необходимости изменения режима хранения или продажи продукции / дальнейшей переработки.

По мнению экспертов, ключевыми барьерами развития IoT в России является низкий уровень компетенций по созданию, внедрению и эксплуатации технологических решений в сочетании с существенной зависимостью от импорта. Сопутствующими ограничениями являются низкий уровень готовности технологий, высокая стоимость, отсутствие видимых экономических эффектов от их внедрения [10].

Ускорение цифровых преобразований в сельском хозяйстве, формирования цифрового аграрного сектора экономики в значительной степени зависит от инвестиционного климата в стране, увеличения инвестиций в отрасль. За последние пять лет общий мировой объем инвестиций в цифровые технологии для нужд сельского хозяйства достиг 10,1 млрд долл. Россия занимает пока только 1,5% от мирового объема интернета вещей, а в сельском хозяйстве доля еще ниже. Увеличение инвестиций способствует повышению уровня цифровизации сельского хозяйства [6].

Таким образом, «умное сельское хозяйство» позволяет максимально автоматизировать сельскохозяйственную деятельность, по-

высить урожайность и качество продукции. По предварительной оценке, общий минимальный экономический эффект от внедрения технологии IoT в сельском хозяйстве за период до 2025 г. может составить около 469 млрд руб. благодаря оптимизации затрат на персонал, сокращению потерь урожая (зерна) и горюче-смазочных материалов.

На российском рынке нет комплексных отработанных локализованных ИТ-решений для внедрения. Существует множество отдельных предложений, однако предприятия сталкиваются с трудностями при адаптации этих решений под свои потребности и интеграции решений между собой [3]. Поэтому в Российской Федерации с учетом как общего технологического отставания аграрной отрасли, так и низкого уровня производительности труда технологии IoT в сельском хозяйстве внедряются точечно, в основном крупными компаниями. По мнению экспертов, наибольшим потенциалом будут обладать технологии мониторинга и управления техникой и технологии точного земледелия. Ожидается, что в соответствии с планами по развитию технологий IoT в агропромышленном комплексе доля предприятий, использующих решения IoT, к 2019 г. может составить 30% [7].

Значительное место цифровизация должна занять в системе, охватывающей всю цепочку формирования стоимости в агропромышленном бизнесе (AgTech-система). Эта система находится на стыке биологии, агрономии, науки о растениях и животных, а цифровизация стала в ней настоящим переломным моментом и положила начало строительству фундамента для будущего развития сельского хозяйства. Слияние технологий и наблюдаемые параллели могут сделать AgTech намного более выгодной сферой вложения средств по сравнению с традиционными инвестициями в сельскохозяйственные исследования [11]. Сельхозпроизводители, которые достигнут прибыльности во всех трех направлениях, смогут улучшить свои показатели и стать лидерами на своих рынках. Любая компания, вне зависимости от своего положения, может эффективно использовать цифровые технологии, данные и стратегии, направленные на повышение производительности и эффективное масштабирование бизнеса. Нахождение компании на определенном участке цепочки фор-

мирования стоимости определяет, как ей с максимальной выгодой воспользоваться достижениями и эффектами пересечения технологий для обслуживания клиентов и создания новых возможностей получения дохода.

Исследовательская компания «J'son & Partners Consulting» провела исследования и представила результаты анализа текущего состояния и перспектив развития интернета вещей (IoT) в сельском хозяйстве России и в мире [12]. Эксперты компании оценивают, что благодаря технологиям точного земледелия, основанным на интернете вещей, можно получить всплеск урожайности такого масштаба, какого человечество не видело даже во времена появления тракторов, изобретения гербицидов и генетически изменённых семян. Применение технологий нового поколения способно повысить производительность мирового сельского хозяйства к 2050 г. на 70%. Цифровизация и автоматизация максимального количества сельскохозяйственных процессов входят как осознанная необходимость в стратегии развития крупнейших агропромышленных и машиностроительных компаний в мире.

Ключевым ресурсом для дальнейшего роста продуктивности сельского хозяйства, обеспечения стабильного результата и повышения конкурентоспособности в локальном и мировом масштабах становятся данные и продвинутые системы управления данными (data science и data management). В 2010 г. в мире насчитывалось не более 20 высокотехнологичных компаний в сфере сельского хозяйства, а за период 2013-2016 гг. было проинвестировано уже более 1300 новых технологических стартапов на общую сумму более 11 млрд долл. Заметную активность, кроме США, проявляют Канада, Индия, Китай, Израиль.

Длинная цепочка создания стоимости сельскохозяйственных продуктов и большое количество нерешенных в отрасли задач, которые могут быть решены с помощью IT и автоматизации, являются главными доводами в пользу инвестиционной привлекательности отрасли. Технологии сельского хозяйства с поддержкой данных включают в себя сенсоры, коммуникации и связь, хранение данных и агрегация, оптимизационное оборудование, большие данные и аналитика, IT и мобильные платформы. «Аналитику и большие данные» на-

звали своим приоритетом 46% всех опрошенных руководителей. На втором месте по популярности «продуктовая» безопасность и отслеживаемость продукции (29%), а также биологическая наука (29%).

Сельскохозяйственное производство является самым уязвимым бизнесом, поскольку очень зависит от погоды и природных явлений. В отличие от производства в сельском хозяйстве нельзя структурировать все бизнес-процессы заранее. Засуха или избыток влаги, недостаток или превышение нормы удобрений, сорняки и насекомые требуют немедленного вмешательства. Вспышка болезни может быть неожиданной и не всегда легко определить ее причину; при позднем обнаружении и неправильном обращении болезнь способна погубить часть урожая.

Недостаток информации для принятия решений приводит к тому, что в процессе производства теряется значительная часть урожая. Выявлено, что 2/3 факторов, влияющих на потери, можно контролировать с помощью автоматизированных систем управления (Hi-Tech Management). Чтобы фермер смог повторить успех, достигнутый учеными в управлении урожайностью, ему необходимо организовать сбор подробных исторических данных по предыдущим урожаям, погоде, эффекту от применения средств защиты растений и удобрений; организовать непрерывный доступ к информации о погоде, температуре и содержании веществ в почве через систему полевых или встроенных в сельскохозяйственную технику датчиков и телекоммуникационных сетей; интегрировать всю информацию в систему управления данными и др.

Задачей информационных технологий становится максимальная автоматизация всех этапов производственного цикла для сокращения потерь, повышения продуктивности бизнеса, оптимального управление ресурсами. Интеграция получаемых данных с различными интеллектуальными ИТ-приложениями, производящими их обработку в режиме реального времени, осуществляет революционный сдвиг в принятии решений для фермера, предоставляя результаты анализа множественных факторов и обоснование для последующих действий. При этом, чем больше партнеров подключены в единую сеть и обмениваются данными через облако, тем более «умной» становится информационная система и больше полезной информации

для пользователя она способна предоставить. На основе научных расчетов система способна создавать рекомендации по обработке и уходу за растениями или инструкции для автоматического исполнения роботизированной техникой. Впервые за всю историю сельского хозяйства у фермера появляется возможность контролировать природные факторы, проектировать точные бизнес-процессы, и, кроме того, прогнозировать результат с математической точностью.

По прогнозам экспертов, общий экономический эффект от внедрения интернета вещей во всех отраслях экономики в глобальном масштабе составит к 2020 г. 1,9 трлн долл. На долю сельского хозяйства приходится 4%, т.е. примерно 76 млрд долл. Рынок «умного фермерского хозяйства» в 2016 г. оценивается в 3 млрд евро и 4,5 млрд евро – к 2020 г., при этом доля США составляет более 40% глобального рынка. Совокупный рост производительности растениеводства за счет внедрения решений точного земледелия может вырасти на 70% и принести 800 млрд долл. дополнительной продукции к 2050 г.

Средний уровень проникновения технологий точного земледелия в США оценивается на уровне 30-50%, при этом в крупных хозяйствах уровень использования технологий в 2 раза выше, чем в небольших. Применение технологий точного земледелия в активных земледельческих районах США составляет 60-80%. Самые распространённые элементы точного земледелия: компьютер с высокоскоростным доступом в Интернет, анализ почвенных проб (98%); карты и мониторы урожайности, навигационные GPS-системы (~80%); технологии дифференцированного внесения (VR) и предписывающие карты (prescription maps) применяют более 60% респондентов, а спутниковые снимки и анализ вегетативного индекса растений – не более 30% фермеров.

Что касается технологий сбора и обработки данных: использование данных и программного обеспечения для составления карт урожайности является наиболее распространенной практикой (80%), за которой следует разработка планов или предписаний для применения VR-технологии для внесения питательных веществ и удобрений, а также для посева и посадки (50-60%). Индустриальный характер сельского хозяйства США и сочетание автоматизации с быстрым внедрением в практику новейших высокотехнологичных

достижений обеспечивают лидерство страны по эффективности сельского хозяйства и объему рынка Agro IoT. Важно подчеркнуть, что продвижение таких систем в США осуществляется крупными фермерскими хозяйствами с минимальным участием государства.

Наиболее развитым регионом с точки зрения оснащенности сельского хозяйства современной техникой является Германия, где самое большое в мире количество тракторов на единицу площади. Страна является «автором» термина «Индустрия 4.0», связанного с цифровизацией промышленности. Концепция «Индустрия 4.0» предусматривает сквозную цифровизацию всех физических активов, их интеграцию в цифровую экосистему предприятия вместе с партнерами, участвующими в цепочке создания стоимости. Цифровые технологии получения, анализа и обмена данными связаны со значительными инвестициями и часто недоступны для мелких и средних хозяйств, но их внедрение позволят осуществить технологические изменения, обеспечивающие повышения производительности труда, сокращение издержек на всех этапах производства и улучшение экономических показателей предприятий [13].

Несмотря на то, что в Европе 70-80% сельхозтехники продается со встроенными «умными» и навигационными системами, количество «подключенной» техники находится на уровне 25-30%. Основными барьерами европейского рынка являются меньшая доля крупных фермерских хозяйств по сравнению с США, наличие большого количества «семейных» многовековых преемственных бизнесов, для которых покупка техники с подключенной электроникой является дорогостоящей, а также тот факт, что большинство хозяйств уже имеют в использовании тракторную технику, что препятствует ее замене на более инновационную.

В США и Германии использование Итернета в сельской местности – на уровне 70-80%, в Канаде проникновение технологий точного земледелия по некоторым базовым элементам доходит до 60-80% и более. По данным опроса фермеров, общее отношение к точному земледелию в Канаде в целом позитивное: 84% опрошенных фермеров используют тот или иной элемент технологии точного земледелия, 93 – согласились с тем, что точное земледелие выгодно, 75% планируют увеличить использование технологий точного земледе-

лия. Страна имеет самую высокую выработку на одного работника и обогнала в 2015 г. по этому показателю США. Обусловлено это высоким проникновением автоматизированных систем и hi-tech технологий, сильной государственной поддержкой отрасли (например, фермеры имеют бесплатный доступ к разнообразным интерактивным картам, сделанные на основе спутниковой съемки).

Основная задача, которая стоит перед российским сельским хозяйством, – повышение производительности. Отставание по уровню производительности труда в сельском хозяйстве страны в целом по сравнению с Германией составляет 3 раза, с США – более чем 20 раз (в России валовая стоимость сельхозпродукции на одного работника в 2015 г. составила 8 тыс. долл., в США – 195 тыс.). Вызвано это низким уровнем механизации и использования удобрений, а также большой долей крестьянско-фермерских и малых фермерских хозяйств, которые не обладают финансовыми возможностями для закупки новой техники, использования подключенного оборудования и внедрения агроинноваций.

Уровень производительности труда в сельском хозяйстве определяют состояние сельскохозяйственной науки, исследований, разработок (НИОКР); внедрение инноваций, передача передового опыта о способах обработки, защиты и возделывания растений, мелиоративные достижения; состояние смежных поддерживающих отраслей – промышленности, биохимии (новые материалы, добавки, удобрения, химические средства защиты), биотехнологии (новые высокоурожайные сорта, устойчивые к стрессовым факторам); социально-экономические факторы (уровень образования, техническая квалификация, мотивация, дисциплина, бытовые условия жизни и деятельности, распространение лучших достижений) и др.

Развитые страны ставят своей целью максимально увеличить производительность сельского хозяйства и отдачу на единицу площади за счет применения технологий точного земледелия, инструментов сбора и анализа данных и средств автоматизации сельскохозяйственных процессов, поэтому для России актуальна задача ускоренного сокращения технологического отставания.

По оценке компании «J’son & Partners Consulting», суммарный экономический эффект от перехода сельского хозяйства на бизнес-

модели, базирующиеся на IoT и цифровизации, может составить более 4,8 трлн руб в годовом выражении, или 5,6% прироста ВВП РФ (относительно показателей за 2016 г.), а возможный прирост объема потребления информационных технологий за счет цифровизации только отрасли сельского хозяйства в России может составить 22%.

По данным Минсельхоза России, элементы точного земледелия применяются в 1591 хозяйстве страны на площади 7521 тыс. га. Лидирующее положение по количеству хозяйств в регионе занимают Липецкая, Орловская, Самарская, Курганская, Воронежская и Тюменская области (рис. 2), а по площадям хозяйств региона – Липецкая (2352 тыс. га), Самарская (704 тыс. га) и Орловская (684 тыс. га) области [14-17]. По применению технологий точного животноводства лидируют Липецкая (51 хозяйство), Ленинградская (46) и Костромская (24) области.

Доля предприятий АПК, использующих технологии интернета вещей, точного земледелия, цифрового стада, «умных теплиц», в 2018 г. составила менее 1%. Прогнозируется, что к 2021 г. она достигнет 20%, а к 2024 г. – 60%. Доля покрытия различными технологиями связи земель сельскохозяйственного назначения в 2018 г. находится на уровне 10%. Ожидается, что к 2021 г. она достигнет 30%, а к 2024 г. – 70%.

На рис. 3 приведены результаты опроса сельхозтоваропроизводителей по востребованности элементов точного земледелия и интернета вещей (данные ФГБОУ ВО КубГАУ) [16]. На первых местах – дифференцированные внесение удобрений и опрыскивание, составление цифровых карт и планирование, мониторинг состояния посевов и качества урожая.

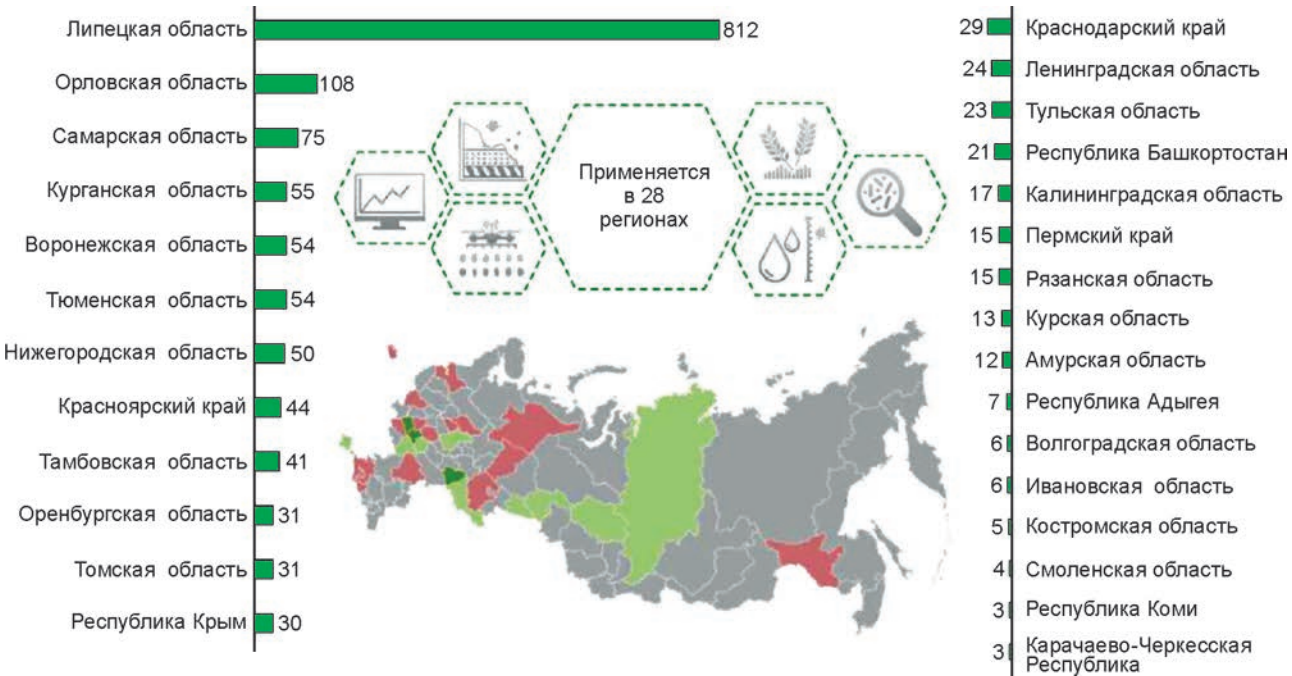


Рис. 2. Рейтинг регионов, использующих элементы точного земледелия (по количеству хозяйств)

Рис. 3. Рейтинг востребованности элементов точного земледелия и интернета вещей, баллы (от 0 до 100)

Новизна цифровых технологий и отсутствие инфраструктуры для них сдерживают их внедрение в России. Специалисты Минсельхоза России обращают внимание на следующие проблемы внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство [14]: недостаточный уровень знаний в области создания и использования информационно-коммуникационных технологий; отсутствие необходимого количества устройств и датчиков российского производства (высокая импортозависимость), а также IT-специалистов в отрасли (в сельском хозяйстве занято 4706 тыс. человек, из них IT-специалистов примерно 113 тыс., нехватка составляет минимум 90 тыс. человек); трансформация профессий (около 40% профессий могут исчезнуть к 2030 г.); кибератаки; риск искусственного интеллекта.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р утверждена Госпрограмма «Цифровая экономика Российской Федерации», где указано, что ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности являются данные в цифровой форме, что повышает конкурентоспо-

собность страны, качество жизни граждан, обеспечивает экономический рост и национальный суверенитет [18].

Минсельхозом России разработан ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» со сроком реализации 2019-2024 гг., основной целью которого является внедрение цифровых технологий и платформенных решений, обеспечивающих технологический прорыв в АПК и достижение роста производительности труда на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 г. [19]. Программа цифровизации сельского хозяйства должна обеспечить повышение производительности труда, использование широкополосной, мобильной, LPWAN-связи, информационных технологий, продукции отечественного приборостроения (табл. 2) [20].

Таблица 2

Целевые показатели ведомственного проекта Минсельхоза России «Цифровое сельское хозяйство»

Доля ресурсов в Big Data, %:	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
земля	75	100	100	100
скот	1	25	50	100
техника	50	75	100	100
Доля СМАРТ-контрактов с получателями субсидий, %	0	10	50	100
Коэффициент снижения затрат, %	0	5	15	20
Доля материальных затрат в себестоимости продукции, %	65	60	55	50
Рост производительности труда, %	100	105	125	150
Доля инвестиций в Digital Technologis (в том числе made in Russia), %	0,5 (0,1)	1 (0,5)	3 (1,5)	7 (5)

В рамках данного проекта запланировано формирование общей системы учета сельскохозяйственных земель. С ее помощью можно отследить, какая часть земель в действительности используется, а какая – пустует. Предусмотрена также возможность отслеживания движения производимой аграриями продукции: непосредственно с «поля» (теплицы, фермы) и до торговых полок [21].

Внедрение программы цифровизации в агропромышленный комплекс предполагает повсеместное использование роботов для сбора и анализа информации о состоянии почв и создания общей для всей страны интерактивной почвенной карты. Наличие такой карты поможет рассчитать точное количество удобрений, необходимых для возделывания каждого конкретного участка сельхозугодий. Данный подход к ведению сельского хозяйства будет способствовать не только эффективному использованию удобрений и повышение урожайности, но и вовлечению в агропромышленный комплекс молодых IT-специалистов, имеющих знания и желание работать с информационными и роботизированными системами.

Разработанная программа предусматривает интеграцию с программами цифровизации других отраслей, в том числе логистических грузоперевозок, что обеспечит развитие экспорта продукции и сформирует платформы для сквозных цифровых решений [22].

«Дорожная карта» по технологии интернета вещей готовится с участием ФГБНУ ФНФЦ ВИМ. Ее цель – создание технических, правовых и организационных условий для применения данной технологии и реализации ключевых задач развития АПК. В документе прописаны мероприятия в части исследований и разработок в области интернета вещей, стандартизации данных технологий в АПК, развития цифровой инфраструктуры, улучшения системы подготовки и повышения квалификации специалистов в этой сфере, совершенствования госрегулирования [23]. Институт взаимодействует с научными организациями и промышленными предприятиями по электронике, прежде всего, с оборонным комплексом. Конкретизированы задачи применения цифровых технологий и приборов при разработке новой высокопроизводительной техники, производстве продукции растениеводства и животноводства, управлении садами, машинами и механизмами с целью повышения эффективности АПК.

Кроме ведомственной программы «Цифровизация сельского хозяйства», рабочей группой Национальной технологической инициативы (НТИ) «Автонет» в конце 2018 г. одобрены три проекта по внедрению цифровых технологий для сельского хозяйства и грузовых перевозок. Общая сумма софинансирования – 685,5 млн руб. [24].

Проектом «Системы интеллектуального управления сельскохозяйственной техникой» занимается ООО «Агротэк-групп» (г. Саратов). Технология представляет собой автоматизированную систему дистанционного управления механизированной техникой для работы на полях. Стоимость проекта – 600 млн руб., из них 180 млн должна вложить компания-разработчик, а 420 млн поступят за счет бюджетного софинансирования. Ожидается, что выручка «Агротэк» к 2025 г. составит 1,4 млрд руб.

Другой проект будет реализовывать компания «Avrora Robotics» (г. Рязань). К 2021 г. планируется запуск первого в России инновационного агрохозяйства с применением автоматизированной сельхозтехники. Также на рынок выведут сервис «АгроРобоСервис» на основе цифрового земледелия и разработают сопутствующие технологии и информационные системы. Проект потребует вложений на 279,7 млн руб., из них 84,2 млн составят инвестиции (включая гранты), еще 195,5 млн руб. запрашивают в виде софинансирования.

Третий проект цифровой платформы Expeditor.Pro (г. Москва) для взаимодействия грузовладельцев, логистических операторов и перевозчиков поможет спланировать, организовать и контролировать автоперевозки. Реализует проект ООО «Экспедитор.Про». Сервис объединит биржу и навигационную систему, которая оповестит транспортное средство об ограничениях на дороге по грузоподъемности и размерам. С помощью Expeditor.Pro отправители смогут отслеживать грузы онлайн и перевозить небольшие партии в любые точки. Как уточнил представитель «Автонета», малые грузы будут собирать на определенном складе и отправлять одной машиной от разных поставщиков. Отмечается, что модель схожа с той, которую использует для перевозок «Amazon». Бюджетные инвестиции в проект составят 70 млн руб., еще часть средств поступит от инвесторов. Общая стоимость проекта – 100 млн руб., ожидаемая выручка компании к 2023 г. – 2,2 млрд руб.

2. ТОЧНОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Развитие компьютерных технологий и широкий доступ к использованию систем глобального позиционирования и географических информационных систем (ГИС) привели к появлению новой концепции, получившей название «точное земледелие», или «координатное земледелие». В отличие от традиционной системы земледелия точное земледелие привязывает к конкретным навигационным координатам не всё поле в целом, а каждый его отдельный (сопоставимый с точностью глобального позиционирования) участок со значениями его рельефа, плодородия, растительного состава и других признаков, которые определяют обоснованные агротехнологические приемы возделывания конкретных сельскохозяйственных культур [25].

Система точного земледелия – быстроразвивающаяся наукоемкая технология, включающая в себя новые методы и приемы ведения сельскохозяйственного производства, мобильные комплексы, приборы и программные продукты для анализа данных и решения следующих задач [26]: отслеживание изменения состояния полей и посевов на различных участках для определения последовательности их обработки; создание электронных карт для дифференцированного внесения материалов; мониторинг и прогнозирование урожайности; контроль использования техники с помощью GPS; ведение пространственно распределённой базы данных, т.е. привязка информации к объектам на карте; автоматизация ведения отчетов по всем технологическим процессам, что повышает их достоверность, избавляя от влияния человеческого фактора; накопление и хранение данных с отслеживанием динамики процессов (электронный формат обеспечивает наглядность их представления); контроль за исполнением принятых решений.

Использование технологий точного земледелия позволяет на каждом этапе выращивания культуры анализировать планируемые и фактические затраты, осуществлять контроль себестоимости продукции.

Ключевыми элементами точного земледелия, которые находят практическое применение, являются глобальная система определения

координат со спутников с непосредственным вводом информации в бортовой компьютер сельскохозяйственных машин; географические информационные системы (ГИС); многослойные электронные карты, с помощью которых создается компьютерная модель хозяйства, позволяющая оперативно производить расчеты, формировать отчеты и задания, ставить виртуальные эксперименты для принятия оптимальных управленческих решений; автоматическое вождение сельскохозяйственных агрегатов на базе навигационных спутниковых систем, обеспечивающих точность технологических операций (посев, обработка, уборка) с учетом особенности рельефа и т.д.; оценка состояния почвы и растительного покрова каждого конкретного участка поля с применением специального оборудования [27].

В технологии точного земледелия используются:

- глобальная навигационная спутниковая система, позволяющая с помощью установленных на мобильное средство специальных GPS-приемников определять местоположение, скорость и расстояние до эксплуатируемой техники;
- географические информационные системы, предназначенные для решения научных и прикладных задач инвентаризации и оценки окружающей среды и обеспечивающие сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно координированных данных;
- программное обеспечение для анализа собранной информации и принятия производственных решений;
- оборудование для создания электронных карт полей путем наземных измерений или с помощью беспилотных летательных аппаратов, аэро- или космической съемки;
- уборочные агрегаты, оснащенные специальным оборудованием, предназначенным для определения урожайности на отдельных участках поля с обязательной географической привязкой полученных данных;
- технические и программные средства для составления технологических карт дифференцированного внесения удобрений и средств защиты.

Точное земледелие включает в себя множество составляющих. Условно их можно разбить на три группы: первая – сбор информа-

ции о хозяйстве, поле, культуре, регионе; вторая – анализ информации и принятие решений; третья – выполнение решений, проведение агротехнологических операций.

Для сбора информации (первая группа) используются почвенные автоматические пробоотборники, оснащенные GPS-приемниками и бортовыми компьютерами; геоинформационные системы (ГИС) для составления пространственно-ориентированных электронных карт полей; карты урожайности обмолачиваемых культур, получаемые сразу после уборки; дистанционные методы зондирования (ДДЗ), такие как аэрофотосъемка и спутниковые снимки. Для анализа собранной информации и принятия производственных решений (вторая группа) используется ряд зарубежных и отечественных программных продуктов. Большинство из них – программы расчета доз удобрений с элементами геоинформационных систем, например, Agro-Map, Агроменеджер, УрожайАгро, FieldRover II, Agro View и др. [28].

За рубежом технологии точного земледелия или отдельные их элементы используются достаточно активно. Так, по оценке Агрофизического НИИ Санкт-Петербурга, в странах Евросоюза их применяют около 80% фермеров, в США – 60%. Заметных успехов добились производители Бразилии, Дании, Японии, Аргентины [29].

Отечественные сельхозпроизводители также внедряют технологии точного земледелия и его элементы. Так, специалисты компании «Агроко» используют в работе на полях в Центральном Черноземье картирование, элементы спутникового сервиса по определению NDVI-индекса, прогнозирования урожайности, технологии позиционирования машин, а также системы спутникового мониторинга для контроля работы сельхозтехники.

Агрофирма «Прогресс» (Краснодарский край) начала внедрение технологии точного земледелия с освоения автопилотов на тракторах и опрыскивателях, обеспечивающих точность до 2,5 см за счет сигналов с RTK-вышек. В последние годы агрофирма внедрила дифференцированное внесение удобрений.

«Волгоградская АгроПромышленная компания» внедряет точное спутниковое позиционирование для параллельного вождения и контроля техники, сбор статистики условий работ на полях для анализа зон обработки по критериям скорости и времени, а также

беспилотную съемку участков пашни для оценки вегетации. В числе преимуществ используемых предприятием технологий – контроль и наличие собранной статистики об условиях работ на полях, что в дальнейшем позволит принимать решения по оптимизации: корректировать графики работ, оценивать эффективность сотрудников, снижать потери ГСМ.

Опыт внедрения технологий точного земледелия в Меньковском филиале Агрофизического НИИ (Ленинградская область) показал, что они позволяют увеличить урожайность пшеницы до 60-70 ц/га второго класса и картофеля до 600-650 ц/га. При этом экономия удобрений и средств защиты растений в среднем за пять лет составила 35%. В других хозяйствах Ленинградской области, применяющих элементы технологий точного земледелия, также есть существенные результаты. Например, урожайность моркови повысилась на 21%, а капусты – на 28%, при этом значительно улучшилось качество продукции [30].

Согласно данным статистических исследований НТЦ «РобоПРОБ» (научно-исследовательский центр, участник проекта «Сколково», занимается внедрением проектов точного земледелия с 2002 г.), в России площадь пашни, обрабатываемой с использованием оборудования, оснащенного системами точного земледелия, ежегодно увеличивается на более чем 3,5%. В мире этот показатель превышает 5% [29].

Внедрение комплекса технических и программных средств для точного земледелия позволяет специалистам принимать обоснованные решения, экономить удобрения, средства защиты растений, топливно-смазочные материалы, благодаря использованию ресурсосберегающих технологий, а в итоге – снизить себестоимость продукции, повысить производительность и эффективность сельского хозяйства.

2.1. Глобальные системы спутникового позиционирования

Глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС) предназначена для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения, поправки показаний часов и

скорости изменения поправки показаний часов потребителя ГНСС в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства [31].

Самой развернутой системой спутникового позиционирования является американская система GPS NAVSTAR, которая обеспечивает предоставление услуг в глобальном масштабе. В составе орбитальной группировки GPS в штатном режиме используется 31 навигационный спутник, каждый передает радиосигнал, содержащий данные о местоположении, времени сигнала, основных параметрах спутника и наземных станций слежения, объединенных в общую сеть. В системе GPS предусмотрено применение двух различающихся кодированных сигналов: кода P (*precision* – точный) и C/A (*clear acquisition* – легкообнаруживаемый). Обработка сигналов в GPS-приемнике обеспечивает точность P кода более 10 м и C/A кода – около 20 м. Для развития системы GPS предусмотрены программы повышения точности гражданского навигационного сигнала, создания новых навигационных спутников с повышенными тактико-техническими характеристиками, реализации пространственного селективного доступа и др. [26].

В Российской глобальной навигационной спутниковой системе (ГЛОНАСС) по целевому назначению используются 23 навигационных спутника, один временно выведен на техническое обслуживание, а 3 находятся в орбитальном резерве.

ГЛОНАСС – навигационная система двойного назначения, которая обеспечивает решение навигационных и координатно-временных задач в интересах специальных и гражданских потребителей (рис. 4). Позволяет осуществлять глобальную непрерывную навигацию путем использования сигналов стандартной и высокой точности с вероятностью 0,95 при 18 спутниках в группировке и 0,997 – при 24.

В отличие от системы GPS, реализующей кодовое разделение сигналов, в системе ГЛОНАСС используется частотное разделение сигналов. Если в системе GPS две частоты передачи сигналов, то в системе ГЛОНАСС два диапазона частот. По аналогии с системой GPS диапазон частот сигнала стандартной точности называют диапазоном L1, а диапазон частот высокой точности – L2.

Рис. 4. Состав системы ГЛОНАСС

Развитие системы ГЛОНАСС намечено федеральной целевой программой «Глобальная навигационная система», которая предусматривает повышение точности и достоверности определения координат объектов, внедрение спутниковых навигационных технологий в информационные контуры управления движением, повышение уровня безопасности в дорожно-транспортном комплексе страны, значительное снижение эксплуатационных расходов и отказ в перспективе от использования традиционных наземных навигационных радиотехнических средств.

Разработка глобальных навигационных систем ведется также в европейских странах (Galilto), Китае (COMPAS), Индии (IRNSS) и Японии (QZSS).

Базовым методом определения координат является вычисление расстояния от GPS-приемника до нескольких спутников, расположение которых считается известным. GPS-приемник определяет свое

положение в теоретической трехмерной системе координат (x-y-z), затем эти значения конвертируются в координаты широты, долготы и высоты над уровнем моря. Постоянно отслеживая свое местоположение в течение некоторого времени, GPS-приемник может рассчитать скорость и направление движения. Для обеспечения точности вычислений полученный сигнал спутника должен корректироваться с помощью дифференциальной системы позиционирования (DGPS).

С помощью дифференцированного коррекционного сигнала устраняется более 90% погрешностей, связанных с влиянием атмосферы Земли на спутниковый сигнал, а также вызванных неточностью вычисления времени и высоты орбит спутников. Есть множество широкозонных, региональных и локальных дифференциальных систем.

В мире существуют следующие системы дифференциальных поправок: американская WAAS, европейская EGNOS, японские MSAS и QZSS, индийская GAGAN. Эти системы используют геостационарные спутники для передачи поправок всем потребителям, находящимся в зоне их покрытия (2000-5000 км^2). Диапазон рабочей зоны региональных систем – от 400 до 2000 км^2. Максимальный радиус действия локальных систем – 50-200 км. Сервисы DGPS условно можно разделить на два типа: наземный и спутниковый. Они могут быть бесплатными и платными.

На территории России основными видами спутниковых бесплатных дифференциальных поправок являются системы EGNOS (только европейская территория России, не включая Южный федеральный округ и Поволжье), обеспечивающие точность 40-50 см; StarFire 1 (фирма «John Deere») работает только с фирменным оборудованием и обеспечивает точность 35 см. Среди платных систем коррекции следует отметить спутниковые дифференциальные сервисы Omnistar, предусматривающие несколько видов поправок: Omnistar VBS (точностью 15-20 см), Omnistar HP/XP – точность 8-10 см, а также StarFire 2 (точность 10-18 см).

К платным наземным поправкам относятся RTCM и RTK, позволяющие добиться точности 50 и 2-5 см соответственно. Для RTK-режима требуются два специализированных GPS-приемника и два радиомодема (рис. 5) [25]. Один приемник, являясь базовой станцией, передает сообщение поправки подвижному приемнику (ро-

веру). Оба приемника собирают дополнительные данные от GPS-спутников по каналу L2, что повышает точность.

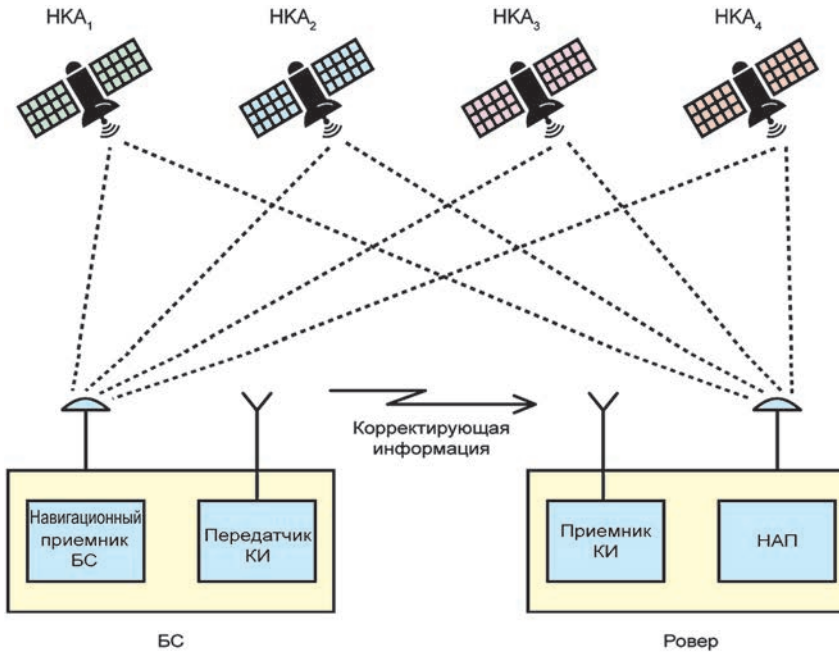


Рис. 5. Принцип организации дифференциального режима ГНСС (НКА-навигационный космический аппарат, БС-базовая станция, НАП-навигационная аппаратура потребителей, КИ-корректирующая информация)

Поправки передаются по радиоканалу в радиусе 11 км от базовой станции и ограничиваются мощностью передатчика и рельефом местности. Ровер, используя поправки от БС, корректирует свои параметры и получает координаты с более высокой точностью (до 2,5 см). Для вычисления поправок существует метод коррекции координат и метод коррекции по навигационному параметру. В большинстве систем дифференциальной коррекции используется метод коррекции по навигационному параметру. Степень повышения точности определения местоположения напрямую зависит от дис-

танции между ровером и базовой станцией (БС). При увеличении расстояния уменьшается степень корреляции систематических погрешностей БС и ровера и снижается эффект корректировки данных [25]. Поправки, которые формируются специальным программным обеспечением, встроенным в GPS-приёмник, называются внутренними. Они обеспечивают точность движения по параллельным рядам от 20 до 30 см.

2.2. Геоинформационные системы

Географические информационные системы (ГИС) предназначены для решения научных и прикладных задач инвентаризации, анализа, оценки, прогноза и управления окружающей средой; обеспечивают сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Они позволяют создавать базы данных с пространственной и семантической информацией.

Геоинформационные технологии – совокупность приемов, способов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющих реализовать функциональные возможности геоинформационных систем [32]. Такие технологии объединяют в себе методы дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), системы управления базами данных (СУБД), системы глобального позиционирования (GPS), методы анализа и дешифрирования геоинформации, интернет-технологии, системы картографирования, методы цифровой обработки изображений. Они применяются для составления тематических карт хозяйства: карты использования земель, уклонов и экспозиций склонов, типов и характеристик почв, агрохимических данных, текущего состояния растений, урожайности и др. На основе анализа перечисленных карт дается оценка агроклиматических условий данного хозяйства, необходимости внесения удобрений и возможности выращивания конкретной сельскохозяйственной культуры. Обязательными модулями геоинформационной системы являются графические и тематические базы данных; система ввода и хранения данных; преобразование систем координат и трансформация картографических проекций; система управления, анализа и моделирования, система вывода и предоставления данных; взаимодействие с пользователем (рис. 6).

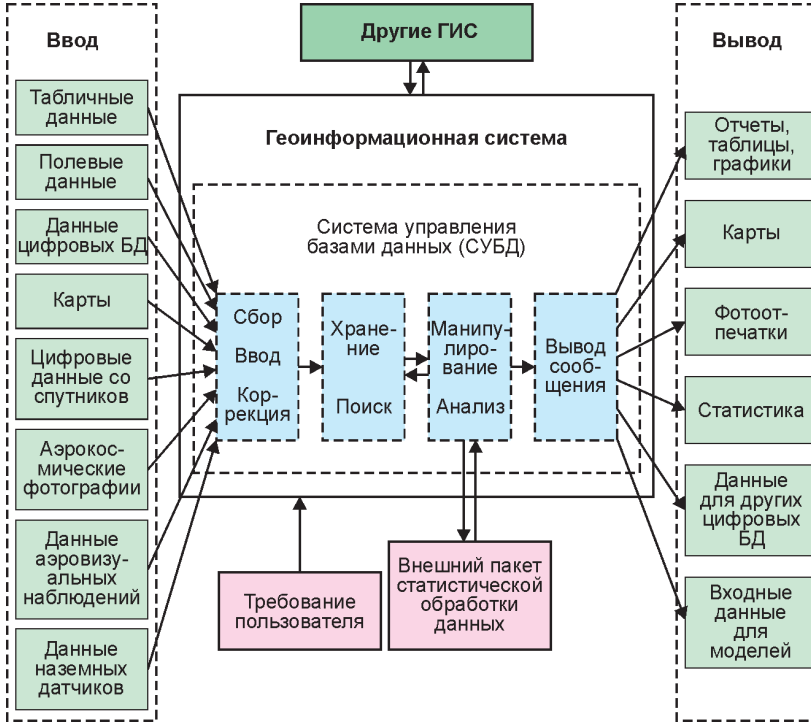


Рис. 6. Схема функционирования ГИС

Программное обеспечение ГИС представляет собой совокупность взаимосвязанных программных модулей, обеспечивающих выполнение основных функций [26]: создание электронных карт обследуемых полей с использованием объектов «линия», «точка» и «полигон»; возможность ведения базы данных с привязкой атрибутов к идентификаторам топографических объектов и работы с GPS-приемниками; поддержка функции увеличения/уменьшения карты; отображение текущих географических координат; возможность навигации в заданную точку, отображения длины, расстояний, площади геообъектов; работа с несколькими слоями отображения информации и др.

Программное обеспечение ГИС может работать в специальных управленческих программах для сельского хозяйства, позволяющих

получать информацию о производственном процессе, планировании и моделировании технологических операций, формировании отчетов и др. К данным программам относятся ГЕО-Агро, ГИС-Панорама Земледелие, Farm Works Site (Pro), SST Summit, SMS Desktop Software (Ad-vanced и Basic), JD Reports MAP АграрОфис, Agro-Net NG, Farm View Record Keeper и др. Электронные карты можно использовать также для мониторинга подвижной техники путем использования в специализированных программах для сельского хозяйства, таких как ГИС-Панорама АГРО, ГИС-Панорама АВТО и другие, а также в универсальных – Авто-ГРАФ, Спутник, Бит-Нова, Бизнес-навигатор и др. [25].

Электронные карты полей, создаваемые в аграрных ГИС, масштабом 1:10000 дают наиболее точное и полное представление о сельскохозяйственных угодьях (рис. 7).

Рис. 7. Электронная карта поля

Эту информацию можно получить с помощью данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований

на значительное расстояние. Общей физической основой дистанционного зондирования является функциональная зависимость между зарегистрированными параметрами собственного или отраженного излучения объекта и его биогеофизическими характеристиками и пространственным положением. Суть метода заключается в интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, которое отражается либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства. Процесс сбора данных дистанционного зондирования и их использование в географических информационных системах (ГИС) схематически представлены на рис. 8 [26].

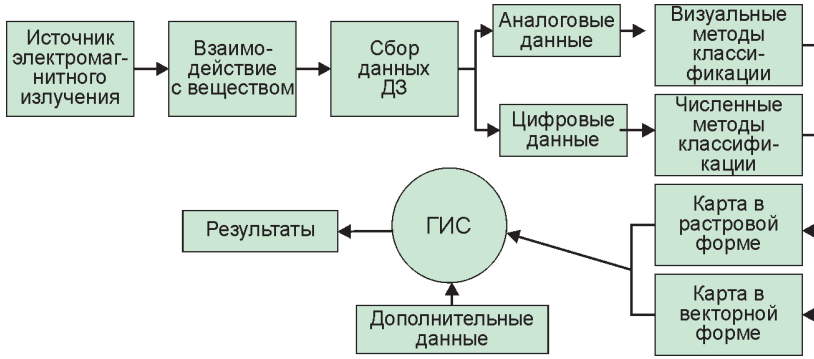


Рис. 8. Интеграция данных дистанционного зондирования в ГИС

Методы ДЗ основаны на использовании сенсоров, которые размещаются на космических аппаратах и регистрируют электромагнитное излучение в форматах, приспособленных для цифровой обработки, в широком диапазоне электромагнитного спектра. В большинстве методов ДЗ используют инфракрасный диапазон отраженного излучения, тепловой инфракрасный и радиодиапазон электромагнитного спектра.

Существенной частью дистанционного зондирования является метод аэрокосмического зондирования, основанный на использовании аэрокосмических снимков, получаемых с помощью малой авиации (самолеты типов Ан-2, Ан-30, Cesna, L-410, вертолеты типов Ми-8Т, Ка-26), беспилотной авиационной системой (беспилотный

летательный аппарат (БПЛА) в совокупности с его приборным оснащением) или со спутников (Ресурс-ДК1, WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1, QuickBird, IKONOS, Pleiades-1A, Pleiades1B, ALOS (Prism, Avnir-2), RapidEye, CARTOSAT-1, CARTOSAT-2, RESOURCESAT-1, ALOS (PALSAR), Radarsat-1, Radarsat-2, TerraSAR-X, COSMO-Skymed-1-4 и др.). Наибольшее применение находят снимки, получаемые ресурсными спутниковыми системами Landsat (США), SPOT (Франция), IRS (Индия), картографическими спутниками ALOS (Япония), Cartosat (Индия), спутниками сверхвысокого разрешения Ikonos, QiuckBird, GeoEye (США), в том числе радиолокационными TerraSAR-X и TanDEM-X (Германия), выполняющими тандемную интерферометрическую съемку. Успешно эксплуатируется система спутников космического мониторинга RapidEye (Германия) [26].

Применение технологий ДЗЗ в сельском хозяйстве позволяет оперативно и точно решать следующие задачи: общий мониторинг сельскохозяйственных территорий; определение площади полей, занятых сельскохозяйственными культурами; наблюдение за снежным покровом, оценка влагонакопления, температуры и влажности почвы, выявление участков деградации почвы; оценка всхожести и мониторинг роста сельскохозяйственных культур; прогнозирование урожайности; мониторинг темпов уборки урожая.

Для обеспечения информационной поддержки работы Минсельхоза России создана система дистанционного мониторинга земель агропромышленного комплекса (СДМЗ АПК). Она предназначена для сбора, обработки и интерпретации данных спутниковых систем ДЗЗ, мониторинга основных параметров землепользования, оценки условий и динамики развития сельскохозяйственной растительности, прогноза урожая в основных зерносеющих регионах России [33].

Функционирует также ряд компаний, осуществляющих прием, регистрацию, обработку, архивацию, каталогизацию и распространение космической информации с отечественных и зарубежных космических аппаратов ДЗЗ (научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ), компании «Совзонд», «Ракурс» и др.).

Главным элементом точного земледелия является составление многослойных электронных карт полей (МЭК), в которые помимо слоя, отображающего с заданной точностью границы полей, дорож-

ную сеть и населенные пункты, вносится вся информация о рельефе, состоянии почвы на участке, внесении удобрений и средств защиты растений, севооборота, урожайности и влажности зерна по годам точки проведения замеров и взятия проб и т.д. (рис. 9) [25].

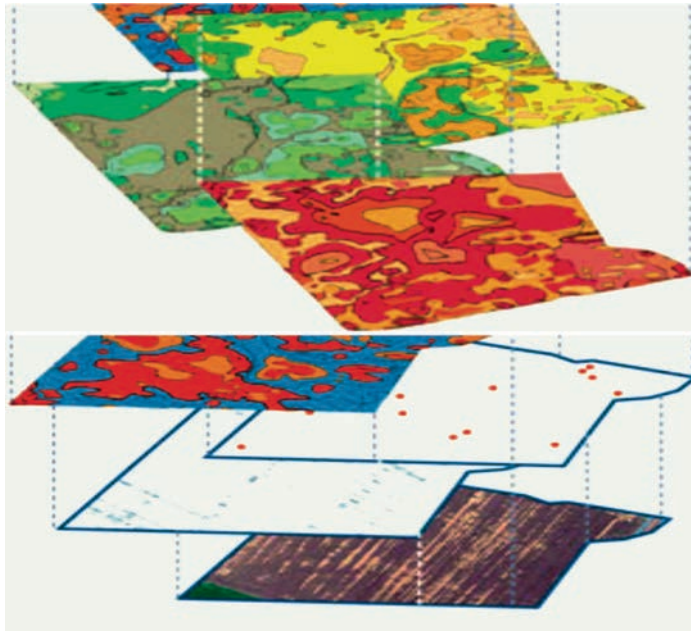


Рис. 9. Слои МЭК (структура почвенного покрова, грунтовых вод, содержание макро- и микроэлементов, агрохимические показатели, севооборот, урожайность по годам и др.)

В каждом слое хранится конкретная информация в виде объектов. Самым нижним слоем обычно является снимок местности из космоса.

Электронные карты бывают растровые и векторные. *Растровая карта* представляет собой цифровое изображение, получаемое путем сканирования бумажной карты, т.е. является копией оригинала и обеспечивает сохранение всех деталей исходной бумажной карты. Особенность карты в том, что сканируемый файл имеет большой объем и внести в него какие-либо новые данные, кроме отображе-

ния, практически невозможно. *Векторная карта* представляет собой базу данных, где хранится информация об объектах карты в виде графического (геометрического) и атрибутивного (семантическое) описания объектов. Атрибутивное описание включает в себя такие данные, как высота дерева, ширина дороги, скорость течения реки, название населенного пункта, улицы, адрес дома и т.д., графическое – определяет контуры объектов (в общем случае криволинейные), представляя их, как правило, ломаными линиями, цвета, стили линий для линейных объектов и характер заполнения для площадных. В электронной векторной карте полей каждый объект полностью автономен, он может редактироваться отдельно от других объектов и к каждому из них может быть привязан широкий ряд характеристик. Структурированная таким образом информация (в специальном программном обеспечении) является основой для создания современной системы управления сельским хозяйством.

Электронная карта – средство инвентаризации земель, определяющее ресурсный потенциал земель хозяйств и позволяющее точно рассчитать нормы расхода топливосмазочных материалов, нормы внесения удобрений и средств защиты растений (СЗР) в зависимости от площади. При составлении карт качества почв отдельных полей можно ввести дифференциальное внесение СЗР и удобрений в различных частях поля, что позволяет значительно сэкономить на внесении удобрений и СЗР и не перенасыщать ими почву. Карта дает возможность вести паспорта полей и севооборот хозяйства, подсчитать нужное количество семенного материала, осуществлять мониторинг техники и определять не только расход топлива, но и эффективность использования рабочего времени, позволяет вести базу данных неограниченное время и по нескольким показателям и др.

Ведение электронной карты поля дает следующие преимущества:

- возможность ведения учета и контроля всех сельскохозяйственных операций с использованием точных данных (площадь полей, длина дорог, расположение населенных пунктов и др.);
- помощь в проведении полного анализа условий, влияющих на рост растений на данном поле;
- оптимизация производства с целью получения максимального дохода, а также рационального использования в производстве ресурсов;

• ведение паспортов сельскохозяйственных угодий с учетом привязки к году урожая;

• просмотр и анализ тематических карт агрохимического мониторинга полей, возделываемой культуры, вносимых удобрений, урожайности, экономической эффективности культуры и др.

Современные технологии позволяют создавать электронные карты полей с большой точностью. Существуют три основных метода сбора исходных данных для создания таких карт [25]:

• обмер поля с помощью высокоточного ГНСС-приёмника в полевых условиях. Это наиболее точный метод, так как позволяет получать высокоточные географические координаты границ поля, наложить эту информацию на географическую карту и произвести расчёт всех его геометрических характеристик включая площадь;

• обработка космического изображения высокого разрешения – метод менее точный, но более дешёвый;

• комбинированный метод, суть которого заключается в том, что электронная карта поля, созданная по космическим снимкам, редактируется с помощью высокоточного ГНСС-приёмника с выездом на поле, используя специализированные аппаратно-программные комплексы, например комплекс «ГЕО-Учётчик».

При наличии электронной карты можно проводить агрохимическое обследование полей и вносить в нее дополнительную информацию о поле – содержание основных элементов N, P, K, Ca,Mg, S, Ph, гумус и др. По мере насыщения базы данных, добавления новых объектов и дополнений электронная карта полей становится все более детальной. При необходимости она может быть преобразована из одного картографического формата в другой.

2.3. Беспилотные летательные аппараты

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве имеет огромный потенциал и с каждым годом интерес к их использованию растет в первую очередь при реализации задач точного земледелия. В 2016 г. мировой рынок БПЛА оценивался в 7,3 млрд долл. Прогнозируется, что к 2020 г. он вырастет до 9,5 млрд долл.

БПЛА – летательный аппарат без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип создания подъемной силы с помо-

щью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного или вертолетного типа), оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полёта, достаточные для выполнения специальных задач.

В зависимости от решаемых задач беспилотники оснащаются мультиспектральными камерами (их высокая чёткость изображения позволяет точно определять проблемные участки поля), разнообразными датчиками, системами спутниковой навигации, малогабаритными бортовыми компьютерами и оборудованием для внесения химикатов. При определении координат и скорости современных БПЛА, как правило, задействованы спутниковые навигационные приемники (GPS или ГЛОНАСС). Углы ориентации и перегрузки определяются с применением гироскопов и акселерометров [34, 35].

БПЛА могут работать в ручном режиме управления с помощью дистанционного пульта управления в пределах оптической наблюдаемости или по видовой информации, поступающей с видеокамеры переднего обзора. При таком управлении оператор, прежде всего, решает задачу пилотирования: поддержание нужного курса, высоты и др.

При автоматическом управлении обеспечивается возможность полностью автономного полета БПЛА по заданной траектории на заданной высоте с заданной скоростью и со стабилизацией углов ориентации. Этот режим управления осуществляется с помощью бортовых программных устройств.

При полуавтоматическом управлении полет осуществляется автоматически без вмешательства человека с помощью автопилота по первоначально заданным параметрам, но при этом оператор может вносить изменения в маршрут в интерактивном режиме.

Последние два способа являются наиболее востребованными, так как предъявляют наименьшие требования к подготовке персонала и обеспечивают безопасную и эффективную эксплуатацию систем беспилотных летательных аппаратов. Полностью автоматическое управление может быть оптимальным решением для задач аэрофотосъемки заданного участка, когда нужно снимать на большом удалении от места базирования вне контакта с наземной станцией.

С помощью БПЛА в сельском хозяйстве можно решать следующие задачи: создание электронных карт полей (построение 3D-модели по-

лей); инвентаризация сельхозугодий; оценка объема работ и контроль их выполнения; оптимальное построение систем ирригации и мелиорации; оперативный мониторинг состояния посевов (БПЛА позволяет быстро и эффективно строить карты по всходам), а также определять нормализованный вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) с целью эффективного внесения удобрений, оценивать всхожесть сельскохозяйственных культур, прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур, осуществлять экологический мониторинг сельскохозяйственных земель, охрану сельхозугодий, опрыскивание посевов химическими препаратами для борьбы с вредителями и болезнями, оценивать химический состав почвы. В сфере животноводства БПЛА могут использоваться для следующих целей: контроль здоровья животных; мониторинг мест выпаса; ветеринарная помощь (доставка медикаментов); судебная экспертиза (оценка ущерба посевам, причиненного животными); экологический мониторинг; охрана животных на выпасе; мониторинг температуры животных для контроля самочувствия.

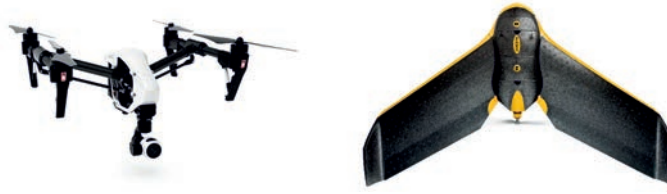
Преимуществом БПЛА по сравнению со способами получения данных ДЗЗ с помощью космических спутников (космическая съемка) и воздушных пилотируемых аппаратов (аэрофотосъемка) являются [25]: рентабельность; возможность съемки с небольших высот и вблизи объектов, а также в зоне чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов; оперативность получения снимков высокого разрешения.

БПЛА широко применяются в сельском хозяйстве многих зарубежных стран: США, Японии, Китае, Италии, Бразилии и др. В табл. 3 приведены основные данные БПЛА для сельского хозяйства, признанных лучшими в 2018 г. [36].

Таблица 3

Основные данные зарубежных БПЛА

Марка (производитель)	Тип	Время полета, мин	Высота полета, м	Полезная нагрузка, г	Масса, кг
DJI T600 Inspire 1 («DJI», Китай), (рис. 10а)	Вертолетный	18	4500 (максимальная)	Н.д.	2,93
Agras MG-1 («DJI», Китай)	Вертолетный	24	Н.д.	До 10000	8,8
DJI Matrice 100 («DJI», Китай)	Вертолетный	28-40	250	До 1000	2,4
HoneyComb AgDrone («HoneyComb Corporation», США)	Самолетный	55 (+11 мин при низкой скорости ветра)	130	Н.д.	2,25
Lancaster 5 («Precision-Hawk»)	Самолетный	45	91,4	998	2,4
Ebee SQ («SenseFly») (рис. 106)	Самолетный	55	120-2000	Н.д.	1,1



а *б*

Рис. 10. Беспилотные летательные аппараты DJI T600 (а) Inspire 1 и Ebee SQ (б)

Американским производителем «Norsk Aerial System» создан самый большой в мире грузовой беспилотный летательный аппарат Agronator, представляющий собой октокоптер (коптер с восемью винтами), который можно использовать для посева промежуточных культур, внесения удобрений и средств защиты растений (рис. 11).

Рис. 11. Беспилотный летательный аппарат Agronator

Существуют два прототипа подобных дронов, разработанных и сконструированных в Германии. Благодаря высокой грузоподъемности Agronator может выполнять задачи, с которыми не справились бы обычные дроны, используемые в сельском хозяйстве.

Восемь лопастей с электродвигателями и пропеллерами скрепляются вместе в центральной части рамы. Здесь же устанавливается система управления: приемник, сенсоры, процессоры и GPS-модуль. Масса дрона составляет 53 кг, вместе с батареей – 85 кг, а с однодисковым разбрасывателем – 90 кг. С размерами от 4,6 м и взлетной массой от 115 кг данная модель октокоптера многократно превосходит параметры классического сельскохозяйственного дрона, максимальная масса которого не превышает 5 кг. Диаметр каждого пропеллера 1,2 м. Масса допустимого груза 30 кг, длительность полета в среднем 30 мин. В силу немалых размеров транспортировка коптера до места назначения осуществляется в защитном кофре в микроавтобусе. Настройка занимает около 15 мин [37].

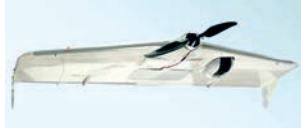
Основные отечественные компании, занимающиеся разработкой беспилотных авиационных систем для сельского хозяйства: ООО НПП «АВАКС-ГеоСервис», ГК «Геоскан», ГК «ZALA AERO», ГК «Беспилотные системы» (табл. 4) [38-40].

Таблица 4

Характеристика БПЛА отечественных компаний

Название, марка	Назначение, основные особенности
1	2
Группа компаний «ZALA AERO»	
Беспилотный вертолет БЛА ZALA 421-22	Средней дальности с системой автоматического управления (автопилот), навигационной системой, встроенной цифровой системой телеметрии, навигационными огнями, встроенным трехосевым магнитометром, модулем удержания и активного сопровождения цели (модуль АС), цифровым широкополосным видеопередатчиком С-OFDM-модуляции, радиомодемом с приемником СНС, системой самодиагностики и поисковым передатчиком. Продолжительность полета 35 мин, максимальная высота полета 1000 м, максимальная взлетная масса 8 кг, масса целевой нагрузки до 2 кг
Беспилотный вертолет БЛА ZALA 421-21	Малогабаритный, тактической дальности с системой автоматического управления (автопилот), навигационной системой, встроенной цифровой системой телеметрии, навигационными огнями, встроенным трехосевым магнитометром, аналоговым видеопередатчиком, радиомодемом с приемником СНС и поисковым передатчиком. Запускается «с рук». Продолжительность полета 40 мин, максимальная высота полета 1000 м, максимальная взлетная масса 1,5 кг, масса целевой нагрузки 300 г
Беспилотное воздушное судно ZALA 421-16E	Предназначено для ведения воздушного наблюдения на удалении до 50 км с передачей видеоизображения в режиме реального времени. С системой автоматического управления, навигационной системой с инерциальной коррекцией, встроенной цифровой системой телеметрии, встроенным магнитометром, модулем удержания и активного сопровождения цели, цифровым встроенным фотоаппаратом, цифровым широкополос-

Продолжение табл. 4

1	2
	ным видеопередатчиком, радиомодемом с приемником СНС, датчиками влажности, температуры и тока, отцепом парашюта, воздушным амортизатором для защиты целевой нагрузки при посадке и поисковым передатчиком. При взлете используется пневматическая или механическая катапульта. Продолжительность полета более 4 ч, максимальная высота полета 3600 м, максимальная взлетная масса 8-10,5 кг, масса целевой нагрузки до 1,5 кг
Беспилотное воздушное судно ZALA 421-16EM	Предназначено для проведения мониторинга местности в любое время суток, обеспечения безопасности объектов, поиска и обнаружения актов несанкционированной деятельности в зонах ответственности. С системой автоматического управления, навигационной системой с инерциальной коррекцией, встроенной цифровой системой телеметрии, встроенным магнитометром, модулем удержания и активного сопровождения цели, цифровым встроенным фотоаппаратом, цифровым широкополосным видеопередатчиком, радиомодемом с приемником СНС, отцепом парашюта и поисковым передатчиком. Продолжительность полета 2,5 ч, максимальная высота полета 3600 м, максимальная взлетная масса 6,5 кг, масса целевой нагрузки до 1 кг
Беспилотное воздушное судно ZALA 421-08M 	С системой автоматического управления, навигационной системой с инерциальной коррекцией, встроенной цифровой системой телеметрии, встроенным магнитометром, модулем удержания и активного сопровождения цели, цифровым встроенным фотоаппаратом, цифровым широкополосным видеопередатчиком, радиомодемом с приемником СНС, отцепом парашюта и поисковым передатчиком. Не требует специально подготовленной взлетно-посадочной площадки,

Продолжение табл. 4

1	2
	позволяет (при соответствующей подготовке) производить запуск «с рук». Продолжительность полета 80 мин, максимальная высота полета 3600 м, максимальная взлетная масса 2,5 кг, масса целевой нагрузки 300 г
Группа компаний «Геоскан»	
Комплекс Геоскан 401	Предназначен для получения детальных 3D-моделей локальных объектов и фотомониторинга. С вертикальным взлетом и посадкой, обеспечивает возможность работы в ограниченном пространстве. В случае низкого заряда или потери связи коптер сам вернется к месту старта и совершит мягкую посадку. Продолжительность полета до 1 ч, максимальная высота полёта 500 м, максимальная взлетная масса 9,5 кг, максимальная масса полезной нагрузки 2 кг
Комплекс Геоскан 101	Предназначен для съемки небольших территорий. Для запуска необходимо поставить его на катапульту и нажать на кнопку на наземной станции. Продолжительность полета до 1 ч, максимальная высота полета 4000 м, максимальная взлетная масса 3,1 кг, максимальная масса полезной нагрузки 0,8 кг
Комплекс Геоскан 201 Агро	Предназначен для обследований и инвентаризации земель, сопровождения мелиоративного строительства, создания карты NDVI, планирования внесения удобрений и контролирования проведения агротехнических мероприятий. Оборудован фотокамерой RGB и модифицированной ИК-камерой. Продолжительность полета до 3 ч, максимальная высота полёта 4000 м, максимальная взлетная масса – 8,5 кг, максимальная масса полезной нагрузки – 1,5 кг

1	2
ООО НПП «АВАКС-ГеоСервис»	
Беспилотный летательный аппарат DELTA-M	Используется при создании электронных карт полей, расчете NDVI и других индексов, инвентаризации сельскохозяйственных угодий. Виды полезных нагрузок: фотокамера, видеокамера, мультиспектральная и тепловизионная камеры. Взлёт катапультный, посадка парашютная. Продолжительность полёта до 2,5 ч, высота полёта 100-3000 м, взлётная масса 9 кг, масса полезной нагрузки до 1,75 кг
Беспилотный летательный аппарат GAMMA	Используется при создании электронных карт полей, расчете NDVI и других индексов, инвентаризации сельскохозяйственных угодий. Система автоматического спасения – парашют. Продолжительность полёта до 12 часов, высота полёта 100-5000 м, взлётная масса 50 кг, масса полезной нагрузки до 25 кг
Беспилотный летательный аппарат VZOR	Используется при создании электронных карт полей, расчете NDVI и других индексов, инвентаризации сельскохозяйственных угодий. Виды полезных нагрузок: фотокамера, мультиспектральная камера. Запускается «с рук», посадка парашютная. Продолжительность полёта до 2,5 ч, высота полёта 150-3000 м, взлётная масса 4,9 кг, масса полезной нагрузки до 1 кг
ГК «Беспилотные системы»	
БПЛА вертолетного типа X6M2	Может применяться в целях картографирования, поиска, обнаружения и слежения за статичными и подвижными объектами в режиме реального времени и т.д. Благодаря встроенному автопилоту и автоматическому планированию полетного задания полностью исключается человеческий фактор. Продолжительность полёта до 1 ч, максимальная высота полёта 2100 м, взлётная масса 4,5 кг, масса полезной нагрузки до 1 кг

Продолжение табл. 4

1	2
БПЛА Supercam X8M	Возможность полного автономного полета и режима зависания позволяет получать высококачественные аэрофотоснимки, видео, тепловизионные и другие данные в режиме реального времени. Восемь подъёмных винтов, установленных по периметру платформы, обеспечивают устойчивое положение аппарата в процессе выполнения задания. Продолжительность полета до 40 мин, максимальная высота полета 1000 м, взлетная масса 8 кг
БПЛА Supercam X6	Возможность полного автономного полета и режима зависания позволяет передавать видео в режиме реального времени и получать высококачественные аэрофотоснимки. Использование: контроль сельскохозяйственных угодий и оперативное картографирование, съемка мест чрезвычайных ситуаций, контроль при проведении массовых спортивных мероприятий. Продолжительность полета до 40 мин, максимальная высота полета 1000 м, взлетная масса 1,5 кг, масса полезной нагрузки до 0,3 кг
БПЛА Supercam S-300M	Многоцелевой БПЛА с возможностью одновременной установки трех полезных нагрузок. Выполнен по схеме «летающее крыло». Взлет – с помощью пневматической катапульты, посадка – на парашюте. Продолжительность полета 3,5 ч, максимальная высота полёта 6000 м, взлётная масса 9,5-10,5 кг, масса полезной нагрузки до 2,5 кг
БПЛА Supercam S350	Предназначен для выполнения панорамной и плановой аэрофотосъемки и видеосъемки, а также для других аналогичных задач. Выполнен по схеме двухкилевой БПЛА «летающее крыло» с тянущим винтом. Взлет – с помощью эластичной катапульты (рогатка), посадка – на парашюте. Продолжительность полета 4 ч, максимальная высота полёта 3600 м, взлётная масса 9,5-10,5 кг, масса полезной нагрузки до 2,5 кг

Продолжение табл. 4

1	2
БПЛА Supercam S-250	Область применения в сельском хозяйстве: высокоточное сельское хозяйство, борьба с вредителями, мелиорация, управление стадами животных, землеустройство и мониторинг. Взлет – с помощью эластичной катапульты (рогатка), посадка – на парашюте. Продолжительность полета 3 ч, максимальная высота полёта не менее 3600 м, масса 4,5 кг, масса полезной нагрузки до 1,5 кг
БПЛА Supercam S100	Предназначен для выполнения задач, связанных с аэросъёмкой и аэрофотографированием местности, проведением наблюдений, эксплуатацией в сельскохозяйственной сфере и др. Взлет – с помощью эластичной катапульты (рогатка), посадка – на парашюте. Продолжительность полета 2 ч, максимальная высота полёта не менее 3600 м, взлётная масса 2,5 кг, масса полезной нагрузки до 0,4 кг
БПЛА Photobot	Разработан специально для длительной аэрофотосъемки. Область применения в сельском хозяйстве: высокоточное сельское хозяйство, борьба с вредителями, мелиорация, управление стадами животных, землеустройство и мониторинг. Взлет – с помощью эластичной катапульты (рогатка), посадка – на парашюте. Продолжительность полета 4 ч, максимальная высота полёта не менее 3600 м, взлётная масса 4,5 кг

Научно-производственная компания «АгроДронГрупп» совместно с ведущими институтами Российской Федерации разработала комплекс, состоящий из беспилотников и программного обеспечения, которые оперативно предоставляют полную информацию о состоянии посевов и почвы [41]. Они позволяют определять места зарождения болезней, очаги поражения, контролировать урожайность, определять состояние микроэлементов почвы. Программное обеспечение обеспечивает вывод обработанных данных на смартфон или компьютер в понятном для фермера виде. Входящий в комплекс

коаксиальный гексакоптер ОРЛАН (рис. 12а) с мультиспектральной камерой использует дублирующую схему расположения моторов для безопасного полёта. При поломке одного из моторов можно легко и быстро провести его замену (за 2 мин) непосредственно в поле. Это позволяет стандартизировать процессы и сократить риски простоя оборудования из-за ремонта.

Беспилотник Phantom 4 Pro – полностью переработанная и обновленная модель (рис. 12б). Модернизированная камера оснащена дюймовым сенсором с разрешением 20 Мп. При резких порывах ветра или других воздействиях устройство автоматически возвращается в прежнее местоположение, не требуя коррекции.

а *б*

Рис. 12. Беспилотники компании «АгроДронГрупп»

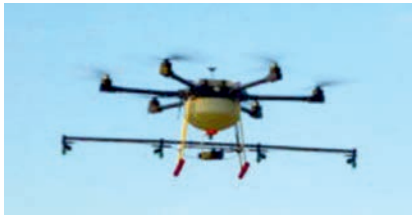


Рис. 13. Агрокоптер-опрыскиватель Agrofly TF1A

Работающая в России немецкая фирма «Agro Fly International GmbH» предлагает технологию обработки сельскохозяйственных культур пестицидами по технологии УМО (ультрамалого объемного опрыскивания) с использованием автономного БПЛА (агрокоптера-опрыскивателя) Agrofly TF1A (рис. 13) [42].

Агрокоптер-опрыскиватель оборудован четырьмя форсунками, размещенными на распылительной штанге, и позволяет обрабатывать ряд шириной от 2 до 6 м. Воздушный поток, создаваемый пропеллерами, дополнительно вбивает распыляемую рабочую жидкость

в культуру, разбивает капли, превращая их в спрей и увеличивая площадь обработки. Имеет три полётных режима: автоматический, АБ режим и ручной.

В автоматическом режиме план полета программируется заранее с помощью компьютера и загружается в коптер по беспроводному каналу связи. В АБ режиме Agrofly TF1A совершает полеты по рядам и автоматически перестраивается на соседний ряд, но границы поля оператор фиксирует непосредственно в полете переключением одного тумблера на пульте управления. Режим позволяет обрабатывать сложные участки и не требует наличия компьютера.

В ручном режиме пилот полностью управляет дроном самостоятельно. Agrofly TF1A может быть оборудован микроволновым радаром, который отслеживает высоту, благодаря чему возможна обработка участков на склонах с уклоном до 45°. Грузоподъемность агрокоптера до 10 л рабочей жидкости, высота полета от 0,5 м до 3 м. Для обработки 1 га требуется 10 мин.

Октокоптер DJI Agras MG-1 аналогичного назначения и производительности предлагает компания «DigBox.ru», являющаяся официальным дистрибьютором компании «DJI Inovations» (Китай) в России (рис. 14) [43].

Рис. 14. Октокоптер DJI Agras MG-1

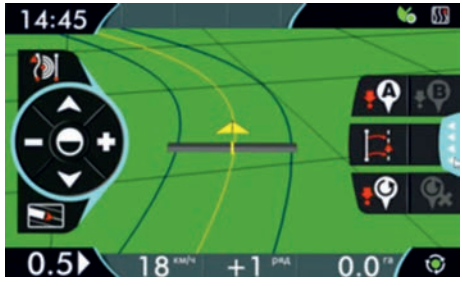
В AGRAS MG-1 используется насосная система опрыскивания. Можно установить четыре распылителя, которые помещают под электродвигателем. Нисходящий воздушный поток от винтов – часть процесса опрыскивания, что помогает жидкости достигать корневой области растений и попадать на тыльную поверхность листьев, а также усиливает проникающую способность жидкости при опрыскивании. AGRAS MG-1 оснащен функцией интеллектуальной регистрации, текущей и прошедших точек маршрута. Если во время полета закончится жидкость для опрыскивания, то октокоптер автоматически регистрирует точку маршрута и после заполнения бака одним нажатием кнопки он возвращается в эту точку для продолжения работы.

2.4. Системы параллельного вождения сельскохозяйственной техники

По сравнению с обычным управлением машинотракторным агрегатом системы параллельного вождения при выполнении технологических операций позволяют исключить повторные обработки соседних проходов (перекрытий) и пропуски необработанных участков, повысить производительность, сократить расход топлива и технологических материалов, проводить работы при любой видимости и в ночное время. Обеспечивают комфорт работы, снижают утомляемость водителя.

Предусмотрены режимы вождения по прямым и криволинейным траекториям. Имеют три варианта реализации параллельного вождения: первый вариант – движение трактора корректирует водитель с помощью рулевого колеса, ориентирующегося на показания светодиодного или графического следоуказателя, расположенного в кабине, второй – направление движения трактора поддерживается подруливающим устройством с приводом от электродвигателя, монтируемым на рулевой колонке, третий – корректирует движения трактора, исполнительный механизм, подключенный к гидросистеме рулевого управления [44, 45].

Разработанные отечественными производителями системы параллельного вождения, как и их зарубежные аналоги, обеспечивают, кроме своей основной функции, ряд дополнительных, в том числе информация об обработанной площади, пройденном расстоянии, скорости движения, номере прохода, текущем времени, составление электронных планов полей: сохранение полученных данных, обмен данными с персональным компьютером.



В ООО «КСМ – Интех» (г. Казань) разработана система параллельного вождения «COMMANDER» (рис. 15) –

Рис. 15. Система параллельного вождения «COMMANDER» (экран режима движения по кривой, кругу, спирали)

устройство, обеспечивающее прохождение трактора с навесным или прицепным агрегатом, а также самоходной техники по полю так, чтобы каждый следующий проход был пройден точно по краю предыдущего без пропусков и перекрытий. Обеспечивает пять видов движения: по прямой, кривой, кругу, спирали и режим последнего прохода. Точность позиционирования составляет 15-20 см в режиме e-Diff (бесплатный) и 5 см в режиме OmniStar HP/XP.

В центре экрана (размер по диагонали 18 см) отображается мобильное средство в виде объемной стрелки, за ним (или перед ним, в зависимости от настроек) – агрегат в виде прямоугольника. Серый цвет агрегата означает, что обработка не ведется, синий – обработка ведется. При обработке за агрегатом синим цветом изображается обработанная площадь, а на экране прибора – качество сигнала, отклонения от центральной линии, перекрытия (окрашены красным цветом), а также и данные об обработанной площади, скорости движения, номере прохода, текущем времени.

Другие возможности системы: сохранение отчетов в форматах PDF и KMZ, данных о каждом обработанном поле площадью до 1000 га, экспорт информации на USB флэш-карту для просмотра отчетов о проделанной работе на персональном компьютере: возврат к точке последней обработки поля. Через распределительную коробку к прибору можно подключить устройство «Bars-5», обеспечивающее автоматическое равномерное внесение средств защиты растений при работе с опрыскивателем. Одновременно активизируется опция, автоматически закрывающая секции опрыскивателя в местах повторной обработки поля.

Подключение внешней кнопки позволяет без прикосновения к экрану включать или отключать на нем закраску перекрытий, а также включать и отключать главный клапан опрыскивателя во время работы с «Bars-5».

С 2018 г. ООО «КСМ – Интех» предлагает новую систему параллельного вождения Атлас 730, которая является модернизацией системы «COMMANDER» (рис. 16) [46].

Рис. 16. Система параллельного вождения Атлас 730

Рис. 17. Система позиционирования «Трек»

Назначение системы позиционирования опрыскивателя «Трек» компании «ЭРА-НТ» (г. Барнаул) – обеспечение параллельного вождения агрегатов при обработке посевов средствами защиты растений и внесении удобрений (рис. 17). Кроме того, с ее помощью можно измерять и рассчитывать площади полей, составлять их электронные планы, сохранять треки и базы данных полей. Прибор, монтируемый в кабине, имеет цветной сенсорный экран с диагональю 20 см, антивандальный металлический корпус с защитой экрана, понятный интерфейс; прост в управлении.

Оператор может изменять яркость экрана (шесть позиций и режимы дневного и ночного видения) и масштаб отображения трека. Дополнительно отображается информация о текущей скорости, пройденном пути, обработанной и общей площади. Система позиционирования более эффективна при комплексном использовании с автоматической системой управления расходом рабочей жидкости «Мастер» производства этой же компании.

Следующая разработка компании – агронавигатор-курсоуказатель «СПО «Агронавигация» с цветным сенсорным экраном диагональю 18 см устанавливается на любой вид техники и сопрягается с любыми типами опрыскивателей. Особенно эффективен при комплексном использовании с автоматической системой управления расходом рабочей жидкости «Мастер» (производство компании «Эра НТ») и спутниковой системой мониторинга «АвтоГРАФ» [47].

Компанией «ЛАБСОЛЮТ» разработана система «ГлоНАШ Пилот» для параллельного вождения самоходной техники при опрыскивании, внесении удобрений, почвообработке и других операциях, не требующих высокой точности (20-30 см), а также оценки обработанной площади и качества выполненной работы, определения текущего местоположения при обмере полей, отборе проб грунта, дифференцированном внесении материалов и создании электрон-

ных карт. В состав комплекта системы входят дисплей ГлоНАШ 17MV, навигационный приемник ГлоНАШ 1.5, активная антенна Tallysman, выносной курсоуказатель ГлоНАШ LB (рис. 18).

Рис. 18. Система параллельного вождения «ГлоНАШ Пилот»

Механизатор имеет доступ к текущей информации: времени и дате, ширине орудия, скорости и времени работы. В дополнение к этому поддерживается работа в ночном режиме. Отклонения от курса позволяет определять встроенная светодиодная полоса. Чтобы точнее выполнять требуемые операции, механизатор может выбрать максимально удобный для себя режим отображения карты (2D/3D). Планшет системы имеет встроенный трекер для онлайн слежения за техникой в поле.

Новая версия агронавигатора «ГлоНАШ Пилот 2.0» с облачным сервисом ГлоНАШ-WEB получила дополнительные возможности: синхронизацию данных агроопераций с облаком, получение заданий механизатором из облака, завершение плановой работы фактом выполнения. Кроме того, имеет новый интерфейс; пять шаблонов вождения; менеджер работ; каталоги поля, орудия, водители; автоматическое обновление прошивок [48, 49].

Курсоуказатель «Compass ГлоНАШ» компании «ЛАБСОЛЮТ» предназначен для параллельного вождения мобильных средств при выполнении технологических операций, не требующих высокой точности (опрыскивание, внесение удобрений, вразброс), т.е. с точностью 20-30 см от ряда к ряду (рис. 19). Состоит из дисплея Compass (производство США) и приемника ГлоНАШ (производство Россия).

Рис. 19. Курсоуказатель «Compass ГлоНАШ»

Имеется возможность подключения подруливающего устройства OnTrac 3 Ag Leader. Экран размером 18 см сенсорный, цветной с антибликовым покрытием и регулируемой яркостью. В ручном режиме определить отклонение от курса позволяет встроенный светодиодный ряд. Основные действия осуществляются механизатором без кнопок путем нажатия на соответствующие области сенсорного экрана.

Все события регистрируются в автоматическом режиме и хранятся в памяти устройства, которые в дальнейшем можно перенести в программу SMS Basic от Ag Leader. Благодаря наличию разнообразных навигационных шаблонов движения ускоряется настройка устройства под требуемый вид обработки (посев, внесение удобрений), что экономит время механизатора и снижает накладные расходы. Поддержка ISOBUS расширяет функциональные возможности устройства благодаря подключению к терминалу сеялок и опрыскивателей.

Рис. 20. Бортовой навигационный комплекс «АГРОНАВИГАТОР ПЛЮС»

Бортовой навигационный комплекс «АГРОНАВИГАТОР ПЛЮС» разработан ООО «ЦТЗ «Аэросоюз» (г. Новосибирск»). Изготовлен в металлическом помехозащищенном корпусе, имеет экран с подсветкой в темное время суток (рис. 20), встроенный 32-канальный ГЛОНАСС/GPS-приемник, внешнюю GPS-антенну с магнитом для крепления. Размер цветного экрана 21 см.

Реальная точность параллельного вождения в условиях России с отключенным режимом бесплатной спутниковой дифференциальной коррекции SBAS (системы WAAS/EGNOS/MSAS) – 40-50 см. Включение режима SBAS для территории, где действуют поправки, обеспечивает точность 20-30 см. Возможности комплекса: параллельное вождение с линейкой бокового отклонения и звуковым сигналом относительно обработанной границы, линий гонов через точки «А» и «Б» и линий гонов, прорисованных по среднему углу курса движения; звуковое сопровождение выхода бокового отклонения за установленные границы; коррекция ухода координат при временных перерывах в обработках для повы-

шения точности параллельного вождения; одновременное отображение на экране текущего рабочего участка, всего обрабатываемого поля и местоположения трактора на поле; загрузка шаблонов полей и контуров препятствий на поле; изготовление технологической колеи (шаблона поля) из предыдущей обработки или по космическим снимкам бесплатной программы «Google Планета Земля» и др. [44].

На навигаторе установлены две программы: «Опрыскивание сельскохозяйственных растений» и «Дифференцированное внесение удобрений». Первая программа обеспечивает параллельное вождение агрегата с различными функциями управления внесением раствора пестицидов в зависимости от дополнительного оборудования, используемого на опрыскивателе. Так, при доукомплектовании опрыскивателя электрокранами, датчиком-расходомером и блоками управления автоматически в зависимости от текущей скорости обработки подбирается расход жидкости для поддержания установленной нормы внесения и отключается опрыскивание при заходе секций штанги на обработанную поверхность.

Программа «Дифференцированное внесение удобрений» также обеспечивает параллельное вождение агрегата с регулированием расхода удобрений в зависимости от скорости движения и положения на поле. При подключении внешнего точного Глонасс/GPS-приемника навигатор используется для вождения посевных агрегатов. Без применения дополнительного оборудования навигатор может применяться для фиксации координат мест взятия почвенных проб в выбранных ячейках поля. Номер ячейки определяется системой автоматически по местоположению почвоотборника на поле. В каждой ячейке поля можно зафиксировать до 15 мест взятия почвенных проб. Возможно управление от кнопки фиксации координат места пробы исполнительным механизмом почвоотборника.

Система параллельного вождения Agroglobal (ООО «РОСТАГРОСЕРВИС») применяется при внесении удобрений и средств защиты растений (рис. 21) [44].

Рис. 21. Система параллельного вождения Agroglobal

Основные возможности: четыре шаблона движения – линия АВ, идентичные кривые, произвольная форма, измерение площади; измерение и фиксация в памяти устройства площади обработанного участка поля, всего поля и его периметра; возможность выгрузки записей проделанной работы на персональный компьютер и их просмотр; отображение скорости, текущего времени, ширины захвата орудия, пересечения зон обработки, текущего шаблона движения; ночной режим работы; возможность подключения видеокамеры; автоматическая калибровка геопозиции. Размер экрана по диагонали 20 см.

Рис. 22. Внешний вид агронавигатора Кампус

Агронавигатор «Кампус» компании «Кампусагро» (г. Омск) оснащен современным процессором и модулем навигации (рис. 22). Размер сенсорного экрана по диагонали 20,3 см. Цветовая индикация показывает отклонение от текущей направляющей.

Возможности: курсоуказатель с двумя режимами – параллельное вождение (A-B) и свободный режим; замер площади поля по периметру (контуру) и подсчет обработанной площади; визуализация перекрытий и обработанного участка; гибкая настройка ширины захвата (до сантиметров); отображение скорости движения; сохранение обработанного поля с возможностью его последующей загрузки и доработки; отображение индикатора точности данных, полученных со спутника; возможность изменения масштаба; голосовые уведомления об отклонении от параллельной направляющей. Предусмотрена функция приостановки работы, которой удобно пользоваться, когда необходимо приостановить работу для заправки опрыскивателя химикатами, переезда на другое место или иных манипуляций с агрегатом [44].

Навигатор «Агронавт» (ООО «Агронавт», г. Курган) представляет собой программный комплекс, состоящий из планшетного компьютера с кронштейном для крепления в кабине трактора и инсталированной программы «Агронавт» (рис. 23).

При использовании в комплексе с бортовым контроллером системы спутникового мониторинга «АвтоГРАФ» наряду с коррекцией движения позволяет производить обмер полей, вести их электронные базы данных и истории обработок, составлять электронные схемы полей и оптимальные маршруты движения, выявлять необработанные участки, осуществлять дифференциальную обработку почвы в соответствии с картами агрохимического анализа, передавать данные о положении техники, остановках, включении механизмов и расходе топлива в режиме онлайн на компьютер диспетчера. Перед проведением работ механизатор выбирает необходимое поле из базы данных и параметры обработки. Точность в такой комплектации – 15-50 см, а при оснащении навигатора специально разработанным ГЛОНАСС/GPS-приемником сигналов – 5-10 см.

Рис. 23. Экран навигатора «Агронавт»

В табл. 5 приведены предлагаемые на российском рынке системы параллельного вождения зарубежного производства [44].

Таблица 5

Системы параллельного вождения

Название (изготовитель или поставщик)	Основные особенности
1	2
Курсоуказатель EZ-Guide 250 (компания «АГРОштурман Центр») 	Применение: опрыскивание и внесение удобрений вразброс. Ручное управление. Панель навигации на светодиодах, диагональ монитора 10,9 см. Кнопочный интерфейс, возможность записи полевых данных. Передача информации через порт USB

Продолжение табл. 5

1	2
Курсоуказатель Trimble EZ-Guide 500 (ВДК «ПАРТНЕР»)	Оснащен цветным ЖК дисплеем (размер по диагонали 17,8 см) и линейкой светодиодов. Точность вождения с бесплатной поправкой On Path – 25-35 см. Отображает информацию по текущему полю, состоянию GPS, обработанной площади, расстоянию до ряда, скорости движения и др. Имеет встроенные функции картирования, позволяет управлять внесением удобрений. Работает с электрическими и гидравлическими автопилотами фирмы «Trimble»
Дисплей Trimble TMX-2050 (компания «АГРОштурман Центр»)	Сенсорный дисплей с диагональю 30,8 см. Встроенная операционная система Android. При использовании экрана «Менеджер Поля», на котором отображается информация (поля, маршруты движения и границы), позволяет управлять всеми полевыми работами. Можно накладывать на фоновые карты местности различные картографические слои: карты дифференцированного внесения, скорость обработки и точность GPS
Дисплей Compass (компания «АГРОштурман Центр»)	Поддерживает ручное управление, подруливающие устройства и гидравлические автопилоты. Дисплей с диагональю 18 см имеет антибликовое покрытие и регулируемую яркость. Отклонение от курса позволяет определять встроенный светодиодный ряд. Автоматическая регистрация событий и карт. При работе с бесплатными сигналами GPS/ГЛОНАСС точность составляет 20-30 см. Поддержка ISOBUS позволяет использовать дисплей для системы параллельного вождения и контроля опрыскивателей и сеялок
Дисплей InCommand 800 (компания «АГРОштурман Центр»)	Позволяет проводить почвообработку, внесение удобрений, опрыскивание, посев и уборку урожая с точностью 2-30 см. Размер дисплея по диагонали 21,3 см. Отклонение от курса позволяет определять встроенный светодиодный ряд. Поддерживает работу с системами автопилотирования и подруливающими устройствами. Возможность регистрации данных, картирования и обмера полей. Поддержка внешних видеокамер и ISOBUS

Продолжение табл. 5

1	2
Дисплей InCommand 1200 (компания «АГРО-штурман Центр»)	Навигационное устройство для выполнения широкого спектра агроопераций с точностью 2-30 см. Управляется как планшетный компьютер, размер экрана по диагонали 30,7 см. Отклонение от курса позволяет определять встроенный светодиодный ряд. Поддержка функции полиэкрана для одновременного параллельного вождения и управления агрегатируемой машиной, внешних видеокамер и ISOBUS. Возможность картирования урожайности и обмера полей, управления дифференцированным внесением материалов сеялкой
Система параллельного вождения AG LEADER COMPASS 6000 (компания «АГРО-штурман Центр»)	Управление осуществляется с помощью цветного экрана диагональю 18 см. Поддерживает ручное управление, подруливающее устройство и гидравлический автопилот. Самостоятельно регистрирует все процессы и действия и сохраняет их в своей памяти. Позднее вся информация может быть перенесена в программу SMS Basic от Ag Leader
Система параллельного вождения AG LEADER COMPASS 6500 (компания «АГРО-штурман Центр»)	Оборудована 18-сантиметровым экраном с антибликовым покрытием. Поддерживает процесс параллельного визуального, полностью автоматического и полуавтоматического вождения. Доступен режим картирования полей. При работе на бесплатном сигнале предоставляется опция агроопераций с точностью 15-20 см. В случае активации платных сервисов коррекции появляется возможность проводить работу с точностью 4 см, в РТК режиме – 2 см
Многофункциональный дисплей FmX (компания «АГРОштурман Центр»)	Особенность – наличие двух встроенных GPS+ГЛОНАСС приемников, обеспечивающих необходимую точность для трактора и сельскохозяйственного орудия. Рекомендуется тем, кому необходимо управление орудием и одновременное диф-

Продолжение табл. 5

1	2
	ференцированное внесение шести различных материалов. Диагональ цветного сенсорного экрана 30,7 см, четыре входа для видеокамер. Беспроводной обмен данными между машинами и между полем и офисом. Встроенные радиомодем и DGPS приемник обеспечивают RTK точность 2,5 см без добавления внешних ресиверов
Дисплей Trimble CFX-750 (компания «АГРОштурман Центр») 	Диагональ цветного монитора – 20,3 см. Наличие двух гнезд для видеокамер с целью наблюдения за агрегатами. Беспроводной обмен данными с офисом и другими мобильными средствами. Поддерживает несколько уровней точности: от 2 см (RTK–поправка от базовой станции) до 30 см
Система параллельного вождения (курсоуказатель) OUTBACK S-lite (ООО «Агронавигация») 	Обеспечивает вождение по параллельным рядам и произвольному контуру. Встроенный DGPS приемник имеет два типа бесплатных дифференциальных поправок – E-Dif и EGNOS. Точность вождения по E-Dif – 25-30 см. Имеет два ряда светодиодов: один ряд работает с упреждением и показывает направление, в котором начал отклоняться трактор, а второй ряд срабатывает, когда трактор значительно сбился с курса. Размер экрана по диагонали 5,6 см
Система параллельного вождения Outback S3 (ООО «Агронавигация») 	Вождение по прямым и кривым линиям, замер площади поля или его участка, отображение на экране движения техники и обработанных участков поля в режиме реального времени с разных ракурсов: с высоты (2D) и из кабины (3D). Возможность экспорта на USB флэш-карту данных навигации и выполненной работы. Поддержка дифференциальных поправок E-DIF, L-dif, Omnistar VBS (точность вождения 10-15 см)

Продолжение табл. 5

1	2
Система параллельного вождения OUTBACK Sts (компания ВДК «ПАРТНЕР»)	Точность по встроенной бесплатной дифференциальной поправке E-Dif – 15-30 см. Совместима с гидравлическим автопилотом Outback eDriveTC, возможность подключения оптического автопилота Claas CamPilote. Снабжена 7» цветным сенсорным дисплеем, размер 17,8 см. Работает с автоматической системой контроля за секциями распылителей
Агронавигатор Hexagon Ti5 (Hexagon Agriculture)	Ручное и автоматическое вождение, контроль секций опрыскивателя, дифференцированное внесение удобрений, контроль высева, сохранение карт выполненных работ, создание отчетов. Через USB-накопитель можно переносить файлы с прибора на прибор. Возможность развития системы и подключения новых функций. Размер экрана 12,8 см. Дифференциальные поправки сигнала GPS: GLIDE, EGNOS
Агронавигатор Hexagon Ti7 (Hexagon Agriculture)	Ручное и автоматическое вождение, в том числе с подключением через гидравлику, контроль секций опрыскивателя, дифференцированное внесение удобрений, контроль высева, сохранение карт выполненных работ, создание отчетов. Размер экрана 17 см. Дифференциальные поправки сигнала GPS: GLIDE, EGNOS, TerraStar D (точность до 15 см), TerraStar C (точность до 5 см), RTK (точность 2-3 см). Отличается наличием двух CAN-разъемов
Навигатор Leica Mojo Mini (компания «Агро Компас»)	Возможности – четыре типа движения: параллельные прямые, параллельные кривые, окружности и движение по азимуту; измерение площадей; запись выполненных работ на карту памяти; сохранение последней обработки («возврат в точку»). Цветной сенсорный дисплей с диагональю 11 см. Имеет трехмерное изображение с разноцветной шкалой отклонений в верхней части. Точность 13-25 см. Может использоваться как автонавигатор с возможностью загрузки дорожных карт

Продолжение табл. 5

1	2
Навигатор Leica MojoMini 2 (компания «Агро Компас»)	Возможности – четыре типа движения: параллельные прямые, параллельные кривые, окружности и движение по азимуту; измерение площадей; запись выполненных работ на карту памяти; сохранение последней обработки («возврат в точку»). Цветной сенсорный дисплей с диагональю 11 см. Поставляется с антенной GeoSpective, обеспечивающей точность вождения 15 см
Навигатор Leica Mojo 3D (компания «Агро Компас»)	Возможности – автоматическое вождение техники, отключение секций опрыскивателя, поддержка RTK-технологий, удаленный сервис и мониторинг техники в онлайн-режиме, 18-сантиметровый цветной сенсорный экран с 3D-графикой, что позволяет наращивать необходимые пользователю функции. Доступны опции записи обработанной площади, восстановления пройденного маршрута, импорта/экспорта обработанных участков и формирования отчетов через USB накопитель в формате PDF
Система управления Raven Cruizer II (компания «Raven Industries»)	Предназначена для параллельного вождения сельхозтехники с точностью вождения от 20 см до 2-3 см в зависимости от типа GPS-приёмника. Экран цветной сенсорный, размер по диагонали 14,4 см. Встроенная индикаторная панель. Заложена возможность записывать трэки на флеш-накопитель. Режимы «вид с высоты птичьего полета» и «трехмерная перспектива» для проверки покрытия и текущего мониторинга. Возможность настройки автоматического отключения секций для сеялок и опрыскивателей
Курсоуказатель CenterLine 220 (компания «TeeJet Technogies»)	Точность вождения 30 см, что позволяет использовать его при проведении полевых работ (опрыскивание, внесение удобрений, средств защиты растений и др.). Для выдачи информации используются линейка светодиодов и графический дисплей. Функция «опережение» позволяет предугадать будущее положение трактора

Продолжение табл. 5

1	2
Система параллельного вождения Teejet Matrix 430 (компания «TeeJet Technogies») 	Используется при культивации, опрыскивании, разбрасывании удобрений. Экран полноцветный, графический, сенсорный, размер по диагонали 11 см. Технология ClearPath, улучшающая точность позиционирования в местности, где недоступны сигналы дифференциальной коррекции SBAS. Режимы навигации: по прямой, по изгибу, по кругу, повторение последнего пройденного пути. Счетчики площади всего поля и обработанного участка. Подача звукового сигнала при заходе на уже обработанный участок
Система параллельного вождения Teejet Matrix 570GS (компания «TeeJet Technogies») 	Используется при опрыскивании, внесении удобрений и средств защиты растений, посеве и др. Оснащена линейкой светодиодов и трехмерным цветным сенсорным дисплеем, размер экрана 14,5 см. Точность вождения от 30 до 2 см. В режиме реального видеоизображения на экране происходит одновременное отображение навигационной информации и реального видеоизображения поля. Расчет общей и обработанной площади, перенос данных на другие носители, распечатка. Поддержка до четырех видеокамер
Система параллельного вождения TeeJet Matrix 840GS (компания «TeeJet Technogies») 	Пять режимов навигации, полноцветный сенсорный экран диагональю 21,3 см, меню с иконками без использования текста. На экран можно выводить картинку с восьми видеокамер. Счетчики площади обработанного участка и всего поля, подача звукового сигнала при заходе на уже обработанный участок. Контроль состояния агрегатов, а также работы форсунок опрыскивателя. Функция монитора размера капель форсунок. Технология ClearPath, улучшающая точность позиционирования в местах, где недоступны сигналы дифференциальной коррекции SBAS

Продолжение табл. 5

1	2
Система параллельного вождения 114 (компания «Topcon») 	Несколько навигационных шаблонов вождения. Сенсорный, цветной с диодной подсветкой экран размером по диагонали 11 см. Наличие настраиваемых экранных индикаторов для отображения скорости, ряда, количества спутников и др. USB порт для переноса данных. Все выполненные работы могут быть сохранены в файл формата Shape для дальнейшего анализа
Система автоматического вождения TOPCON ACU (компания «Topcon») 	Компоненты системы: семейство консолей управления, спутниковый приемник AGI-4, модуль рулевого управления ACU-1, гидравлический блок PS-4 (обеспечивает вождение с помощью гидравлики), пульт дистанционного управления VDC. Гидравлический блок PS-4 . Точность вождения до 20 см (автономный режим) ±5 см (использование корректионных сигналов TopNET Global или OmniStar XP/HP/G2) и 2 см (RTK). Сенсорный, цветной экран с регулируемой яркостью размером по диагонали 11, 21 или 31 см
Система автоматического вождения TOPCON AES (компания «Topcon») 	Компоненты системы: семейство консолей управления, спутниковый приемник AGI-4, модуль рулевого управления AES-35, пульт дистанционного управления VDC. Модуль рулевого управления AES-35 – электрический руль, имеющий режим реверса, настройку усилия на ручное вмешательство в управление. Точность вождения до 20 см (автономный режим) ±5 см (использование коррекционных сигналов TopNET Global или OmniStar XP/HP/G2) и 2 см (RTK). Сенсорный, цветной экран с регулируемой яркостью размером по диагонали 11, 21 или 31 см
Автопилот Topcon System 150 (компания «Topcon») 	Точность вождения: бесплатная корректирующая поправка DION (15-30 см), Omnistar VBS (15-20 см), Omnistar HP/XP (5-10см); RTK с базовой станцией на расстоянии до 25 км (2-3 см). Вместо штатного руля с помощью адаптера устанавливается электронный руль

Продолжение табл. 5

1	2
Система параллельного вождения ГеоТрек (компания «ГеоМетр») 	Функции: параллельное вождение, отображение скорости движения, подсчет обработанных площадей, сохранение карты полей и треков вождения, отображение в Google Map. Размер экрана дисплея 17,8 см. Точность вождения 15-20 см. Может работать без базовой станции и абонентской платы. Прием корректировочного сигнала EGNOS, WAAS, MSAS. Возможность обновления до приема сигнала GLONASS (DGNSS)
Курсоуказатель EFT Pilot (компания «EFT-AGRO») 	Комплектация: курсоуказатель EFT Pilot, подруливающее устройство EFT Auto Wheel; электронное командное устройство EFT Agro, GNSS-приемник, спутниковая GNSS антенна. Диагональ экрана – 23 см, точность до 2-5 см; поддержка GPS/ГЛОНАСС/SBAS, пыле,- влагозащищенность
Автопилот EFT Drive (компания «EFT-AGRO») 	Комплектация: консоль EFT Drive, подруливающее устройство EFT Auto Wheel, электронное командное устройство EFT Agro, GNSS-приемник; спутниковая GNSS антенна. Диагональ экрана 18 см; операционная система на базе Windows; USB порт; слот для сим-карты; пыле,- влагостойкий корпус

2.5. Системы сбора информации о составе и плодородии почвы

Картограмма плодородия почвы является основой получения высоких урожаев. В традиционном земледелии используют отбор небольшого количества проб почвы или одного смешанного образца с опре-

деленной площади. Однако это не позволяет добиться оптимизации питания всех растений, так как биологическая потребность растений в питании на том или ином участке поля может быть разной в зависимости от освещенности, влажности почвы, внесенных или накопленных ранее удобрений или средств защиты растений, наличия сорняков и др.

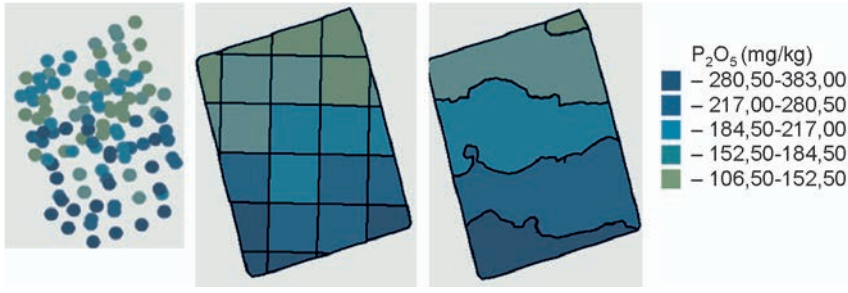
Внесение удобрений по технологии точного земледелия проводится дифференцированно (на каждый квадратный метр вносится столько удобрений, сколько необходимо именно на данном элементарном участке поля), в двух режимах – offline и online. Дифференцированное внесение минеральных удобрений является одним из ключевых элементов точного земледелия, где отбор проб с каждого поля проводится по сетке, узлы которой заданы с определенной частотой и благодаря системе навигации имеют точные координатные привязки [25].

Например, в Германии на каждом сельскохозяйственном поле пробы почвы отбираются по постоянной фиксированной сетке (одна проба на 0,25 га) каждые пять лет. Для более подробного картирования сетка отбора проб может быть более частой. Отобранные по сетке почвенные пробы анализируются в агрохимической лаборатории на содержание основных элементов минерального питания растений, затем эти данные вводятся в программу в системе координат, что позволяет получить карту плодородия каждого конкретного поля. Полученная информация – карта и уровни плодородия в каждой точке – загружается в специализированную программу (например, SMSAdvanced или Agrar-Office), которая формирует задание для бортового компьютера, регулирующего дозы внесения удобрений с машины (по технологии offline). Таким образом, для каждого участка поля рассчитываются и вносятся расчетные дозы именно тех удобрений и микроэлементов, которые необходимы именно на этом конкретном участке.

Отбор образцов по сетке может проводиться с любой точностью, которую может обеспечить навигационная система. Внесение удобрений осуществляется с той точностью, которую обеспечивают машины для внесения удобрений. Поэтому построение картограмм плодородия и картограмм применения удобрений или внесения СЗР (файлов предписания) должно учитывать ширину захвата разбрасывателей удобрений или опрыскивателей. Сетку для автоматического отбора проб можно задать любого масштаба, все зависит от цели

картографирования, т.е. масштаб отбора проб необходимо выбирать в строгом соответствии с площадью захвата. В то же время размеры площадок для определения индекса NDVI зависят от модели прибора и могут составлять от сотых долей до нескольких единиц квадратных метров. Контроль равномерности и однородности посевов с помощью NDVI позволяет оценить не только неоднородность плодородия почвы, но и пятнистость, обусловленную засоренностью посевов и распространением болезней.

Данные по агрохимическим показателям свойств почвы могут быть получены только точечным методом с указанием координат точек. По этим данным строится картограмма или контурная карта распределения почвенных свойств. На рис. 24 приведен пример пространственного распределения фосфора (P_2O_5) в пахотном слое почвы на поле, полученный разными способами компьютерной обработки и представления данных (размера сетки) [25].



а *б* *с*

Рис. 24. Варианты представления данных о пространственном содержании подвижного фосфора в пахотном слое почвы: а – точки ∅10 м; б – сетка 30×30 м; с – контурная карта

Почвенные карты, созданные на основе отбора и анализа почвенных проб, являются основой технологии дифференцированного внесения удобрений, которое проводится в двух режимах – offline и online. Более сложной является работа по расчету доз внесения СЗР при борьбе с сорняками, вредителями и болезнями растений.

Схема работ по отбору и анализу почвенных проб, создания почвенных карт и технологических карт представлена на рис. 25 [50].

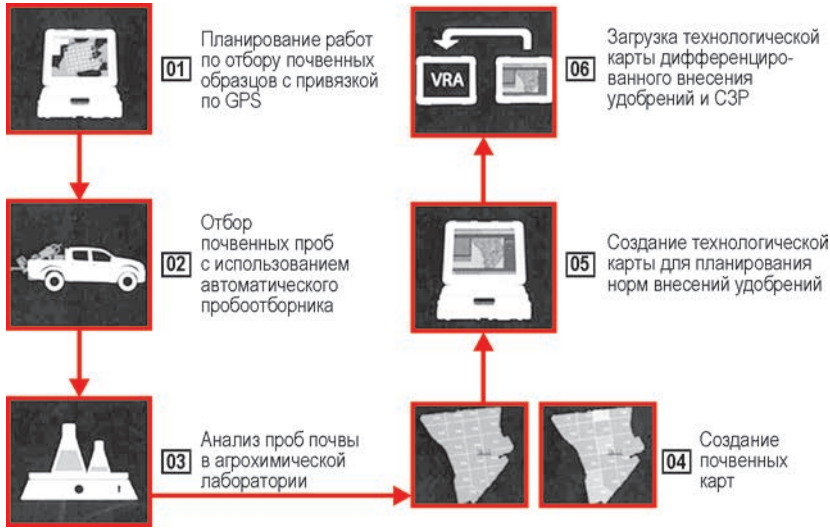


Рис. 25. Схема отбора почвенных проб и создания технологических карт

Режим offline предусматривает предварительную подготовку на стационарном компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно привязанные с помощью ГНСС дозы удобрения для каждого элементарного участка поля. Для этого осуществляется сбор пространственно привязанных данных о границах поля и контурах неоднородности свойств. Проводится расчёт дозы для каждого элементарного участка поля, тем самым формируется карта-задание, которая затем переносится на флеш-карту (или другой носитель информации) на бортовой компьютер, оснащённый ГНСС-приёмником и управляющий контроллером сельскохозяйственной техники. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, двигаясь по полю, с помощью ГНСС-приемника определяет свое местонахождение, считывает с карты дозу удобрений, соответствующую месту нахождения, и посылает сигнал на контроллер распределителя удобрений (или опрыскивателя), который выставляет на распределителе удобрений необходимую дозу.

В режиме online бортовой компьютер получает данные непосредственно от датчика, сравнивает их с определенными и записанными в память значениями, полученными во время калибровки, и

посылает сигнал на контроллер, который устанавливает необходимую дозу, как и в режиме offline. Активно ведутся разработки различных датчиков, позволяющих использовать режим online: оптические, работающие в диапазонах разных длин волн, определяющие содержание азота в листьях, засоренность посевов, а также развитие болезней посевов [25].

Мониторинг плодородия почвы предполагает отбор проб с разных участков поля или одного смешанного образца с определенной площади по различным горизонтам. Для этого применяется как контактный, так и бесконтактный способы, но чаще – контактный.

Плодородие почвы определяют по следующим основным показателям:

- агрохимические: pH – кислотность, органическое вещество, гранулометрический состав, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, нитраты;
- макроэлементы: подвижный фосфор, обменный калий, азотнитратов, азот аммонийный, железо;
- микроэлементы: кобальт, марганец, медь, молибден, цинк, никель;
- токсичные элементы: кадмий, свинец, хром, ртуть, мышьяк, бензапирен, нефтепродукты;
- бактериология: индекс БГКП (количество бактерий группы кишечная палочка на 1 г почвы), индекс энтерококков (количественное содержание бактерий рода энтерококки в 1 г почвы), патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы.

Для взятия образцов почв используются автоматические почвенные пробоотборники, которые устанавливаются на тракторы, автомобили, четырехколесные мотоциклы, мини-тракторы и др. Кроме пробоотборника, транспортное средство оснащается GPS-приемником и мобильным компьютером, что позволяет непосредственно в поле фиксировать на электронной карте координаты точек взятия проб для возможности восстановления маршрута обследования.

Фирма «Bodenprobetechnik Nietfeld» (Германия) выпускает пробоотборники Easy-Sampler, Duoprob 60, Concord C 2400 с глубиной взятия однородных проб почвы 30-90 см. Скорость цикла взятия пробы 20-25 с. Некоторые модели пробоотборников фирмы «Bodenprobetechnik Nietfeld» представлены в табл. 6 [26, 50].

Таблица 6

Пробоотборники фирмы «Bodenprobetechnik Nietfeld»

Марка пробоотборника	Основные особенности
N 2000	Отбор проб производится с помощью спирального бура. Конструкция бура обеспечивает равномерный отбор почвы по всей глубине (устанавливается с помощью специального электрического датчика). Рабочий период составляет 2-5 с. Является самым быстрым пробоотборником на рынке
Nietfeld Duoprob 60	Предназначен для взятия проб почвы с глубины 0-30 см и 30-60 см. Пробоотборник DP 60 имеет гидравлический привод, пригоден для работы с любыми видами почв, включая самые тяжелые и плотные. Процесс взятия одной пробы в зависимости от состава почвы занимает 20-25 с
Nietfeld N2005	Предназначен для автоматического отбора проб почвы с глубины 10-30 см с помощью спирального сверла. Оснащен собственным гидравлическим двигателем (Power Pack), поэтому не зависит от гидравлической системы транспортного средства, на которое он установлен. Для одного прокола потребуется всего 3-5 с
Nietfeld N2012	Предназначен для автоматизированного отбора образцов почвы с глубины 10-30 см с помощью спирального сверла. Конструкция сверла обеспечивает равномерный отбор почвы по всей высоте отбора. Глубину отбора можно устанавливать с помощью специального электрического датчика. Питание от электрической сети автомобиля

Для взятия проб на содержание нитратов предлагается пробоотборник NH 90 без автоматического выгружения желобка, для пробоотбора при исследовании на нематоды – пробоотборник NEPROMAX (System Einig).

Автоматический пробоотборник Multiprob 120 с глубиной отбора 10-90 см может брать пробы с глубины 120 см, при этом пробный материал из различных горизонтов автоматически попадает в предусмотренные сосуды. Новым является и то, что все функции выполняются двумя приводами, которые работают поочередно и контролируют позицию и скорость.

Фирма «Fritzmeier Systems GmbH & Co KG» (Германия) поставляет автоматические приборы для исследования почвы серии Profi. Они полностью автоматизированы, имеют веретенообразный бур с гидравлическим приводом, позволяют отбирать пробы с глубины 0-90 см. Встроенный компьютер с пакетом прикладных программ обеспечивает картирование каждой точки отбора проб и документирование результатов исследований за несколько лет.

Для записи результатов, фиксации точек отбора проб, получения почвенных карт используются бортовой компьютер с встроенным GPS-приемником и специализированное программное обеспечение.

Широкий спектр оборудования для анализа почвы выпускает фирма «Amity Technology» (США). С помощью пробоотборников «Конкорд» отбираются однородные пробы почвы с глубины 0-61 и 0-120 см, частота отбора в зависимости от модели – 4-60 с. Модель «Исследователь» позволяет получать пробы с помощью P.E.T.G.-рукавов, которые защищают почву, взятую на анализ, от попадания в нее посторонних примесей и частей других проб.

Получили распространение пробоотборники таких зарубежных фирм как «Wintex Agro» (Wintex 1000, Wintex 2000, Wintex MCL3), «Chrestie Engeneering» (Soiltest 1600), «AgriCon GmbH Precision Farming Company» и др.

Наиболее современные мобильные анализаторы свойств почвы представляют собой комплекс приборов, монтируемых на прицепное устройство автомобиля повышенной проходимости (рис. 26) [25]: сканер электропроводности, датчик влажности почвы, электрод pH-метра, оптический датчик для определения отражающей способ-

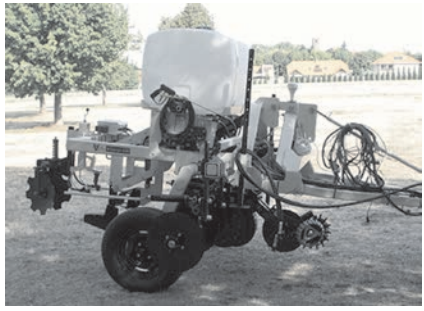


Рис. 26. Мобильный анализатор свойств почвы от компании «Veris Technologies» с системой навигации Garmin

ности почвы (по нему судят об обеспеченности почвы органическим веществом), емкость для воды, омывающие форсунки для промывания pH-электродов после использования.

Технические средства для отбора проб почвы для систем точного земледелия имеются и в России. Так, Агрофизическим НИИ разработан мобильный автоматизированный комплекс на базе автомобиля «Нива», включающий в себя автоматический почвенный пробоотборник HYDRO 20 (Германия), спутниковую систему позиционирования, бортовой компьютер, программное обеспечение FieldRover II. Комплекс позволяет брать пробы с глубины 25 см, создавать электронные карты полей, проводить агрохимическое обследование почв. Методика обследования состоит из следующих этапов [26]: создание контура поля с точностью GPS-приемника; разметка поля (контура) на элементарные участки заданной площади или размера; отбор и маркировка проб; агрохимический анализ в аккредитованной лаборатории; визуализация и анализ результатов в ГИС. Разработанный комплекс может применяться не только для агрохимического обследования полей, но и измерения электропроводности и теплопроводности почвы, выявления и обозначения на электронной карте специфических участков, пораженных нематодой и других целей.

По электропроводности почвы можно определить такие показатели, как гранулометрический состав, органическое вещество, влажность, концентрация солей в почвенном растворе, показатель pH и др. Для изучения электропроводности почвы используют контактный и бесконтактный методы измерения.

Контактный метод основан на измерении электропроводности почвы с помощью электродов, которые представляют собой изолированные стальные диски, находящиеся в постоянном контакте с по-

чвой. Для проведения измерения используется внедорожник, оснащенный бортовым компьютером с технологией параллельного вождения, GPS-приемником, прибором, определяющим электропроводность, и прицепным агрегатом с дисками (рис. 27). При проведении измерений агрегат движется по полю согласно технологии параллельного вождения с погруженными в грунт дисками, при этом на одну пару изолированных электродов подается напряжение, а другая служит для измерения падения напряжения между ними. Замеры электропроводности совмещаются с данными GPS и наглядно отображаются в виде карты.

Рис. 27. Картирование электропроводности почвы с помощью прицепного агрегата Veris 3100 (компания «Veris Technologies», США)

Агрегат Veris 3100 формирует два вида карт – карту поверхностного слоя (30,5 см) и карту, захватывающую корневую зону (91,5 см). Карта верхнего слоя часто используется для выбора мест забора проб, а более глубокая карта – для определения нормы внесения удобрений.

Бесконтактное определение электропроводности почвы проводится с помощью приборов для измерения электромагнитной индукции и георадаров. Аппаратура для измерения электромагнитной индукции в большинстве случаев объединяется с приемниками GPS для обеспечения позиционирования проводимых измерений. Для измерения электропроводности почвы представляет интерес датчик EM38-MK2 компании «Geonics Limited» (Канада), обеспечивающий возможность выделить почвенные контуры и оценить электропроводность почвы и магнитную восприимчивость в интервалах почвенных глубин 0,75 и 1,5 м без разрушения почвы и отбора образцов.

Отечественным прибором, подходящим для исследования состояния почв, является многоцелевой электромагнитный сканер «Немфис», разработанный институтом нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН. Прибор реализует метод электромагнитного индукционного частотного зондирования и представ-

ляет собой трехкатушечный зонд, позволяет сканировать большие площади с привязкой GPS, визуализации карт и разрезов в реальном времени. Сканер управляется с помощью беспроводного модуля на базе карманного ПК по технологии BlueTooth, эксплуатируется оператором и отличается высокой помехозащищенностью [26].

Для мониторинга плотности почвы в России и зарубежных странах применяются механические и ультразвуковые пенетромеры – приборы для измерения плотности почвы. Так, электронный пенетрометр SC 900 (компания «SpectrumTechnologies», США) измеряет индекс пирометрического конуса, сохраняет полученные данные и позволяет пользователю проводить их анализ. Запоминающее устройство и порт RS-232, расположенный на нижней части прибора, позволяют измерять уплотнения почвы с привязкой к координатам местности. При обнаружении GPS-сигнала широта и долгота местоположения включается в результаты измерения. Прибор совместим с картографическим онлайн-приложением SpecMaps, имеет память для хранения до 772 профилей [51].

Значительное место в технологиях точного земледелия занимает картирование урожайности, которое подразумевает комплекс мероприятий с использованием спутниковых навигационных систем, в основном заключающийся в сборе, обработке и хранении данных об урожайности и влажности зерна в процессе комбайновой уборки [25, 26].

Среди оборудования, предназначенного для оценки урожайности, важное место занимают различные датчики (оптический датчик объема зерна в бункере, датчики влажности зерна, поперечных и продольных отклонений и др.), представляющие собой набор сенсоров. Их применение дает возможность определять урожайность и влажность зерна с единицы площади с учетом местоположения комбайна и неровностей поля.

Специальные ГИС-программы имеют широкие технические возможности не только в случае обработки полученной информации и построения карт урожайности, особенно при выявлении проблемных зон на регистрируемых участках поля, но и способны осуществлять подготовку подробных отчетов о выполняемых на данном поле сельскохозяйственных работах. Данная информация необходима как

современному агроному, так и руководителю сельскохозяйственного предприятия для системного анализа, оценки рентабельности конкретных сельскохозяйственных площадей и выработки решений не только по повышению урожайности и качества зерна, но и в целом по их использованию в будущем.

Для проведения агрохимического анализа почвы имеются агрохимические лаборатории, оснащенные средствами спутниковой навигации, способные проводить быстрый анализ проб по современным методикам. Количество анализируемых образцов в таких лабораториях достигает 100-150 и может быть увеличено до 300-400 образцов в день.

Кроме того, созданы портативные лаборатории, укомплектованные необходимыми материалами и инструментами для проведения анализов в полевых условиях [25, 50]. Такие анализы при использовании портативных лабораторий менее точны, чем исследования в стационарных лабораториях, но позволяют более оперативно определять необходимые показатели.

3. ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

3.1. «Умное» растениеводство

«Умное» растениеводство – отрасль сельского хозяйства, занимающаяся выращиванием культурных растений с использованием новейших технологий, датчиков, робототехнических систем, беспилотных летательных аппаратов, систем точного земледелия и других устройств с целью повышения урожайности и снижения затрат на производство сельскохозяйственных культур вне зависимости от климатических условий.

Датчики состава почвы позволяют оценить где, сколько и какое удобрение требуется внести. Важная часть технологического процесса – перенос пыльцы – может быть переложено на роботизированные механические системы, а камеры с программами интеллектуального распознавания позволяют точно определить зрелость растения. Особенностью внедрения новых автоматизированных технологий в растениеводство является накопление огромного количества данных, которые можно обрабатывать с помощью Big Data, оптимизировать и расширять знания о процессах роста растений на всех стадиях [52].

Для удовлетворения растущего спроса на продовольствие в условиях изменения климата и дефицита плодородной земли и воды, необходимых для сельского хозяйства, надо научиться выращивать с помощью технологий интернета вещей больше продуктов питания при использовании меньших ресурсов.

Зарубежный опыт показывает, что даже небольшие семейные фермы размером в несколько десятков гектар получают значительный экономический эффект от установки датчиков и программного обеспечения для поддержки принятия решений. Если собственник фермы относится к своему предприятию как к бизнесу, считает прибыль, обдумывает варианты оптимизации затрат, то он неизбежно придет к технологиям интернета вещей.

Говоря о проблемах внедрения систем автоматизации на растениеводческих фермах, эксперты отмечают необходимость решения следующих задач [53]:

во-первых, – планирование работы и ведение учета по полям, а не по культурам. Если в хозяйстве несколько десятков или сотен полей, то фермер для планирования и учета группирует их по культурам (например, 30 полей под пшеницей, 20 полей под соей, 50 полей под подсолнечником). Ко всем полям под одной культурой применяются одни и те же агроприемы, невзирая на локальные особенности. Вести планирование и учет по полям, а не по культурам, применяя технологии интернета вещей, эфективнее;

во-вторых, – получение точной погодной информации (история погоды, актуальная погода, прогноз погоды) для каждого конкретного поля, потому что на одном поле может идти дождь, а на другом, расположенном в нескольких сотнях метрах, может быть солнечно;

в-третьих, – контроль работы сотрудников и техники. Например, агроном, осматривающий поля, может не заметить очаги заболевания в глубине посевов;

в-четвертых, – оптимизация использования расходных материалов – семян, удобрений, средств защиты растений. Имея актуальную информацию о состоянии полей, можно вносить препараты не ровным слоем по всем полям, а дифференцированно, только в тех местах, где они действительно принесут пользу;

в-пятых, – документирование истории полей. Для принятия решений по технологии выращивания агроному необходимо знать, что и как выращивалось на данном поле в течение нескольких последних лет, какая техника и какие препараты при этом применялись, т.е. фермеру нужно знать, что происходит в данный момент на каждом поле, что происходило на этих полях раньше, и иметь возможность спрогнозировать, что будет происходить на каждом поле в будущем.

Сельскохозяйственные информационные системы, такие как ExactFarming, позволяют собирать в одну базу данных всю необходимую фермеру информацию (погодные данные, спутниковые снимки полей, телеметрию с техники, данные о состоянии почвы, отчеты сотрудников о выполненных работах и др.). Владея этой информацией, фермер может принимать обоснованные управленческие решения по повышению производительности, урожайности, снижению затрат.

Эксперты отмечают, что всё большее количество агропредприятий будут убеждаться в эффективности технологии интернета вещей и начинать ее применять. К 2020 г. порядка 40% российских хозяйств будут использовать IoT-технологии. Постепенно будет улучшаться ситуация с каналами передачи данных от устройств в полях как за счет увеличения зоны покрытия мобильного Интернета, так и распространения сетей LPWAN. Еще один тренд – хозяйства будут внедрять информационные системы «всё-в-одном», собирающие, накапливающие и анализирующие данные с самых разных IoT-устройств.

На рынке преобладают системы автопилотирования и позиционирования техники. Практически каждый новый трактор оснащен ГНСС-трекером и системой автоматического подруливания.

Важнейшей функцией применения спутниковых навигационных систем в сельском хозяйстве является контактное картирование полей по плодородию почвы (содержанию гумуса). Программное обеспечение позволяет создать электронную карту полей, благодаря которой можно контролировать весь спектр работ на обрабатываемых площадях. Применение ГЛОНАСС-технологий, цифровых карт, снимков с полей в реальной цветопередаче и сельскохозяйственной техники с датчиками спутникового наведения позволяет проводить высокоточный посев семян, оценить динамику развития растений, спрогнозировать урожайность и оптимизировать многие процессы аграрного производства, что сокращает издержки на всех этапах производственного цикла, повышает прибыльность и рентабельность фермерского хозяйства [54].

Мониторинг использования техники, внесения удобрений и средств химзащиты становится основным трендом. Поэтому очень востребовано, но пока менее развито, применение датчиков. В первую очередь в сельском хозяйстве используются датчики расхода топлива. Стоимость таких устройств и их установка окупаются, как правило, в первый сезон, а затем приносит 30% экономии. Растет спрос на датчики удаленного мониторинга различных показателей: нормы внесения удобрений, пестицидов и др. [55].

Собственникам агропредприятий предстоит решать новые задачи по интеграции получаемых разнородных данных с корпоративными системами учета.

Основная задача комплексных платформ – помочь контролировать процессы, которые происходят на поле, предлагать предиктивные механизмы и превентивные меры, чтобы избежать поломок техники, стрессовых ситуаций для агрокультур (недостаточная влажность или переувлажненность почвы, болезни растений и др.).

Комплексные решения в основном востребованы крупными хозяйствами (от 5 тыс. га) и холдингами. Для таких предприятий – это возможность существенно сократить издержки и минимизировать неблагоприятное влияние человеческого фактора. На посевной площади до 1 тыс. га нецелесообразно использовать комплексный подход и полную цифровизацию. Предприятиям малых форм следует автоматизировать лишь функции телеметрии и помощи оператору беспилотной техники. Возможно, со временем будут востребованы консультационные сервисы.

По экспертной оценке, количество IoT-датчиков в сельском хозяйстве будет расти в геометрической прогрессии благодаря ценовой доступности устройств и возможностям их прикладного применения. Будут развиваться и сети LPWAN для подключения датчиков. Например, развертывание сетей LoRaWAN в условиях с нестабильной мобильной связью или ее полным отсутствием избавит аграриев от необходимости бегать с устройством в поисках сети, чтобы передать информацию на сервер.

В ближайшее время будут развиваться программы аграрного управления – умные помощники для агронома, которые позволят ему принимать эффективные решения, анализируя совокупность массива данных, получаемых с датчиков. Установка автоматизированных систем, оцифровка процессов, установка датчиков – всё это позволит улучшить агротехнологии.

В ближайшие пять лет произойдет постепенный переход к полностью автономному управлению тракторами, комбайнами, опрыскивающей техникой и т.д., которые пока не применяются, но такая техника уже появилась на рынке [55].

Среди основных проблем в растениеводстве – уплотнение и снижение биологической активности почв, ионно-катионного обмена и др., которая решается с применением технологии Controlled Traffic Farming (CTF) – «управляемое движение по полям» – отделение зон

движения от зон возделывания растений. В России нет практического опыта применения такой технологии, хотя в Европе, США и Австралии она применяется уже более 20 лет [56].

Все транспортные средства, оснащенные системами управления GPS, передвигаются по полю по постоянной технологической колее с взаимно согласованной шириной захвата. На практике это означает, что одни и те же колесные колеи используются для обработки почвы, посадки растений, опрыскивания и уборки. Благодаря этому создаются условия для устойчивого улучшения структуры почвы. При этом колеса всех тракторов и машин установлены на одну и ту же ширину колеи. При комплексном использовании с технологией прямого посева, предполагающей сокращение числа агротехнических операций, а следовательно, и проходов техники по полям, площадь проходов машин на поле сокращается до 50%.

Исследования данной технологии в Европе, США и Австралии показали повышение инфильтрации воды, формирование более рыхлой структуры почвы, улучшение полевой всхожести и более стабильную урожайность. Потребность в топливе с CTF уменьшается в среднем на 50%. За счет открытых почвенных пор система предупреждает эрозию почвы и смыв питательных веществ. При системном использовании CTF урожайность повышается до 20%.

Некоторые компании-производители сельхозтехники предлагают машины для технологии согласованного проезда по полю. При этом производителями сельхозтехники приняты единые стандарты ширины колеи – 3 м. Существует несколько вариантов CTF, но эффективным считается стандарт по ширине захвата комбайнов и сеялок 12 м, а опрыскивание при этом производится на ширину 36 м. Данная технология способствует эффективному выполнению полевых операций в максимально короткие сроки с высокой производительностью, что особенно актуально для 2/3 регионов страны, характеризующихся жесткими климатическими условиями для растениеводства. Однако она требует создания нового комплекса машин и оборудования с едиными стандартами колеи и согласованной шириной захвата техники для посева, внесения удобрений и СЗР, уборки и логистики. Это принципиально новая для России комплексная технология, новая парадигма для развития сельхозмашиностроения и сельхозпро-

изводства, ориентированная на создание и внедрение «умного» растениеводства.

Другая проблема в растениеводстве – длительные периоды между посевом и уборкой урожая. Аграрии не застрахованы ни от неурожайности, ни от колебаний цен на продукцию. Поэтому идет поиск и использование новых технологий, которые обеспечивают повышение эффективности бизнеса, более прогнозируемый доход и более точное планирование [57].

Важные факторы успеха – подбор сельхозугодий, анализ почвы с помощью различных датчиков. Фермерам необходимо спланировать расположение агрокультур так, чтобы обеспечить благоприятное развитие растений, выбрать оптимальное время посева и сбора урожая. Такие процессы, как полив, борьба с сорняками и вредителями и созревание растений контролируют IoT-датчики.

При сборе данных задействованы спутники, беспилотные дроны используют технологии сканирования: спутник передаёт изображения с разрешением 0,5-10 м. Дроны и удаленно пилотируемые воздушные аппараты способны снимать изображения разрешением до 2-10 см. Камеры, которыми оснащены летательные аппараты, могут передавать снимки в тепловизионном, инфракрасном и обычном спектрах. Преимущества дронов заключается в том, что они могут сканировать до 400 га площади за 1 ч полета, поэтому идеально подходят для крупномасштабного сельского хозяйства. Кроме того, дроны обеспечивают сбор данных о влажности почвы и воздуха, содержании хлорофилла в растениях, об обнаружение сорных растений. «Сельскохозяйственные» беспилотники позволяют создавать электронные карты полей в формате 3D, рассчитывать показатель Normalized Difference Vegetation Index (нормализованный вегетационный индекс) с целью эффективного удобрения культур, инвентаризировать проводимые работы и охранять сельхозугодия.

Собранные в ходе мониторинга данные могут применяться для построения аналитических отчетов. В этом случае БПЛА будет использоваться как платформа для сбора данных, в то время как основная работа ляжет на специализированное ПО, обрабатывающее собранную информацию, на основе которой специалисты будут принимать верные решения по дальнейшему развитию сельхозугодий [58].

IoT-датчики, прикрепленные к сельхозтехнике или установленные в почве, измеряют электропроводность, влажность, кислотность почвы, позволяют спрогнозировать микроклимат территории с учетом многолетних статистических данных.

Чем больше автономных или дистанционно управляемых машин, тем выше уровень производительности труда. Один человек удаленно может управлять и оптимизировать маршруты мобильной техники, что позволяет экономить до 40% расход топлива [57].

Первая в мире полностью автоматизированная ферма Hands Free Hectare уже создана в Великобритании [59]. Это – совместное предприятие Университета Харпера Адамса в Шропшире (Англия) и Precision Decisions – компании-поставщика агрономических решений из Йорка. На ферме произведено 4,5 т ячменя на площади 2,5 га. Человек даже не присутствует на поле, потому что все процессы – от посева семян до сбора урожая выполняют машины, управление которыми осуществляет технический персонал из диспетчерской комнаты. В этом проекте агрономы и инженеры использовали модифицированные тракторы и дроны со встроенными мультиспектральными датчиками, которые делали аэрофотоснимки поля, в то время как небольшие машины, передвигавшиеся по полю, брали образцы почвы для последующей оценки ее состояния и подбора удобрений. Камеры, передававшие изображения в режиме реального времени, использовались для обнаружения сорняков или болезней.

Создатели фермы Hands Free Hectare планируют продолжить исследования в области сельского хозяйства и утверждают: их решения не заменят фермеров. Цель проекта заключается в модернизации сельскохозяйственных операций и создании более эффективных рабочих мест для персонала. Проект направлен на переход отрасли к высокотехнологичному производству. По данным Innovate UK, стоимость фермы составляет 250 тыс. долл.

Инновации в виноделии с применением современных цифровых технологий уже давно используются крупными зарубежными производителями вина на разных этапах виноградарства, начиная от выбора посадочных площадей и заканчивая сбором урожая [8].

Впервые GPS-технологии для определения качества почвы стали использовать производители Шато Куэн с Шато Шеваль Блан.

Технология такова: устройство GPS устанавливается на трактор, который каждый день совершает один и тот же маршрут по винограднику. Информация и данные о состоянии грунта фиксируются и обрабатываются программой, благодаря чему ясна картина качества почвы виноградника. Зная это, производитель может контролировать и корректировать обработку каждого участка в соответствии с его потребностями. Помимо этого, в Шато Куэн применяют также технологию считывания инфракрасного излучения, что позволяет виноделу точно измерить содержание полифенолов в ягодах винограда и определить точную дату сбора урожая. Эту же технологию применяют в провинции Бордо, оснастив сельскохозяйственную технику камерами и GPS-навигаторами. Виноградарь обследует свои плантации за несколько дней до начала сбора урожая. Получив полную информацию о цвете плодов и концентрации антиоксидантов – антоцианинов, определяется точный порядок сбора урожая с различных участков виноградника.

Технологии ГЛОНАСС и GPS (называемые NDVI) уже широко применяются на виноградниках. При такой технологии урожай диверсифицируется по качеству, сбор урожая ведется поэтапно, что позволяет добиться наибольшей гомогенности и высокого качества винограда. Кроме сбора урожая, производители в полной мере используют позиционирующие данные (функция ГИС) для составления карт полей и хозяйств.

Современные средства точного земледелия и компьютерные программы с использованием GPS позволяют производителю составить точную агрохимическую карту полей. Благодаря этому появляется возможность оптимизировать питательный режим растений, повысить эффективность применения удобрений. Однако, как отмечается в работе [60], компьютерных программ с надёжной математической моделью, адаптированных к российским условиям, пока нет. На данном этапе программное обеспечение точного земледелия в России представляет собой ГИС-пакеты с минимальным анализом процессов формирования почвенного плодородия.

Эффективность применения ГЛОНАСС-технологий признают все эксперты, однако российские производители пока только «присматриваются» или пробуют подобные новинки в своей производственной

деятельности. Чтобы улучшить положение российских виноделен, нужны инвестиции и квалифицированные кадры. Опыт зарубежных стран по применению инновационных технологий в своих хозяйствах уже доказан на практике. Поэтому в ближайшем будущем при должной поддержке российские виноградари освоят эти технологии и составят достойную конкуренцию мировым производителям.

Появление новых технологий и компонентной базы будут стимулировать разработчиков создавать «умные» решения для аграрного сектора. Такие технологии будут внедряться в первую очередь в качестве пилотных на крупных фермах. Ключевой критерий использования «умной» технологии в сельском хозяйстве (как в растениеводстве, так и животноводстве) – рентабельность внедрения и сроки окупаемости проектов по автоматизации производства.

«Умные теплицы»

В основе любой «умной теплицы» – датчики, исполнительные механизмы, системы мониторинга и управления, которые в комплексе позволяют оптимизировать многие факторы и условия роста растений.

«Умная теплица» – полностью автоматизированная конструкция, призванная облегчить процесс выращивания растений и минимизировать использование ручного труда. Этот сельскохозяйственный объект включает в себя микроконтроллеры, датчики и приложения интернета вещей. Часто «умные теплицы» работают в синхронизации с другими технологическими решениями, например, технологиями автоматического полива и системами HVAC. Интеллектуальные датчики фиксируют данные о росте растений, орошении, наличии вредителей и освещении и отправляют их на локальный или облачный сервер. Веб-консоль администратора позволяет фермерам настраивать параметры системы и интегрировать ее с другими решениями. Мобильное приложение генерирует оповещения и отчеты о производительности теплицы [61].

По типу «умные теплицы» можно разделить на те, где используется гидропоника (выращивание агрокультур без почвы), и те, где ведется обычное выращивание растений в грунте (они преобладают на рынке.).

Для «умных теплиц» основными являются такие технологии, как LED-проекторы для роста растений; технологии подключения; ирригационные системы; клапаны и насосы; системы мониторинга системы управления. В зависимости от потребностей фермеров возможны любые комбинации датчиков: температурные, влажности, экспонометра, состава почвы (кислотность, химический состав), точки росы, контроля качества воды для полива и др.

Управление датчиками осуществляется с помощью специального блока (рис. 28).

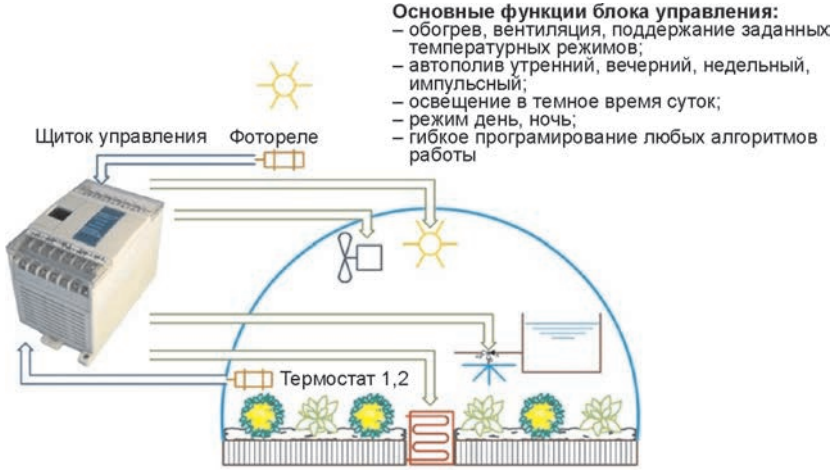


Рис. 28. Схема управления датчиками

Для связи датчиков используются проводные или беспроводные сети. В удаленных районах могут быть задействованы LPWAN, такие как LoRaWAN, RF, NB-IoT и др.

Поддержание и контроль диапазона температур в тепличной среде имеют решающее значение. Колебания температуры могут повредить или убить растения в течение нескольких часов. Системы дистанционного мониторинга защищают ценные растения от экстремальных температурных колебаний. Кроме поддержания оптимальной температуры, необходимо обеспечить сохранность инвентаря и эффективную работу систем кондиционирования, поддержания влажности и др.

Если какое-либо условие выходит за пределы предварительно установленного диапазона, то устройства или система немедленно предупреждают ответственных сотрудников по телефону, через электронную почту или SMS. Уведомления о нештатных ситуациях обычно оповещают фермеров о понижении температуры, плохой вентиляции, высоком уровне углекислого газа, изменении влажности, отказе оборудования, утечке воды. Поддержание заданных параметров температуры, уровня влажности, освещения, циркуляции воздуха имеют решающее значение для получения максимальной урожайности растений, предотвращения появления плесени, болезней.

Примером интеллектуального управления теплицами является российская компания «iFarm», в которую венчурный фонд «Gagarin Capital» и группа инвесторов вложили 1 млн долл. Компания производит модульные фермы с искусственным интеллектом для автоматизированного выращивания овощей и фруктов без химических удобрений и пестицидов в городских условиях.

В начале 2019 г. проект стал резидентом биомедицинского кластера центра «Сколково». Продвигаемый компанией продукт включает в себя не только модульные «вертикальные» фермы и круглогодичные теплицы, но и расходные материалы – семена, датчики и удобрения. Управление фермами осуществляет система на основе искусственного интеллекта. Система подключена к облаку, где расположена база с методиками выращивания тех или иных культур. Разработчики утверждают, что технология позволяет фермерам сэкономить на воде, электроэнергии и удобрениях. Первая теплица этого проекта была построена в Новосибирском Академгородке. До конца первого квартала 2019 г. компания «iFarm» планирует открыть полнофункциональную ферму в г. Новосибирске на площади 3000 м^2, а в апреле – запустить первый объект в ЕС [62].

Ключевые технологии, по оценкам аналитиков, применяемые для «умных теплиц»: лампы для роста растений, технологии подключения, ирригационные системы, клапаны и насосы, системы мониторинга и управления. Ожидается, что сегмент интеллектуального сельского хозяйства будет развиваться высокими темпами. Но высокие стоимость и первоначальные инвестиционные затраты могут сдерживать темпы развития и роста рынка «умных теплиц».

В работе [63] использована нечеткая логика для разработки интеллектуальных систем управления в теплицах, что позволяет создать комфортный микроклимат для роста растений при одновременной экономии энергии и водных ресурсов. Применение солнечной энергии является эффективным решением для расширения использования интеллектуальных систем для управления солнечной теплицей. Система состоит из контроллеров нечеткой логики с обратной связью, которые регистрируют ключевые параметры теплицы с использованием специальных датчиков для контроля температуры окружающей среды, влажности почвы и относительной влажности воздуха. Архитектура солнечной системы с батарейным питанием предназначена для учета оперативных ресурсов и принятия последующих решений. Учитывая ограничение стоимости, система имеет гибкую конструкцию и способна поддерживать удаленное управление ключевыми параметрами внутренней среды. Предложенная система управления проверена экспериментально. Эффективность ее – в значительной экономии энергии и воды, решении проблем защиты растений от солнечного нагрева.

Система (рис. 29) состоит из подсистем зондирования, климатического компьютера, привода и фотоэлектрической (PV) системы. Измерительный блок включает в себя несколько специальных датчиков, которые регистрируют температуру, относительную влажность воздуха и влажность почвы. Датчиками эксплуатационных ресурсов являются датчик уровня воды (HC- SR04) и мультиметр MX5060 для измерения напряжения. Приводы используются для регулирования микроклимата в теплице путем вентиляции, отопления и применения ирригационной системы.

Микрокомпьютер Raspberry Pi (RPI) используется в качестве климатического компьютера для установки интеллектуальной системы.

В разработках зарубежных исследователей большое внимание уделяется вопросам применения интеллектуальных систем, технологии интернета вещей (IoT) и облачных данных для точного управления энергопотреблением в солнечных теплицах с использованием технологической платформы MACQU (MAnagement и Control for QUality), созданию высокотехнологических теплиц с управляемой средой и оптимизацией потребления энергии [64, 65].

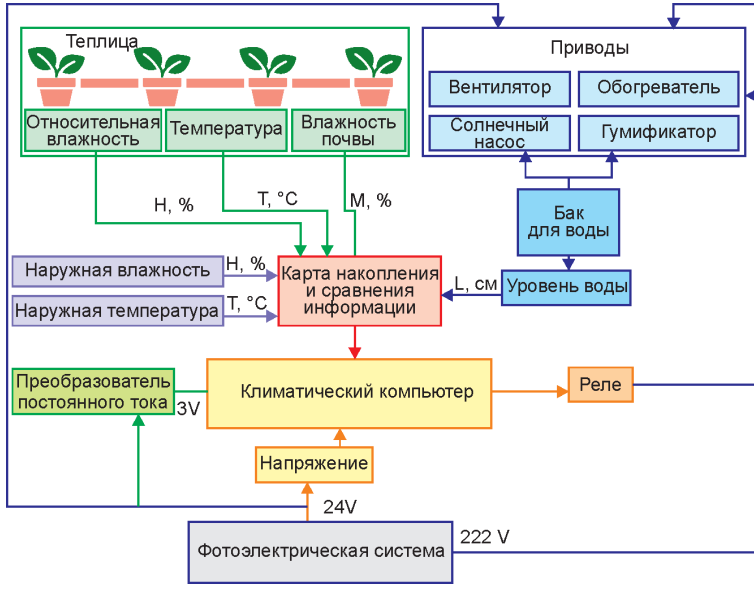


Рис. 29. Принципиальная схема управления солнечной теплицей

Автоматизация овощехранилищ

Цифровые технологии в современном овощехранилище позволяют создать благоприятные условия для хранения различных культур, защитить продукцию от неблагоприятных внешних условий (замерзание, перегрев, избыток влаги), вредителей (насекомые, грызуны, птицы, плесень, грибки), обеспечить контроль за состоянием сельхозпродукции, комфортную отгрузку и закладку, калибровку и сортировку товара, качественные дезинфекцию и длительное хранение сельхозпродукции без серьезных потерь.

В зависимости от назначения автоматические системы могут быть различными. Иногда требуется лишь включение и выключение системы вентиляции, в других случаях – искусственное изменение температуры, влажности, проведение дезинфекции по отдельности для разных культур, а если под контролем находится несколько овощехранилищ, то организуется централизованное управление ими.

Пример АСУ овощехранилища, разработанной Научно-исследовательской лабораторией автоматизации проектирования (НИЛ АП), приведен на рис. 30 [66]. Управлять технологическими процессами овощехранилища можно либо с автоматического рабочего (АРМ) оператора, либо непосредственно с контроллера, находящегося в хранилище.

Рис. 30. Общая схема системы «Агротерм»

АРМ оператора – компьютер со специальным программным обеспечением, преобразователем интерфейса, источниками питания и сервером технологической базы данных, который позволяет управлять технологическими процессами и визуализировать их на экране, составлять отчеты и архивировать данные. К функциям АРМ также могут относиться сигнализация о возникновении аварий, звуковые, световые оповещения, оповещения по SMS, ведение журнала событий с сообщениями об авариях и критических отклонениях параметров системы, подключение нескольких хранилищ. С помощью преобразователя интерфейса компьютер подключается к шкафу управления, в котором располагается контроллер. Шкаф управ-

ления, расположенный в хранилище, осуществляет прием сигналов от измерителей и датчиков, рассредоточенных по зданию, мониторинг состояния и управление работой исполнительных механизмов (вентиляторы, заслонки, клапаны, системы увлажнения воздуха, холодильное оборудование и др.), передачу данных в диспетчерский пункт и исполнение команд оператора, а также выполнение заранее заданных алгоритмов по управлению системой.

Сенсорная панель позволяет осуществлять контроль за состоянием хранилища, архивировать данные, вести журнал событий, визуализировать технологические процессы, управлять системой в автоматическом и ручном режимах. Кроме контроллера и сенсорной панели, шкаф управления содержит средства индикации и сигнализации, модули дискретного и аналогового ввода и релейного вывода. АСУ включает в себя также шкаф программного управления и шкаф для устройств запуска двигателей технологического оборудования. Как правило, АСУ имеет несколько заранее запрограммированных режимов работы – проветривание, охлаждение, сушка, рециркуляция, аварийное нагревание и др. На основании показаний датчиков выбирается нужный. Датчики продукта, измеряющие температуру и влажность продукции, расположенные на расстоянии 10-30 м, помещаются внутри навала (рис. 31).

Рис. 31. Датчик измерения температуры

Датчики температуры, размещенные под потолком, определяют наличие тепловой воздушной подушки, которая приводит к образованию конденсата. По показаниям этих датчиков включается оборудование для удаления тепловой подушки. Датчики температуры и влажности необходимы в напорном канале для возможности контролировать параметры воздуха, поступающего в помещение, и с внешней стороны хранилища для измерения параметров воздуха, поступающего через впускные клапаны.

Уровень углекислого газа, который измеряется соответствующим датчиком, устанавливается в потоке обратного воздуха из хранили-

ща. В больших овощехранилищах группы датчиков подключаются к специальным модулям или концентраторам датчиков, которые, в свою очередь, передают данные контроллеру.

Российская компания «СТРИЖ Телематика» осуществила пилотный проект автоматизации хранилища сахарной свеклы завода «ВалуйкиСахар» в Белгородской области. В качестве конечных устройств использовались штанги с тремя встроенными температурными датчиками, расположенными на расстоянии 1 м друг от друга. Штанги погружались в гурт сахарной свеклы, отслеживая температуру в нескольких точках: на глубине 2,5 м, в центре и на поверхности гурта. Сенсоры подключались к радиомодемам, передающим информацию один раз в 3 мин на сервер через базовую станцию, установленную на территории завода, и были доступны для просмотра и анализа в личном кабинете диспетчера. Удаленный контроль температуры позволил своевременно включать вентиляцию, сохранять сырье и экономить электроэнергию.

«Умный сад»

Применение технологий IoT характерно для хозяйств, которые идут интенсивным путём развития, применяя систему непрерывного управления продукционным процессом. Такие хозяйства используют современную технику и оборудование. В их работе активно применяются почвенно-ландшафтные карты, составленные с помощью ГЛОНАСС/GPS. Оборудование, сельскохозяйственная техника и машины используются на основе систем спутниковой навигации с учетом специфики плодовых и ягодных насаждений.

Садовые хозяйства, применяющие высокоинтенсивные технологии, используют новейшие достижения научно-технического прогресса, которые относятся к категории точного земледелия, применяя прецизионную технику, современные препараты и информационные технологии. Садовые хозяйства такого типа совершили прорыв в вопросах подготовки и питания почвы, ухода за садовыми насаждениями. В таких садах применяется адаптируемая и информационно ориентированная техника последнего поколения, связанная со средствами космического мониторинга, без которых внедрение такой техники и технологий было бы невозможным [67].

Перед посадкой садов, как и во многих других отраслях сельского хозяйства, большое внимание уделяется созданию электронной карты полей на основе систем спутниковой навигации. С помощью специального программного обеспечения снимки совмещаются с другими картографическими данными и создается единая электронная пользовательская карта посадочных полей.

На основе GPS-измерений с точностью до 0,5% определяются границы и площади обрабатываемых частей поля. Следующий этап – агрохимический анализ почвы согласно навигационным данным ГЛОНАСС/GPS. Так составляется точная карта с описанием агрохимических данных почвы: определяются содержание гумуса обменного магния, степень кислотности и другие показатели.

После совмещения всех данных в одну карту можно провести зонирование посадочных площадей по различным агрохимическим показателям. Используя эти данные, можно грамотно спланировать посадочные работы и наиболее эффективно распределить площади между различными садовыми культурами.

Спутниковые снимки высокого разрешения на всех этапах роста посадок способны выявлять зоны с различной продуктивностью. На основании таких снимков можно подготовить аппликационные карты дифференцированного внесения удобрений и фунгицидов. Данные карты составляются согласно спектральной кривой отражения сосудистых растений. Красная область спектра показывает посадки с максимальным поглощением солнечной радиации, в инфракрасной – находится область максимального отражения клеточных структур листа.

Таким образом, высокая активность, связанная с густой растительностью, ведет к меньшему отражению в красной области спектра и бóльшему – в инфракрасной. Благодаря этим данным садовод может измерить эколого - климатические характеристики: продуктивность участков насаждений, испаряемость, влажность и органическую насыщенность почвы, объем осадков. Зональные различия в урожайности за несколько сезонов свидетельствуют о неверном и недифференцированном подходе к почве. Поэтому система градирования посадочных площадей в садоводстве очень важна. После обработки всех данных составляется технологическая карты для управления дозированием.

Среди инновационных технологий, которые могут найти применение в технологиях «умного сада», – использование ряда стартапов, которые предлагают сажать растения с помощью специальных дронов, выстреливающих в почву капсулы с семенами (рис. 32). Примером подобного стартапа является BioCarbon Engineering, который заявил о себе весной 2015 г., объявив о своих планах сажать в будущем до 1 млрд деревьев в год [67].

Рис. 32. Дрон, сажающий деревья

Таким образом, большинство техники, обслуживающей садовые хозяйства, ориентируется на системы ГЛОНАСС, использование БЛТА и программное обеспечение, контролирующее все этапы роста посадок. Благодаря внедрению высоких технологий, основанных на данных спутниковых систем, технологий IoT, множество посадочных и производственных процессов можно оптимизировать, а с помощью аналитических данных – перестроить и улучшить работу садового хозяйства.

3.2. «Умное» животноводство

Скотоводство

Структура технологического процесса обеспечения микроклимата предполагает подогрев или охлаждение, увлажнение или сушку, очистку приточного атмосферного воздуха, создание воздухообмена для поддержания требуемого уровня температуры и концентрации вредных газов. Технологические требования к перечисленным этапам определяются специфическими условиями содержания различных половозрастных групп животных и птицы, климатическими и экологическими факторами [68].

Снижение уровня энергопотребления при создании искусственных систем вентиляции является главным направлением зарубежных разработчиков и производителей вентиляционного оборудования. Достигается это за счет высокого уровня автоматизации тепловентиляционного оборудования, оптимизации управления тепловой мощ-

ностью и подачей воздуха, так как требования к точности регулирования значительно возросли.

Основой цифровых систем управления микроклиматом является компьютер, управляющий всеми механизмами системы вентиляции и отопления и наилучшим образом использующий возможности автоматического регулирования как при централизованной системе удаления воздуха, так и децентрализованной (отдельно из каждой секции). При децентрализованном удалении воздуха установка компьютера проводится в каждой секции, при этом информация о работе оборудования поступает на центральный пульт управления.

Управление системой вентиляции осуществляется через основной вентилятор с регулируемой частотой вращения, что позволяет обеспечивать оптимальный микроклимат внутри помещения. Компьютер непрерывно изменяет производительность основного вентилятора от 0 до 100%, при необходимости подключает другие вентиляторы, установленные в помещениях (принцип системы Multistep). При подключении каждого дополнительного вентилятора производительность основного автоматически регулируется за счет изменения частоты электрического тока, подаваемого на вентилятор. Данный принцип управления используется в проектах многих зарубежных фирм («Microfan», «Vostermans Ventilation» (Нидерланды), «Scov» (Дания) и др).

Контроль микроклимата осуществляется с помощью специальных сенсоров температуры и влажности. Сигналы, полученные от датчиков, расположенных внутри и вне помещения, поступают на компьютер, который в соответствии с программой управления управляет работой всех механизмов системы вентиляции и отопительным оборудованием.

Установка современной автоматизированной системы вентиляции и контроля микроклимата позволяет минимизировать влияние человеческого фактора, снизить трудозатраты, улучшить микроклимат и здоровье животных, предупредить распространение инфекции и заражение животных и птицы, снизить расход электричества на 30-50%.

Индустрия мясного скотоводства играет важную роль в животноводстве, однако устаревшие технологии разведения и несовершен-

ная система управления делают традиционный способ разведения неспособным удовлетворить растущий спрос на говядину.

В Китае для решения существующих проблем в отрасли мясного скотоводства разработана и внедрена система разведения мясного скота на основе IoT, использующая технологию RFID (радиочастотная идентификация), применяемая в индустрии мясного скотоводства. Система обеспечивает сбор и управление информацией для ферм крупного рогатого скота о кормлении, лечении заболеваний и профилактике эпидемий, привесах скота, потребителях.

Для точного учета изменения массы в процессе разведения мясного скота используется стационарный считыватель RFID с электронной шкалой. Разработанная система разведения мясного скота на основе IoT применяется в провинции Юньнань (Китай) в течение нескольких лет. Результаты работы показали, что система стабильна и надежна, подходит для мелкого мясного скотоводства, позволяет реализовать цифровой и прослеживаемый метод научного разведения мясного скотоводства [69].

В Бразилии, где ежегодный оборот животноводства составляет 250 млрд долл., местные фермеры начали использовать электронную систему мониторинга передвижения животных. Инновационная платформа BovControl мгновенно предоставляет владельцам ранчо, сведения о перемещениях стад и состоянии здоровья крупного рогатого скота. Но «навигация» – не единственная опция BovControl: в целом платформа представляет собой мобильное веб-решение, дающее скотоводам детальную информацию об общих показателях состояния здоровья крупного рогатого скота. Данные постоянно обновляются, что позволяет не только контролировать текущую ситуацию, но и прогнозировать процессы на будущее.

Автоматизация молочного и мясного животноводства предусматривает сбор и наличие подробной информации о работе всех систем на молочном комплексе, которые лежат в основе управления и позволяют принимать меру, направленные на обеспечение конкурентоспособности предприятия.

В этом направлении активно работают зарубежные фирмы. Так, голландская компания «Uniform-Agri» специализируется на разработке программного обеспечения для управления стадом и пого-

ловьем. Разработанную этой фирмой программу используют около 6 тыс. фермеров в Нидерландах, Великобритании, Дании, Бельгии, Германии, Италии, Испании, России и Украине.

Программа Uniform Professional Global компании «Uniform-Agri» представляет собой аналитический инструмент для повышения продуктивности стада, с помощью которого можно анализировать воспроизводство, молочную продуктивность, здоровье – три самых важных показателя современного молочного хозяйства. Программное обеспечение обладает мощной и мобильной базой данных, в которой может храниться информация о более чем 10 тыс. голов скота [70].

Главное меню программы Uniform Professional Global включает в себя следующие модули: информация о стаде, управление надоями, воспроизводство стада, лечение/профилактика, поголовье, быки, расчет кормов, экономика, отчеты и др. Пользователь может настроить меню самостоятельно. Программа хранит всю информацию о животных в базе данных за весь период их жизни, а также бывшим животным.

Разработанная программа является всеобъемлющей системой менеджмента молочного и мясного скотоводства, позволяющая получать необходимую информацию и оперативно реагировать на изменения, что значительно упрощает, ускоряет и оптимизирует работу главного зоотехника и ветеринарного врача.

Возможности программы Uniform-Global Professional для фермерских хозяйств молочного скотоводства:

- данные вводятся в одном окне, например, однократный ввод информации об осеменении животных автоматически отображается во всех модулях программы;
- позволяет:

показывать лактационные кривые по каждому животному;

составить «карточку животного» с полной информацией, а также просматривать систематизированную информацию по всему стаду;

проводить ежемесячный детальный финансовый анализ;

автоматически подсчитывать рационы для каждого дня лактации, учитывать авансированное кормление; все параметры составляемых рационов легко меняются с учетом кормовой базы каждого конкретного хозяйства;

проводить анализ состояния здоровья поголовья стада (включая график учета соматических клеток);

генерировать всесторонние отчеты по продуктивности лактации и анализу молока, актуальные для каждого конкретного хозяйства в виде понятных и наглядных графиков и др.

Программа Uniform Professional Global совместима с системой Селэкс, программными средствами доильных залов компаний-производителей доильного оборудования: «Delaval», «Westfalia», «Boumatic», «SAC», «Gascoigne Melotte» и др., с программами большинства производителей доильного оборудования: «Dairy Plan», «Alpro», Delaval, Westfalia, Melotte и др.

Используя приложение Uniform App, можно вводить и обрабатывать данные (ввод новых животных, осеменение, отёл, лечение, перевод из группы в группу и т.д.) непосредственно на месте работы специалистов хозяйств, которые затем из мобильного устройства по Wi-Fi передаются в центральную базу программы ЮНИФОРМ.

Дополнительные модули дают возможность работать с поголовьем больше 250 дойных коров, а также объединить все базы данных в центральном офисе, что особенно важно для хозяйств, имеющих несколько производств в разных районах. Это позволяет сделать несколько точек доступа к одной базе данных, которая находится на общем сервере, удаленно управлять производством, находясь на рабочем месте.

На рис. 33 приведена карточка животного, где представлена вся информация по любой корове. Очень важно, что программа Uniform-Global Professional сохраняет данные по всем выбывшим животным. В карточке коровы приведены следующие данные: лактационная кривая, родословная, график упитанности, движение поголовья, вся история от рождения до последнего действия, все номера животного (порядковый, ушные, транспондера, идентификационные, по племенной книге).

На рис. 34 показано, в какие сроки проведено осеменение животных и было ли оно продуктивно; две черты: в 60 дней (синяя) и 100 дней (красная) отображают оптимальное время для осеменения животных. Квадратики показывают, на какой день было произведено осеменение того или иного животного, а его цвет – было оно положительно (зеленый цвет) или отрицательно (красный). Квадратики желтого цвета означают, что ректальное исследование пока не проводилось.

Таким образом, специалисту сразу понятно, насколько правильно и эффективно работает техник искусственного осеменения.

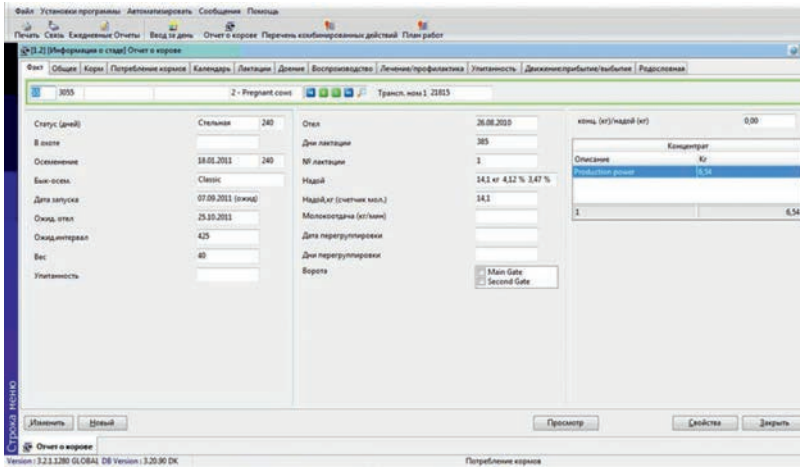


Рис. 33. Карточка, содержащая всю информацию о корове

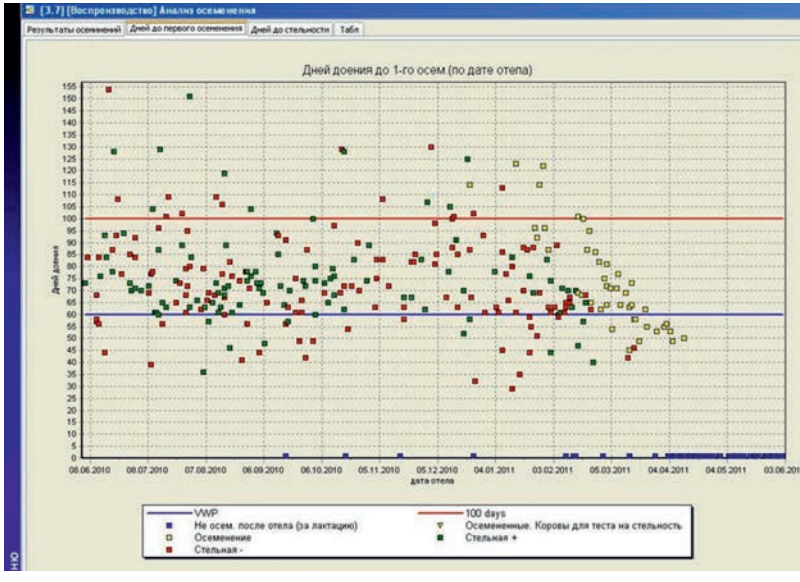


Рис. 34. Анализ воспроизводства стада

На профессиональных животноводческих фермах управление затратами является частью повседневной деловой практики. Исследования показывают, что стоимость кормов составляет 30-50% от себестоимости продукции, поэтому кормления – один из наиболее важных аспектов при разработке систем управления на фермах мясного и молочного скотоводства.

Автоматизация управления процессом кормления является одной из областей, где больше всего возможностей для совершенствования производства. Точное кормление позволяет ежедневно экономить 4% и более стоимости корма, а уменьшить остатки на 1% и более.

Потребность в системе очевидна, так как делает кормление более точным, более эффективным, прозрачным, а главное – более управляемым.

Разработанная компанией «Digi-Star» система TRM Tracker представляет собой систему для точного управления кормлением скота, которая позволяет полностью контролировать расходы на кормление, повысить эффективность и объем производства животноводческого хозяйства [71, 72].

Информация о составе корма, производственных группах и кормораздатчиках вводится посредством ПК. Для отправки информации на программируемый весовой монитор в кормораздатчике используется DataLink (беспроводная передача) или DataKey (карта памяти). Индикатор в кормораздатчике показывает, сколько и какого ингредиента необходимо раздать, а также выдает информацию о соответствующей производственной группе. Информация о реальной массе корма, выданного раздатчиком, возвращается в систему также посредством DataLink или DataKey. После этого программа составляет ряд аналитических отчетов, таблиц и графиков.

С помощью TMR Tracker ™ можно постоянно отслеживать точность загрузки всех ингредиентов и рациона в цифровом или графическом виде, что позволяет оперативно реагировать и исправлять ошибки.

Программа управления кормлением TMR Tracker ™ включает в себя функцию под названием «Изменить», позволяющую фермеру изменить общую массу, которую необходимо загрузить на индикаторе смесителя. Каждый ингредиент в этой загрузке потом будет пересчитан автоматически.

Если количество животных в группе меняется, то можно изменить количество животных на индикаторе. Через стабильный рацион можно влиять на содержание жира в молоке, чтобы получить наибольшую выгоду в цене молока.

Система TMR Tracker ™ может работать со следующими приложениями [проспект].

Версия TMR Tracker™ Dairy содержит специальные функции для фермеров молочных хозяйств, позволяющие отслеживать и контролировать процесс кормления, например, измерение эффективности сухого вещества. Можно измерить удой молока в килограммах в зависимости от ингредиентов кормления, на каждую группу или каждую корову.

Beef Tracker™ – специализированная версия программного обеспечения для управления процессом кормления на фермах крупного рогатого скота мясного направления. Позволяет отслеживать скот по партиям; составлять отчеты о среднем суточном приросте массы и стоимость корма на 1 кг привеса, о конверсии сухого вещества и итоговые. Также доступен модуль считывания с кормушек.

Версия TMR Tracker™ Contractor разработана для независимых подрядчиков с целью управления и контроля процесса кормления для нескольких клиентов. Рабочий процесс стало легче контролировать, поскольку отслеживаются время и тоннаж. Версия позволяет выставлять счета клиентам с учетом минут или тонн корма.

Версия TMR Tracker™ «Центральный офис» используется для контроля и управления процессом кормления из головного офиса, с помощью которой все данные сохраняются на центральном сервере.

Система управления процессом кормления V-DAIRY Feeder компании «Bernard van Lengerich Maschinenfabrik GmbH & Co. KG» (Германия), действующая через сеть Интернет, обеспечивает эффективность процесса кормления с документальным подтверждением, работает система с кормосмесителями (рис. 35) [73].

С помощью системы можно составлять следующие отчёты (в форматах PDF, Excel и др.): план кормления, распечатка рациона, отчёт о процессе кормления (подробный), загруженные компоненты, использование корма. Чтобы начать процесс кормления, каждый сотрудник входит в систему V-DAIRY Feeder с помощью пароля,

через смартфон для управления. На дисплее отображаются рационы, загружаемые компоненты и их количество. Система позволяет контролировать кормление удаленно в режиме реального времени. Данные процесса кормления передаются автоматически на приёмо-передаточное устройство через Bluetooth. Поэтому можно из любой точки мира войти в систему и просмотреть отчёты всех предыдущих процессов кормления. Выполнив через аккаунт все подготовительные операции (внесение группы животных, компонентов корма и рационов), можно начинать процесс кормления.

Рис. 35. Принцип действия системы V-DAIRY Feeder

Смартфон для управления поддерживает оператора при выполнении погрузки и выгрузки кормосмесителя. Все данные, в том числе точность кормления, автоматически сохраняются в сетевом аккаунте.

Иногда фермы находятся вдали от развитой инфраструктуры, там, где нет устойчивого покрытия 3G, 4G, а иногда и GSM. Стадо на выпасе может удалиться на несколько километров от хозяйства. Эти условия определяют требования к высокой степени автономности носимых датчиков. LPWAN позволяет охватывать радиосетью площади в десятки километров одной станцией и обеспечить длительную автономную работу компактных устройств.

Компании «Стриж Телематика» совместно с белорусской компанией «Распределенные сенсорные системы» занимается разработкой автоматизированного решения для выявления половой охоты крупного рогатого скота. Разработка уже прошла испытания на фермах Республики Беларусь и показала коммерческую эффективность. Разработанная система, автоматизирующая выявление охоты коров, исключает участие ветеринара в процессе оценки поведения стада. Животновод получает оповещение, как только корова пришла в охоту. Дополнительный эффект достигается за счет отказа от гормональных препаратов и более высокой точности определения состояния коровы.

Ожидаемый экономический эффект в хозяйствах от внедрения – 60 долл. на корову в год за счет сокращения межотёльного периода и количества необходимых осеменений. Срок окупаемости системы в типичном хозяйстве составляет 1-1,5 года при поголовном использовании носимых сенсоров.

В основе датчика половой охоты лежит принцип постоянного мониторинга движений животного с помощью акселерометра. Во время охоты корова проявляет повышенную активность. Акселерометр получает данные о движении, обрабатывает их и сигнализирует о моменте наступления охоты у животного. Через базовую станцию датчик посылает сигнал на сервер. При подтверждении статистическим анализом данных на сервере отправляется сообщение сотрудникам фермы. Корова может находиться в 10-30 км от фермы на выпасе и при этом быть под контролем ветеринара. Система сама оповестит ветеринара на ПК, по SMS или даже в Telegram о том, когда пришло время провести осеменение животного.

«Умные фермы» позволяют повысить продуктивность животных и качество продукции. Применение автоматизированных систем от-

корма, дойки и мониторинга здоровья животных, по оценке экспертов рынка, позволяет увеличить надои на 30-40% [74].

Птицеводство

В Российской Федерации и странах СНГ основным производителем птицеводческой продукции является не фермерство, а крупные птицеводческие хозяйства и объединения, которым требуется выстроенная логистика с оптимизированной структурой контроля и управления [75].

Первые системы, внедренные в производство, определяли для птичников минимально допустимый объем контролируемых параметров, исключающих существенные ущербы для предприятия: наличие напряжения на вентиляторах (контроль аэрации), нормативный уровень температуры воздуха в птичнике, освещение птицезала и др. Потребление воды и корма эти системы не контролировали. Первые образцы системы централизованного контроля инкубации (СЦКИ) контролировали температуру воздуха во всех инкубационных, выводных камерах, в инкубатории, поворот лотков с записью (документированием) информации. Это обеспечивало возможность своевременной корректировки оператором инкубатория режима управления инкубированием, которое децентрализованно выполнялось микропроцессором каждого шкафа.

Последний вариант системы (СЦКИ) – комплект«Skiff», разработанный МЭЛ (ООО «МикроЭЛектроника»), позволяет не только контролировать режимы в инкубатории с дублированием их в диспетчерской птицеводческого хозяйства и записью данных по партиям, но и централизованно управлять инкубированием, а его модификация – универсальный микропроцессор – контролировать и управлять основными технологиями птицеводческого предприятия с учетом базовых ресурсных потоков хозяйства по приборному контролю выхода яиц и мяса птицы, расхода корма, газа, электроэнергии, воды, горюче-смазочных материалов и др. Новая система работает на беспроводной основе на радиоканале частотой 2,4 ГГц, обеспечивающем устойчивую связь на территории птицеводческого хозяйства.

Для регулирования и контроля на птицефабриках производственных процессов яйцесбора, кормления, поения, управления микро-

климатом птичников в режиме реального времени из центрального офиса или с переносного персонального компьютера с помощью Интернета компанией «БигДачмен» разработаны и применяются системы «БигФармНет Менеджер» и «АМАКС».

Система автоматизации птицеводческих предприятий «БигФармНет Менеджер» объединяет птичники в общую сеть с выводом потоков информации на персональные компьютеры, размещенные в административных зданиях (рис. 36). Централизация позволяет получать информацию из каждого птичника в реальном масштабе времени, управлять производственными процессами в каждом птичнике как с внутреннего контроллера, так и центрального компьютера.

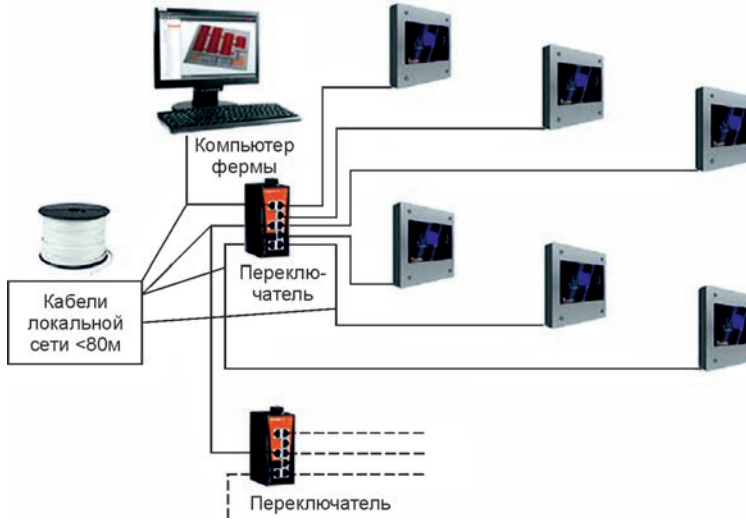


Рис. 36. Централизация информации на птицефабрике

Для полноценной работы программного комплекса БФН с целью контроля и управления производственными процессами птицефабрики необходима соответствующая комплектация оборудования в птичнике, которая подключается к компьютеру (контроллеру), установленному в каждом корпусе:

- датчики температуры (наружный и внутренние), влажности, загазованности, разряжения и освещенности;

- тензодатчики под бункером(ми) или весы-дозаторы, устанавливаемые в поперечном шнеке для подачи корма из бункера в линии продольной кормораздачи;
- электронный счетчик(и) расхода воды;
- весы для птицы;
- Web-камера(ы).

На основе получения актуальной и анализа архивной информации комплекс «БигФармНет Менеджер» помогает отслеживать производственный процесс, оперативно реагировать на отклонения от нормативных показателей продуктивности поголовья. Использование комплекса позволяет снизить трудозатраты при выполнении технологических операций по сбору информации из птичников, упростить процесс формирования сводных таблиц по продуктивным показателям с птичников и площадок птицефабрики [76].

Система АМАКС – современная система управления и менеджмента яйцепроизводства. Сетевые технологии позволяют осуществлять мониторинг и управление всеми процессами в птичниках независимо от места нахождения последних посредством интернет-технологий, смартфона или планшетного компьютера: управление климатом, кормлением, освещением, взвешиванием, поением, учетом и сбором яиц, сушкой помета и др. Дополнительные преимущества данной системы – визуализация всех данных и результатов путём графического отображения наряду с воспроизведением текущего изображения непосредственно из птичника. Система оповещения о срабатывании сигнала тревоги посредством электронной почты на мобильную связь/смартфон/планшетный компьютер также входит в комплекс функциональных возможностей системы АМАКС.

Для мониторинга в реальном времени и заблаговременного оповещения о микроклимате в птичниках для производства яиц и содержания кур-несушек разработана 3Tiers – архитектура сетевого программного обеспечения с использованием сенсорных и облачных технологии, учитывающая интеграцию больших объемов разнородных данных, необходимость мониторинга показаний датчиков и удаленную производительность, что полностью отвечает требованиям фермерства. В системе реализованы функции масштабирования, обеспечивающие получение параметров производственной

среды и видеомониторинг в реальном времени, управление производством и производственными процессами, получение основной и статистической информациии, управление ранним предупреждением и др. Учет и управление микроклиматом оказывает важное влияние на здоровье и благополучие кур-несушек и производственные показатели. Большое количество данных об окружающей среде в системе было использовано для оценки экологического комфорта кур-несушек. Результаты испытаний интеллектуальной системы мониторинга в Хуаншане показали, что группа кур-несушек всегда была в зоне комфорта, уровень кладки увеличился, смертность снизилась, потребление корма было близко к стандартному [77].

Среди других направлений цифровизации и применения IT-технологий, обеспечивающих инновационные направления развития отрасли птицеводства, можно отметить внедрение 3D-принтеров для печатания протезов конечностей птиц; робототизацию производств (использование роботов на самых «грязных» работах); применение дронов в птичниках; внедрение сенсоров для индивидуального мониторинга таких показателей, как уровень аммиака, являющегося острой проблемой птицеводства; использование элементов искусственного интеллекта в переработке; больших массивов и баз данных, «облачных» технологий для хранения, переработки, анализа огромного количества показателей. Внедрение перечисленных IT и цифровых технологий будет способствовать повышению эффективности отрасли птицеводства и соответствовать растущему спросу населения на мясо птиц и яйца [78].

Технологии интернета вещей и «облачные» начинают применяться для мониторинга здоровья пчел, которое влияет на опыление сельскохозяйственных культур и прибыль предприятий [79]. Новые сетевые технологии, такие как протоколы Low Power Wide Area (LPWAN) или 3GPP и появление на рынке легкопрограммируемых устройств позволяют создавать специальные датчики для интернета вещей и платформу для мониторинга и отслеживания поведения пчел для лучшего понимания и измерения факторов воздействия, которые приводят к их массовому вымиранию. Разработанная модель является цифровым и полезным инструментом для пчеловодов, позволяющим лучше следить за ульями.

Свиноводство

Увеличение размеров производственных групп свиней, оптимизация всех затрат и сокращение количества работников – основные направления развития современного свиноводства. Предъявляются новые требования к оборудованию и системам управления для обслуживания животных, которые реализуются путем все более широкого использования средств электроники, автоматики, обеспечивающих поддержку производственных и технологических процессов. Это направление получило название «точное свиноводство» и включает в себя способ получения, логического обобщения и анализа информации производственного процесса в целом с целью создания оптимальных условий содержания свиней, повышения продуктивности и снижения издержек производства. Современный уровень цифровизации процессов кормления, создания и поддержания микроклимата позволяет минимизировать участие человека при выполнении этих функций за счет разработки программных продуктов, подтверждающих тренд в сторону системных решений, которые становятся основой эффективного управления фермой.

Примером является система мониторинга для животноводческих комплексов FarmManager 1.0 от компании «Schauer Agrotronic GmbH» (Австрия). Данная интерактивная программа осуществляет мониторинг всех необходимых систем, включая расход кормов и воды, микроклимат, движение животных, состояние и работу оборудования. В случае чрезвычайной ситуации управляющий извещается о проблеме посредством E-Mail или СМС. Данные о кормлении, вентиляции и другие постоянно хранятся в центральной базе данных, что очень удобно для последующего анализа и принятия решений [80].

Аналогичная система BigFarmNet разработана немецкой фирмой «Big Dutchman» для управления микроклиматом, автоматической системой кормления и всеми производственно-экономическими процессами содержания свиноматок, доращивания поросят на откорме, а также выращивания птицы. Новая разработка фирмы «Big Dutchman» – компьютерная программа управления фермой FarmPowerManager, устанавливаемая на офисном оборудовании, позволяет контролировать расход энергии на ферме, анализировать

затраты, прогнозировать предстоящий расход. Программное обеспечение не только ведет учет расхода электроэнергии, но и увязывает его с такими данными, как порода, количество и возраст животных. Таким образом, можно сравнить данные по расходу на каждую голову, каждое здание или каждую установку, а кроме того, – собрать и учесть данные о погоде от служб Интернета, данные датчиков микроклимата или данные об энергии, производимой ветровыми, солнечными или биогазовыми энергетическими установками с помощью дополнительно устанавливаемого счетчика электроэнергии. Можно также установить граничное значение расхода, при превышении которого генератор вырабатывает дополнительную энергию. Анализ рентабельности на основе расходов способствует улучшению планирования инвестиций на будущее.

Программа FarmPowerManager обеспечение управляет всеми приложениями вне зависимости от того, идет речь о содержании свиноматок или о откорме свиней, включая в себя при этом системы микроклимата, кормораздачи или поения. Фермеры могут выводить на экран показатели отдельных свиноматок или целой группы особей, а также обрабатывать поступающие из различных помещений данные в офисе или дома.

Большинство компьютеров, произведенных за последние несколько лет компанией «Big Dutchman», для управления микроклиматом, кормораздачей, свинофермой совместимы с системой BigFarmNet, т.е. могут быть интегрированы в новую сеть.

Специалисты австрийской фирмы «SCHAUER Maschinenfabrik GmbH & Co KG» разработали систему локализации животных Argus Welfare System (рис. 37) [81].

По сигналам датчиков, размещенных в свиноводческом помещении, система определяет не только пространственное положение животного, но и его физиологическое и физическое состояние, что позволяет корректировать рацион кормления. Данная система может быть использована в хозяйствах с растущим размером поголовья, обеспечивая значительное повышение производительности труда.

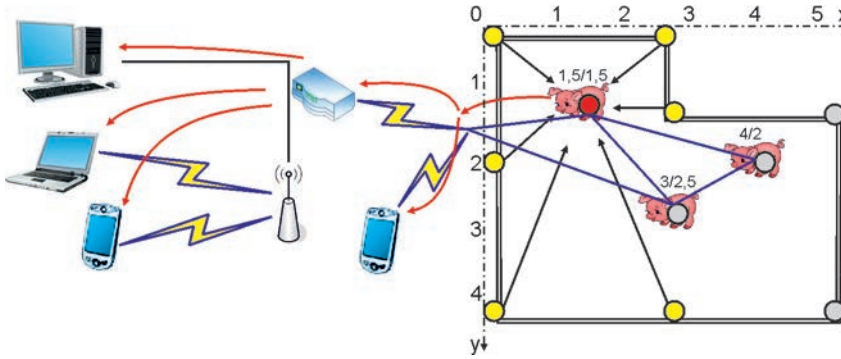


Рис. 37. Система локализации животных Argus Welfare System (фирма «SCHAUER Maschinenfabrik GmbH & Co KG», Австрия)

Аналогичный принцип лежит в основе системы локализации австрийской фирмы «ABATEC Electronic AG» (рис. 38).

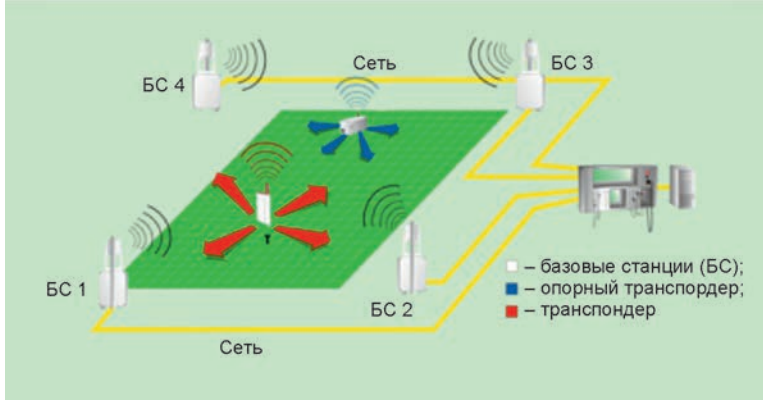


Рис. 38. Система локализации фирмы «ABATEC Electronic AG» (Австрия)

Данная система позволяет определять положение животного в режиме реального времени, определять продолжительности потребления корма, отдыха и контактов с другими животными, на основе которых можно делать выводы о физиологическом и физическом состоянии животного.

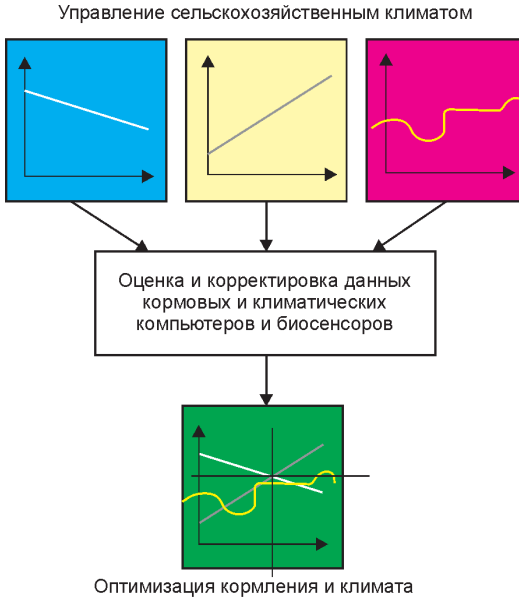


Рис. 39. Принципиальная схема работы программного модуля Biodata-Management

Программный модуль Biodata-Management (рис. 39), разработанный фирмами TEWE-Elektronic GmbH & Co. KG и Möller GmbH Agrarklima-Steuerungen (Германия), позволяет проводить совместный анализ данных по кормлению и климату, благодаря чему достигается уменьшение потребления корма и воды, могут оперативно устраняться другие отклонения в технологии содержания животных.

Для динамических групп содержания свиноматок разрабатываются автоматические системы индивидуального обслуживания свиней, с помощью которых можно значительно повысить уровень управления стадом. Примером оборудования данного вида являются разработки немецкой фирмы «Bernhard Mannebeck Landtechnik GmbH» и голландской «NEDAP Agri». Установки Nedap Velos Sowtrack и INTEC MAC позволяют полностью исключить участие человека при сортировке животных за счет установки системы самокормления свиноматок, блока отделения, блока взвешивания и системы определения охоты. При использовании специальных устройств (например, карманных компьютеров) и Интернета можно в любой момент времени, находясь вне фермы, автоматически получать максимальный объем информации о животных и полную картину происходящего в свиноводческом помещении.

Дальнейшие разработки программного обеспечения способствуют расширению области управления фермой. Так, система AO Organizer фирмы «BITSz engineering GmbH» (Германия) являет-

ся дополнением к программному обеспечению офиса фермерского хозяйства. Файловая система, администратор назначений, список мероприятий и информационное обслуживание связаны друг с другом для оптимизации организации делопроизводства.

Разработка немецкой фирмы «WEDA» – система Exellent 4PX – предназначена для контроля над всеми процессами кормления животных: от приготовления до раздачи. Возможности системы обеспечивают использование 99 компонентов для приготовления кормосмеси по 99 рецептам, а также кормление животных по 99 графикам кормления. Контроль раздачи кормосмесей производится в 99 отсеках, что позволяет обслуживать 2043 клапана для кормления животных.

Разрабатываются новые системы управления на базе мобильного телефона, с помощью которых можно осуществлять дистанционное управление компьютером, управляющим раздачей кормов и микроклиматом.

Зарубежные фирмы «Schauer» (Австрия), «Big Dutchman» (Германия), «ACO Funki», «Ago Products», «Skiold Echberg» (Дания), «Insentek B.V.», «Nedap Agri», «Bless Feed Systems» (Нидерланды) и другие уделяют большое внимание разработке автоматических станций кормления супоросных свиноматок, где раздача корма производится по запросу животного [68]. Основу таких систем составляют кормовые станции, рассчитанные на обслуживание 50-60 голов. Такая станция представляет собой изолированный от общего пространства станка бокс, в котором установлен кормовой автомат. Принцип работы данных систем заключается в следующем: свиноматка, находящаяся в группе, добровольно, без принуждения, направляется к месту кормления, идентифицируется и проходит в изолированный бокс к кормушке, где порциями потребляет выдаваемый корм в сухом или полужидком виде. С целью сохранения корма животное получает порцию по 100-150 г с интервалом 45-60 с, которая высыпается в кормушку. По окончании кормления в отдельных установках применяются средства «выпроваживания» свиней из бокса.

Широкий спектр специальных программ обеспечивает автоматическое составление баланса кормов по реально израсходованным объемам, позволяет организовать экономически обоснованное ведение животноводства и составление учетной документации.

4. РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Использование роботизированных машин в сельском хозяйстве позволяет создавать высокоинтеллектуальные автоматизированные производства продукции растениеводства и животноводства, поэтому в последние годы ведется интенсивная работа по созданию робототехнических устройств для выполнения повторяющихся и высокозатратных операций при производстве сельскохозяйственной продукции. Создание и применение роботов для сельского хозяйства является эффективным средством улучшения условий труда и жизни человека. Роботы последних поколений автоматизируют такие операции, как распознавание, анализ ситуаций, выполнение траектории движения по определенной программе, адаптивное управление. В результате полной или частичной передачи этих функций роботу человек разгружается не только от монотонной, рутинной и тяжелой физической работы, но и от напряженной умственной деятельности.

Важный результат роботизации – освобождение человека от работы в неблагоприятных или опасных условиях, снижение травматизма. Подтверждением этого может служить использование полевых роботов, в первую очередь, на внесении удобрений и химических средств защиты растений, а также там, где человек подвержен сильной вибрации, запыленности, загазованности, высокому уровню шума – тракторы и высокопроизводительные самоходные уборочные машины. Поэтому одна из важных задач в полеводстве – создание роботов для вождения тракторов, комбайнов и других машинно-тракторных агрегатов с высвобождением работников самой массовой профессии – трактористов.

При создании робототехники для растениеводства необходимо учитывать особенности условий работы, такие как большая территориальная протяженность и разобщенность предприятий, сезонность работ, зависимость от погодно-климатических условий, непосредственный контакт с растениями и др.

4.1. Робототехнические устройства в растениеводстве

В инновационных портфелях многих крупных компаний, производящих сельхозтехнику, уже имеются проекты, связанные с беспилотным вождением тракторов, комбайнов и других агрегатов. Машиностроительные гиганты проводят испытания сельхозтехники, работающей без участия механизаторов, а фермеры-инноваторы уже засевают поля с помощью беспилотной техники. Компания «Probotiq» (Нидерланды) разработала беспилотные системы для тракторов, используя уже существующие системы точного земледелия. Когда карта поля занесена в бортовой компьютер, а сама сельхозмашина оснащена спутниковой навигацией, то нужно просто дополнить этот тандем механизмом дистанционного управления и объединить все в единую систему.

Основная проблема, с которой сталкиваются производители, – недостаточная точность позиционирования, необходимость присутствия оператора за рулем во время маневрирования и неспособность «видеть» все препятствия. Компания решила эту проблему, оснастив систему датчиками, которые контролируют окружающие объекты на расстоянии 10-12 м в передней части трактора. Датчики подают сигнал, и если в опасной близости появляется человек, то трактор останавливается. Передний бампер оснащен датчиками удара, поэтому, когда препятствие возникает в непосредственной близости от трактора, они сработают, и трактор остановится. Первая такая система для автономного вождения была разработана для серийного трактора. Она подключалась к трактору с помощью ISOBUS и контролировала все процессы, включая работу ВОМ при рабочей скорости трактора в пределах 2,5-17 км/ч [82].

Фирмой «Dutch Power Company» создан робот «Greenbot» для выполнения повторяющихся операций на поле, в садах или муниципальном секторе (рис. 40) [44]. Представляет собой четырехколесную самоходную машину, имеющую переднюю (категория 1) и заднюю (категория 2) навесные системы для обрабатывающих орудий.

Изменение направления движения осуществляется поворотом только передних, только задних, всех четырех колес или способом «краб». В начале работы оператор с помощью пульта, управляя дви-

жением, записывает в память машины алгоритм движения и выполнения операций всего цикла работ. После этого робот по команде самостоятельно выполняет записанную программу, реагируя на возникающие препятствия и другие помехи по сигналам, поступающим от системы датчиков. При обнаружении неизвестного препятствия машина останавливается и посылает текстовое сообщение пользователю. Предлагаются две модели – CR 12 и CR 18, отличающиеся друг от друга габаритной шириной и массой. Оснащаются четырехцилиндровыми двигателями мощностью 74,5 кВт. Трансмиссия – гидравлическая с блокировкой дифференциалов. Для коррекции движения в реальном масштабе времени используется сигнал GPS. Цена от 120 тыс. Euro.

Рис. 40. Робот «Greenbot»

Рис. 41. Робот-платформа «BoniRob»

Автономный модульный сельскохозяйственный робот-платформа «BoniRob» (рис. 41) является совместной разработкой университетов в г. Оснабрюк (Германия) и г. Вагенинген (Нидерланды) и фирм-производителей сельскохозяйственной техники «Amazone» и «Bosch».

Предназначен для выполнения измерения состояния почвы, опрыскивания растений, механической борьбы с сорняками. В зависимости от вида работ на платформе может быть размещен один из модулей. Имеет собственную систему навигации, может определять GPS-координаты отдельных

растений, составлять карты проведенных работ, подготавливать необходимую документацию.

На Международной конференции по вопросам интеллектуальных систем и роботов, которая прошла осенью 2015 г. в Вене, специалисты компании «Deepfield Robotics» (дочерняя компания фирмы «Bosch») представили робот-платформу «BoniRob» с модулем для механического уничтожения сорняков (рис. 42). В автоматическом режиме он обнаруживает сорняки и с помощью ударного инструмента диметром 1 см загоняет их в землю на глубину 3 см, тратя на один сорняк около одной десятой доли секунды.

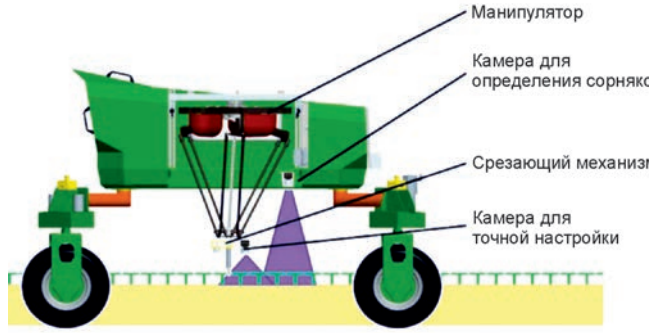


Рис. 42. Схема расположения рабочих органов модуля для механического уничтожения сорняков

Основной целью робота является уничтожение молодых побегов сорных растений, которые он с помощью камеры с высоким разрешением определяет по форме листа, но робот может справиться и со взрослыми растениями. Робот был испытан на поле с морковью, где каждый корнеплод рос на расстоянии 2 см от соседнего, а плотность сорняков составляла около 20 растений на 1 м^2. В таких достаточно сложных условиях он не испытал затруднений. Максимальная скорость работы робота составила 1,75 сорняка в 1 с при движении со скоростью 3,7 см/с. Идея руководства компании «Deepfield Robotics» заключается в том, что фермер может купить только одну платформу и несколько самых необходимых ему модулей, а другие модули, по мере необходимости, сможет брать в аренду у специализирующейся

на этом организации. В настоящее время ведётся разработка варианта универсальной платформы меньшего размера и набора сменных модулей к ней. Такие маленькие платформы могут работать в составе групп, почти не уступая в производительности более крупным.

Компания «Fendt» работает над проектом создания автономных аграрных роботов под названием «MARS» (Mobile Agricultural Robot Swarms: система мобильных сельскохозяйственных роботов) (рис. 43).

Рис. 43. Схема функционирования аграрных роботов

Цель работы: создание малогабаритного многофункционального робота, который будет работать автономно на электроприводе и управляться дистанционно за счет облачных технологий. Основополагающими в работе являются и экологические факторы: снижение повреждения почвы, уменьшение выбросов углекислого газа в атмосферу, максимально бесшумная работа. Аппарат доставляется на поле в так называемом «транспортном модуле», который также работает как подзаряжающее устройство и средство для доставки семян для высева. Каждый робот использует специальное программное обеспечение. Интерфейс позволяет задавать параметры поля, норму высева, густоту посадок, месторасположение культур, количество работающих роботов и сохранять параметры и данные в облачном сервисе. По заявлению компании «Fendt», это позволяет выполнять последующую почвообработку более точно и с меньшими финансовыми вложениями.

Концепт автономного трактора (Autonomous Concept Vehicle – ACV) компаний «Case IH» и «CNH Industrial's Innovation Group» демонстрировался на различных выставках, в том числе «Sima 2017», где был награжден серебряной медалью (рис. 44).

Рис. 44. Автономный трактор компании «Case IH»

Инновационная модель представляет собой беспилотный пропашной трактор на базе серийной модели Magnum, который может работать с широким ассортиментом навесных орудий. Работа трактора основана на последних достижениях в области систем навигации, телеметрии, обмена данными и агрономического менеджмента и предлагает руководителям сельскохозяйственных предприятий больше возможностей для контроля и управления, а также снижения затрат. По мнению специалистов компании, данная технология значительно повышает производительность сельскохозяйственных операций: обработки почвы, посева, опрыскивания и уборки урожая. Трактор разработан с использованием полностью интерактивного интерфейса, что позволяет осуществлять дистанционное управление запрограммированными операциями. Встроенная система автоматически определяет ширину захвата навесного оборудования и строит наиболее подходящие маршруты движения с учетом рельефа местности, препятствий, а также наличия на данном поле других машин. Оператор, находясь на удалении от трактора, может наблюдать за его работой и контролировать траекторию движения с помощью интерфейса компьютера или портативного планшета. Благодаря наличию радара, лидара (активного дальномера оптического диапазона) и установленным на тракторе видеокаме-

рам трактор может обнаруживать неподвижные или движущиеся препятствия на своем пути и самостоятельно останавливаться при их обнаружении, дожидаясь, пока оператор, предупрежденный о препятствии звуковым или визуальным сигналом, не выберет новый маршрут. При отсутствии сигнала GPS или данных о положении, а также при нажатии кнопки «остановка» трактор немедленно прекращает движение. Операции, выполняемые машиной, также можно изменять в реальном времени через удаленный интерфейс или с помощью автоматических предупреждений о погоде. Если поля связаны между собой дорогами, то трактор можно запрограммировать на самостоятельное передвижение между полями, кроме того, он способен использовать погодные данные и останавливать работу в случае наступления неблагоприятных погодных условий или использовать эти данные для самостоятельного передвижения на более сухое в данный момент поле. Руководитель сельскохозяйственного предприятия может контролировать работу нескольких машин с помощью интерфейса мобильного планшета и одновременно выполнять другие действия или управлять другими машинами. Несколько автономных тракторов могут работать как единый парк, либо, будучи разделенными на несколько частей парка, выполнять операции на разных полях одновременно. При этом каждой машине назначаются собственные карты и даются соответствующие инструкции.

Представив концепт автономного трактора, компания «Case IH» продолжает совершенствовать эту технологию и углублять разработку понятий автоматизации и автономности в области сельского хозяйства [83]. Инициировала двусторонний диалог с клиентами по всему миру, чтобы выяснить, каким образом практическое внедрение этой технологии могло бы помочь клиентам в повышении эффективности и прибыльности их бизнеса. Для исследования потенциала этой технологии и испытания в реальных условиях начала свою программу автономности и автоматизации. В рамках углубленного исследования «Разработка продуктов с участием клиентов» компания выявила, что текущие и будущие потребности в технологиях можно разделить на пять категорий по степени автоматизации выполнения сельскохозяйственных полевых операций.

Эти категории и связанные с ними виды деятельности, следующие: вождение, координация и оптимизация, автоматизация с участием оператора, контролируемая автономность, полная автономность (рис. 45).

Рис. 45. Классификация степени автоматизации выполнения технологических операций

В 2018 г. компания «Case IH» начала сотрудничество с хозяйством Болтхаус в рамках пилотной программы автономного трактора. Цели программы – понять, каким образом новую автономную технологию можно использовать в реальных условиях и определить степень ее соответствия существующим требованиям фермерских хозяйств. Также в рамках программы будет испытан небольшой парк автономных тракторов «Steiger Quadtrac», которые будут выполнять тяговые операции с дисковыми боронами или дисковыми глубокорыхлителями. Это поможет оценить эффективность управления автономной техникой на различных работах, на разных типах почв, в различных погодных условиях.

Аналогичные по назначению тракторы «New Holland NHDrive» созданы компаниями «CNH» и «Autonomous Solutions Inc» на базе серийных тракторов T 8 и T 7 (рис. 46) [44].

Рис. 46. Трактор «New Holland NHDrive»

Внешне они не отличаются от обычного трактора и могут

использоваться как в автономном режиме, так и традиционном под управлением оператора. Это означает, что его можно также использовать для операций, в которых полную автономность реализовать пока сложно, например, работу с фронтальным погрузчиком или транспортировку грузов на высокой скорости по дорогам общего пользования. Они могут самостоятельно добираться до полей по маршрутам, проходящим по территории фермы, работать с другими автономными машинами или традиционной техникой, управляемой операторами. Трактор, работающий без оператора, может управляться и контролироваться с помощью стационарного или переносного планшетного компьютера. Это помогает фермерам получать доступ к данным трактора и прицепного оборудования из любого места. Программное обеспечение позволяет контролировать работу машины с помощью трех окон: в первом отображается траектория перемещения трактора, во втором – данные, поступающие с видеокамер прямой трансляции, при этом пользователь может просматривать в режиме реального времени картинку с четырех камер (две передние и две задние), а с помощью третьего окна можно контролировать и изменять основные параметры трактора и навесного оборудования: частоту вращения коленчатого вала двигателя, уровни топлива, настройки навесного оборудования: норму расхода семян или давление на сошник. Если на пути к полю есть более удобные частные дороги, то их также можно включить в навигационный маршрут. Приложение можно установить на мобильном устройстве и управлять трактором дистанционно из кабины другой машины, а можно – на настольном компьютере в офисе. Комбинация из радара, лазерных дальномеров (LiDAR) и камер RGB позволяет обнаруживать широкий спектр препятствий. В случае распознавания препятствия трактор отправляет сообщение в интерактивный интерфейс, а человек, ответственный за сельскохозяйственные операции, принимает решение, надо ли трактору объезжать препятствие, если надо, то каким образом.

«New Holland Agriculture» совместно с компанией «E. & J. Gallo Winery» проводит пилотное испытание автономной технологии NHDrive, реализованной в тракторах T4.110F для садоводства. Основная цель данного проекта – получение обратной связи от агро-

номов и операторов о потенциале использования технологии в деятельности винодельческих хозяйств. Проект стал последним этапом «Программы автономных машин бренда New Holland», в рамках которой изучаются наиболее перспективные области применения комплексных автономных решений в сельском хозяйстве. Новая пилотная программа демонстрирует, что автономное технологическое решение от «New Holland» может быть реализовано во всей линейке тракторов бренда – от мощных универсально-пропашных тракторов до специализированной техники малой мощности. В рамках предварительной научно-исследовательской программы были получены новые результаты в области интеграции различных компонентов – в частности, сенсорных элементов и приемников сигналов.

Этот пилотный проект ориентирован на полный комплекс задач по растениеводству и обслуживанию виноградников. Результаты испытаний будут использованы в «Программе автономных машин New Holland» в качестве практической информации для всего спектра потенциальных областей применения автоматизированных и автономных решений. В их число входят «автономность с участием оператора», при которой требуется присутствие оператора в кабине, «контролируемая автономность», при которой оператор находится в поле и наблюдает за работой автоматизированной машины, и в перспективе – «полная автономность», не требующая присутствия специалиста на месте. Исследования в рамках «Программы автономных машин» также помогают совершенствовать технологии, доступные клиентам уже сейчас в составе системы точного земледелия PLM (Precision Land Management) на тракторах «New Holland PLM™». Например, полностью автоматизированная система автоматического разворота в конце рядков, которая запускается при одном нажатии кнопки оператором, значительно повышает эффективность сельскохозяйственных операций, гарантируя еще большую эффективность фермы [84].

Автономный трактор «AgriRobo» фирмы «Kubota» выполняет обычные операции без оператора с использованием GPS (рис. 47). Для его управления в сотрудничестве с фирмой «Topcon» и Канзасским государственным университетом разработано программное обеспечение. С его помощью перед началом работы соз-

Рис. 47. Автономный трактор «AgriRobo»

Рис. 48. Роботизированная система Agribot

дается рабочий план. Сочетание сонара и сканера обеспечивает безопасное обнаружение неподвижных и мобильных препятствий. Системы контроля и безопасности гарантируют, что трактор не будет выполнять опасные маневры. Фирмой ведутся также работы по созданию автономных машин для возделывания риса и зерноуборочных комбайнов.

Компания «Agrirobo» совместно с Технологическим университетом Вроцлава и Университетом наук о жизни и окружающей среде во Вроцлаве (Польша) разработала роботизированную систему обработки сельхозугодий – Agribot (рис. 48). Основные операции, выполняемые роботом: внесение средств защиты и удобрений, обрезка деревьев, кошение.

Представляет собой агрегат с двигателем мощностью 55 кВт и четырьмя независимыми движителями. Конструкция обеспечивает высокую проходимость по почве и малый радиус разворота, что позволяет работать в стесненных условиях. Впереди и сзади находятся стандартные узлы для навески различных орудий. Управление роботом дистанционное, благодаря чему нет риска вредного воздействия средств защиты растений на организм оператора. Для определения координат используется система GPS, оценка производится с точностью до 1 см. Ориентироваться на поле позволяют дополнительные датчики. Многие операции могут осуществляться в автономном режиме [85].

Автономный безкабинный трактор «AT400 Spirit» разработан компанией «Autonomous Tractor» (США) (рис. 49) [44]. Может использоваться с различными прицепными орудиями.

Рис. 49. Автономный безкабинный трактор «AT400 Spirit»

Оснащен системой автономизации AutoDrive, основанной на GPS позиционировании с использованием двух дополнительных наземных систем уточнения позиции. Основой AutoDrive являются лидарно-радарная навигационная система (LRNS), беспроводное подключение к локальной сети, бортовая система ИИ, которая позволяет «обучать» трактор выполнению повторяющихся операций без необходимости программирования. Система обнаруживает любое препятствие: если оно оказывается в зоне около 10 м от трактора, то он немедленно останавливается и посылает SMS оператору. Оператор может ознакомиться с ситуацией с помощью вращающейся и наклоняемой цифровой видеокамеры, закрепленной на корпусе трактора. Другая особенность трактора – использование привода eDrive. Это комбинация электромоторов, электропитание которых обеспечивает бортовой генератор на основе двигателя внутреннего сгорания. Мощность привода может составлять 74, 147 и 294 кВт. Обе системы – AutoDrive и eDrive могут устанавливаться и на другие шасси.

Рис. 50. Робот «Ladybird»

Созданный инженерами из Университета Сиднея (Австралия) робот «Ladybird» («Божья коровка») работает на солнечных батареях (рис. 50).

Оснащён системой лазерного наведения, интегрированным автоматизированным манипулятором, с помощью которого можно собирать урожай. В обязанности робота входят контроль за процессом выращивания овощей на всех стадиях, обнаружение вредителей, а при необходимости – удаление сорняков не только с помощью гербицидов, но и традиционных ножей, микроволнового излучения, лазерных лучей. Оснащенная датчиками и камерами машина может с точностью до квадратных сан-

тиметров проводить опрыскивание химикатами, посчитать растения по одному, добраться до труднодоступных мест.

Рис. 51. Роботизированный комбайн «SW 6010»

Роботизированный комбайн выращивания и сбора урожая клубники «Agrobot SW6010» разработан в агропромышленном центре технологических инноваций (Advesva) компании «Agrobot» (Испания) (рис. 51). Его конструктивное решение построено на использовании манипуляторов (14 или 60) с мелкими металлическими корзинами, мощного компьютера и цветовых датчиков, которые распознают спелую клубнику от зеленых листьев и игнорируют незрелые ягоды.

«SW 6010» имеет два рабочих модуля для контроля и упаковки и четыре управляемых колеса, чтобы обеспечить маневренность. Размеры и большой угол поворота колес комбайна обеспечивают работу как внутри, так и снаружи теплиц. Система сбора AGB управляет набором манипуляторов, способных найти и определить клубнику в зависимости от размера и степени зрелости. Анализируется каждая отдельная ягода, причем процесс среза осуществляется с необходимой точностью, плавностью и чувствительностью. Система FlexConveyor упаковывает их. Испытания показали, что использование робота обеспечивает 50%-ное снижение цены свежей клубники и до 90% – промышленной (используется для производства пюре и йогуртов).

Британский производитель сельхозтехники «Garford Farm Machinery» на выставке «Lamma 2018» представил систему управления трактором Robo-pilot, в которой интегрированы две системы: Robocrop и система автоматического управления трактором, использующая информацию о локальном местонахождении. Назначение система Robocrop – автоматическое вождение трактора при междурядной обработке пропашных культур. Включает в себя видеокамеру, бортовой компьютер, навеску с системой гидравлического бокового

смещения и датчик скорости. Обрабатываемая культура перед агрегатом фиксируется с помощью видеокамеры. Полученное изображение обрабатывается компьютером с целью обнаружения высокой концентрации зеленого пигмента, указывающего на наличие пропашной культуры. Благодаря широкому обзору камеры и обработке нескольких рядов одновременно достигается оптимальная центральная фиксация. Полученный результат изображения сравнивается с сеткой делений, соответствующей расстоянию междурядья. Полученная информация используется для размещения рабочих органов в центр междурядья их смещением с помощью гидравлики. Так как система Robocrop работает с более чем одним рядом, то обеспечивается высокая степень точности даже при сильном засорении сорняками. Скорость движения составляет до 12 км/ч, но возможна работа на более высоких скоростях. Консоль быстрого доступа соединена с системой Robo-pilot, имеет сенсорный дисплей с понятными символами и удобными функциями, что упрощает использование (рис. 52) [86].

Рис. 52. Движение агрегата при междурядной обработке

Разработчиками многофункционального робототехнического беспилотного средства сельскохозяйственного назначения Робтрак «Вим 0,6 (0,9)-36» являются агроинженерный центр ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ» и компания «КБ Аврора» (рис. 53).

При его создании они ориентировались на удовлетворение следующих потребностей сельхозпроизводителей: комплексная автоматизация и роботизация выполнения основных и специфиче-

Рис. 53. Робтрак «Вим 0,6 (0,9)-36» в агрегате с машиной для внесения в почву жидких минеральных удобрений

ских технологических операций с исключением участия человека; всесезонность и экологическая безопасность машины, т.е. возможность ее работы в любых почвенно-климатических условиях; универсальность – выполнение технологических операций не только в сельском, но и коммунальном хозяйстве, а также на дорожно-транспортных работах, что предполагает возможность агрегатирования с широким спектром машин и орудий. В качестве базового шасси взят трактор «Беларус 320.4» мощностью 26,5 кВт. Робтрак «Вим 0,6 (0,9)-36» оснащен стеклопластиковым корпусом вместо кабины, съемными гусеничными ходовыми системами, электронно-аналитической системой управления, исполнительными устройствами и датчиками. Система управления включает в себя центральный компьютер, который собирает информацию с датчиков и сенсоров о состоянии машины и внешней среды, обрабатывает ее и передает управляющие сигналы исполнительным устройствам. Органы машинного зрения позволяют автоматически строить карту местности с обозначением возможных препятствий. Управление робототехническим средством осуществляется с помощью радиосигнала с использованием пульта дистанционного управления или автономно по заданной карте местности и данных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Контроль текущего местоположения на карте можно осуществить по информации, передаваемой на планшетный компьютер посредством Wi-Fi сигнала. Режим ручного дистанционного управления не является основным и может потребоваться в исключительных случаях, например, при преодолении тяжелых препятствий и др. При прерывании или полной потере сигнала от спутника устройство способно выполнять работы на уже определенном и построенном на карте участке местности и вернуться проложенным маршрутом на базу.

Компанией «КБ Аврора» на одном из агрокомплексов в Рязанской области проведены испытания многофункционального роботизированного трактора «AgroBot» (рис. 54).

Рис. 54. Роботизированный трактор «AgroBot»

Для первой испытательной серии в качестве платформы был выбран трактор Владимирского тракторного завода с двухцилиндровым дизельным двигателем мощностью 18,4 кВт и механической реверсивной коробкой передач. На нем может размещаться практически любое навесное оборудование, предназначенное для тракторов данного класса. Система управления, лежащая в основе трактора «AgroBot», также может быть установлена практически на любую спецтехнику или трактор, при этом на все органы управления монтируются специальные приводы, которыми управляет центральный компьютер. Управление трактором может взять на себя и оператор, находящийся поблизости от трактора или в диспетчерском центре. Один оператор может контролировать действия одновременно нескольких тракторов.

На базе хозяйства Рязанской области до 2021 г. будут апробироваться технологии для повседневного применения беспилотников в агропромышленном комплексе. Роботизированный комплекс будет включать в себя десять беспилотных тракторов, контроль движения которых будет осуществлять единый диспетчерский центр. Беспилотные сельхозмашины будут использоваться для обработки почвы, внесения удобрений, посадки культур, полива, покоса и сбора урожая, транспортировки собранной сельхозпродукции [82].

ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ» разработано электроприводное шасси полевого робота «Элеком 2,0», предназначенное для использования роботизированных технологий в селекции, садоводстве и тепличном овощеводстве (рис. 55).

Рис. 55. Полевой робот «Элеком 2,0»

Представляет собой четырехколесное шасси с задними колесными электроприводными движителями типа мотор-колесо с частотно-регулируемым приводом. Управление роботом осуществляется как оператором (комбайнером), так и автоматически без участия человека по заданной программе, основанной на использовании принципов построения

автоматизированных систем с обратной связью. По данным ГНУ «ВИМ», внедрение данной разработки позволит обеспечить рациональное и экологически безопасное производство путём замены углеводородных источников энергии возобновляемыми (в том числе солнечной), применения роботизированных технологий точного земледелия и полной (100%-ной) замены ручного труда, снижения капиталовложений и расходов по ремонту благодаря использованию электродвигателей стоимостью в 3 раза ниже, чем дизельные [44].

Российская компания «Cognitive Technologies» провела в Татарстане испытания беспилотных тракторов с системой компьютерного зрения собственной разработки. Программно-аппаратный комплекс планируют устанавливать не только на тракторы, но и другую сельскохозяйственную технику – комбайны, сеялки и др. Беспилотную сельхозтехнику в России будет продвигать новый агрохолдинг, который создаёт компания «Cognitive Technologies» с компанией «Ростсельмаш» и агрохолдингом «Союз-Агро». По оценкам разработчиков, стоимость программно-аппаратного комплекса беспилотного зрения составляет не более 15% стоимости трактора. На тракторы будут устанавливать программно-аппаратные комплексы компьютерного зрения, включающие в себя стереопару – систему из двух видеокамер, которые снимают видео с разрешением Full HD. Кроме этого, в комплектацию входят навигационный и инерционный датчики ГЛОНАСС и GPS и вычислительный блок (компьютер). Система компьютерного зрения позволяет детектировать опасные объекты, определять их размеры и координаты для составления высокоточных карт, благодаря чему становится возможным удалить их еще до уборочной, когда они могут представлять реальную угрозу. Составление цифровой карты поля и нанесение на неё окружающих объектов (столбы, камни и др.) проводятся во время выполнения предпосевных операций, таких как внесение удобрений, боронование. По цифровым картам трактор будет ориентироваться во время уборки урожая.

Эта же компания выпустила новую версию системы автоматического вождения Cognitive Agro Pilot для беспилотного комбайна, которая обеспечивает работу и в ночных условиях. Испытания проводились в Ростовской области совместно с «Ростсельмашем» на комбайне

«Torum 760». Одной из отличительных особенностей этой версии стала возможность совершения сложных маневров (разворот, движение по существенно изогнутой траектории). Разработанное ПО способно поддерживать максимальный скоростной режим при движении по полю для уборочных комбайнов данной марки до 11 км/ч [87].

Исследованиями и разработками в области роботостроения занимаются в Институте информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского научного центра РАН, где создан прототип мобильного робота для сбора плодоовощной продукции в открытом грунте «AgroMultiBot.Garnet» (рис. 56).

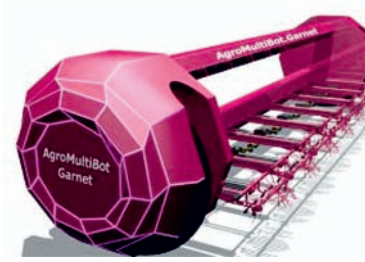


Рис. 56. Робот-сборщик плодоовощной продукции «AgroMultiBot.Garnet»

«AgroMultiBot» – семейство роботов: робот-сборщик для открытого грунта «Garnet», робот-сборщик для теплиц «Hyacinth», пропашной робот «Pearl», транспортный робот «Topaz», сервисный робот «Sapphire», зарядная станция «Chrysolite», культиватор-фитосанитар «Ruby», ороситель «Diamond» и другие роботы. Семейство роботов «AgroMultiBot» реализует концепцию безлюдного сельскохозяйственного производства на основе последовательной разработки и внедрения серии мобильных автономных роботов. Каждый из них будет выполнять определенный, отличный от других, набор агротехнических операций. Совместное применение всех роботов обеспечит полный функционально замкнутый цикл сельскохозяйственного производства. Преимущества использования «AgroMultiBot» в процессе сельскохозяйственного производства: замещение до 25 человек на поле, дополнительный сбор 30-50% урожая, остающегося гнить на поле при традиционной уборке, обеспечение индивидуального ухода за каждым растением, низкий срок окупаемости [27].

4.2. Робототехнические системы в животноводстве

Анализ разработанных и поставляемых на рынок роботизированных систем для животноводства показал, что большинство из

них предназначено для выполнения работ на фермах для содержания крупного рогатого скота. Для роботизации выбирают, в первую очередь, операции, выполнение которых связано с высоким уровнем затрат труда. Пооперационный анализ затрат труда работников на весь технологический процесс производства молока показал, что наибольшее количество времени приходится на выполнение следующих трех операций: доение – 37% общих трудовых затрат, раздача кормов – 26,5, очистка стойл и проходов от навоза – 15,5% [88]. Затраты энергии персонала, связанные с кормлением животных и уборкой навоза, в целом составляют 56,7% (рис. 57) [89].

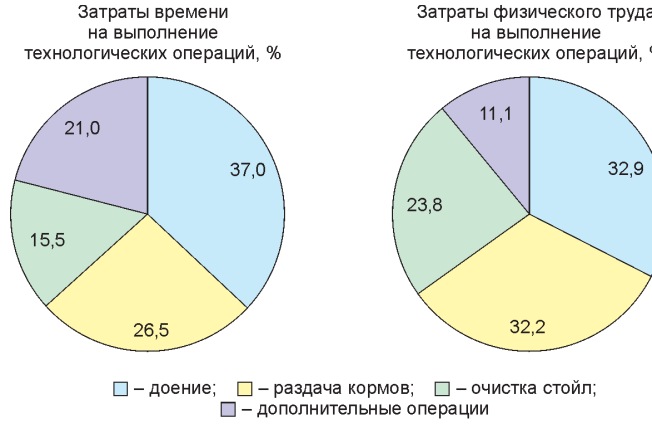


Рис. 57. Пооперационный анализ затрат труда на производство молока

К основным направлениям создания роботов относятся [90]:

- системы кормления животных: автоматизированные пастбищные системы, дозаторы-смесители, смесители-кормораздатчики, подравниватели кормов и интегрированные роботизированные системы кормления;
- доильные роботы: роботы-дояры, интегрированные роботизированные системы доения и управления стадом;
- роботы для чистки стойл: автоматизированные уборщики навоза скреперного типа, автономные уборщики навоза.

Роботизированные системы кормления

Для приготовления и раздачи сбалансированных по питательности кормосмесей созданы роботизированные системы. Широко применяются кормосмесители с вертикальными рабочими органами в бункере машины, количество которых зависит от объема приготавливаемой кормосмеси.

Загрузочные устройства выполнены в виде различных транспортеров: ленточных, скребковых, шнековых и др. Раздача приготовленной кормосмеси осуществляется подвесным кормораздатчиком бункерного типа. Разработаны также системы, в которых дозирование и смешивание предварительно измельченных кормов и его раздача осуществляются подвесным кормораздатчиком бункерного типа с расширенными функциональными возможностями, наличием систем электронного взвешивания и смешивания.

Подвесные кормораздатчики совершают запрограммированные многократные перемещения по монорельсу (закреплен в верхней части помещения) вдоль боксов для содержания животных. При движении по нему автоматически производится выдача полнорационных кормов через выгрузной патрубок или раздаточный транспортер непосредственно в общую кормушку или на кормовой стол.

В зависимости от типа содержания животных (привязное или беспривязное) применяются соответствующая система кормления и оборудование. Автоматизированные технологические системы кормления выпускает ряд фирм. Так, фирма «Pellon Group OY» (Финляндия) разработала и предлагает потребителям несколько вариантов таких систем [89].

При беспривязном содержании – это автоматизированные системы кормления животных, основными элементами которых являются робот-кормораздатчик «Pellón TMR» (рис. 58) с загрузчиком измельченных грубых кормов, загрузчик, смеситель TMR и ленточный конвейер, загрузчик и ленточный конвейер Pellón Belt Feeder, смеситель Cut-Mix, ленточный конвейер и робот-кормораздатчик «Pellón Silage».

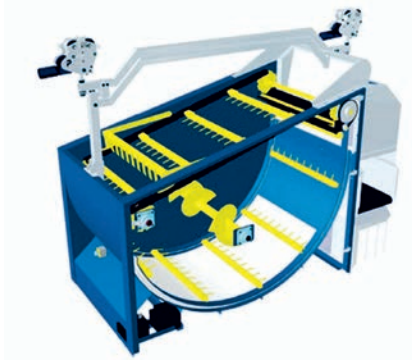


Рис. 58. Конструктивная схема робота-кормораздатчика «Pellón TMR» фирмы «Pellon Group OY»

Для кормления животных при привязном содержании предлагается линия в составе загрузчика и робота-кормораздатчика «Pellón Combi» (рис. 59), способного осуществлять индивидуальное кормление в соответствии с запрограммированным рецептом.

Рис. 59. Робот-кормораздатчик «Pellón Combi» фирмы «Pellon Group OY»

Кормосмесь готовится с помощью поперечного раздаточного ленточного транспортера, оснащенного системой электронного взвешивания. Дозаторами, работающими в согласованном с системой взвешивания режиме, на транспортер из соответствующих бункеров подается запрограммированная порция грубых и концентрированных кормов. Исходные компоненты кормосмеси смешиваются в процессе их дозирования на поверхность транспортера. Готовая порция кормосмеси транспортером выгружается конкрет-

ному животному в кормушку или на кормовой стол (раздача – на обе стороны).

Высокую точность дозирования имеют роботы-кормораздатчики «Pellón Silage», применяемые при беспривязном содержании животных для дозированной раздачи предварительно приготовленной кормосмеси или грубых кормов. Для раздачи грубых кормов фирма предлагает потребителям роботы-кормораздатчики «Pellón 1500» и «Pellón 2500» (табл. 7).

Таблица 7

Техническая характеристика подвесных роботов-кормораздатчиков фирмы «Pellon Group OY»

Показатели	«Pellon TMR»	«Pellon Silage»	«Pellon 2000 Combi»	«Pellon 3000 Combi»	«Pellon 1500»	«Pellon 2500»
Вместимость, кг	2000	2500	2100	3100	1500	2500
Ширина ленты транспортёра, мм	1100; 1300; 1500					
Габаритные размеры, мм	3020× ×1330× ×2400	3400× ×1200× ×2050	3100× ×1200× ×1850	4100× ×1200× ×1850	2400× ×1200× ×1850	3400× ×1200× ×1850
Масса, кг	1200	940	750	965	700	915

Фирма выпускает также серию подвесных бункерных роботов для раздачи комбикормов (табл. 8), предназначенных для ферм с раздельным типом кормления: грубые и концентрированные корма раздаются раздельно различными техническими средствами. Энергоснабжение роботов осуществляется от двух аккумуляторов. Раздатчик Pellón 2W имеет выгрузное устройство для раздачи комбикормов на обе стороны.

Таблица 8

Техническая характеристика подвесных роботов для раздачи комбикормов фирмы «Pellon Group OY»

Показатели	«Pellon 300»	«Pellon 400»	«Pellon 600»	«Pellon 2W 400/600»
1	2	3	4	5
Вместимость, кг	270	390	600	400/600

Продолжение табл. 8

1	2			
Число компонентов комбикорма	До 4			
Габаритные размеры, мм	700× ×800× ×1450	1100× ×800× ×1450	1100× ×800× ×1650	1100× ×1100× ×175/195
Масса, кг	80	90	120	100/130

Робот «Pellón PT-400» запоминает поголовье животных численностью 255 голов; число кормовых рационов – 1-5; обеспечивает раздачу кормов на обе стороны; контроль за потреблением кормов. Примерно такие же показатели имеет компьютерная система PT-200 стационарного исполнения – поголовье запоминаемых животных – 230, число кормовых рационов – 1-4.

Компьютерная система Pellon Graphics стационарного исполнения служит для управления кормлением стада с большим поголовьем. После ввода исходных данных (количество групп животных, рецептов и исходных компонентов, времени кормления и др.) кормление осуществляется в автоматическом режиме под управлением компьютера.

Фирма «Mullerup A/S» (Дания), входящая в состав концерна «GEA Farm Technologies», разработала различные варианты автоматизированных систем кормления животных, по назначению и исполнению аналогичные рассмотренным выше. Например, робот-кормораздатчик «Mix Feeder», выпускаемый в четырех вариантах (рис. 60, табл. 9), позволяет выполнять приготовление кормосмеси и ее раздачу в животноводческих помещениях с различными системами содержания животных в автоматическом режиме под управлением компьютера или вручную [89].

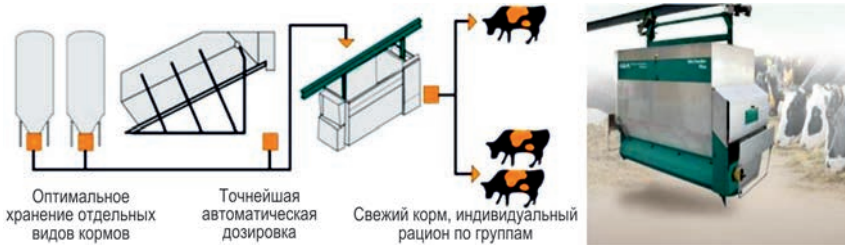


Рис. 60. Робот-кормораздатчик «Mix Feeder» фирмы «GEA Farm Technologies»

Таблица 9

Техническая характеристика подвесных роботов-кормораздатчиков «Mix Feeder»

Показатели	«Mix Feeder Plus»	«Mix Feeder XL»	«Mix Feeder AC»	«Mix Feeder XL AC»
Обслуживаемое поголовье	180 молочных коров и животные на откорме	240 молочных коров и животные на откорме	-	~
Установленная мощность, кВт	9,2			
Число: циклов смешивания	20-30	30-40		
обслуживаемых групп животных	До 15			
кормовых рационов	До 9			
Скорость движения при раздаче кормосмеси, м/мин	16			
Аккумуляторная батарея	4×12 V, 100 A	6×12 V, 100 A	4×12 V, 100 A	6×12 V, 100 A
Масса, кг	1900			

Для раздачи предварительно приготовленной кормовой смеси фирма «GEA FarmTechnologies» выпускает роботы-кормораздатчики «Free Stall Feeder M1600, -M2000, -M3000» с бункерами вместимостью 1,6, 2 и 3 м^3 соответственно для кормления молочного стада с большим поголовьем (до 1000 коров) [91].

Фирмой разработана система MIX @CARRY, состоящая из подвесного робота-кормораздатчика с бункерами вместимостью 2 или 3 м^3, и установки для приготовления кормовых смесей. Роботы могут обслуживать до 20 групп животных, находящихся на беспривязном содержании, и выдавать им до 30 рационов кормосмесей.

Фирма «Delaval» выпускает подвесные автоматизированные кормораздатчики с широкими функциональными возможностями нескольких типов, которые легко интегрируются в основные системы кормления и могут работать под управлением компьютеров.

Основная конструктивная особенность, которой обладают все кормораздатчики, – движение по монорельсу. Так, бункерные кормораздатчики серии FM 460/1300 предназначены для раздачи концентрированных кормов и белково-минеральных добавок (до 10 раз в сутки) и рассчитаны на обслуживание 35-150 коров.

Подвесные кормораздатчики серии RA 135 обеспечивают кормление стада полностью сбалансированными по питательным веществам кормосмесями. Используются на фермах, оборудованных системой добровольного доения коров, роботами «VMS» фирмы «DeLaval». Спроектированы для частой автоматической раздачи корма 24 ч в сутки; вместительность – 2,5 $м^3$ (увеличивается в зависимости от длины кормового стола), потребляемая мощность 4 кВт, масса 950 кг.

Фирма «Delaval» выпускает полностью автоматизированную систему DeLaval Optimat TM II master, состоящую из роботизированного оборудования для кормоприготовления и раздачи кормов. Автоматическое управление работой механизмов обеспечивает точное заполнение, смешивание и распределение всех компонентов кормовой смеси.

Перспективной роботизированной системой кормления крупного рогатого скота является также система Triomatic фирмы «Trioliet», работающая аналогично системе DeLaval Optimat TM II master. Главным достоинством системы Triomatic является автоматическое выполнение всех операций в соответствии с заданной программой кормления животных. Для ее бесперебойной работы необходимо лишь поддерживать требуемый запас кормов. Все перемещения робота-кормораздатчика осуществляются по монорельсу, снабженному токопроводящей шиной.

В последние годы получают развитие автоматизированные системы кормления животных, перемещающиеся не по рельсам, а в автономном режиме с использованием современных систем управления движением мобильных объектов. В основе таких роботов – не подвесные роботы-кормораздатчики, а мобильные смесители-кормораздатчики. К таким инновационным разработкам относятся автоматический смеситель-кормораздатчик Innovado фирмы «Schuitemaker Machines B. V.» (Нидерланды), Lely Vector фирмы «Lely» и др.

Кормораздатчик Inovado фирмы «Schuitemaker» (рис. 61) может самостоятельно забрать силос или сенаж из траншеи, а также отобрать компоненты с высокой точностью.

Рис. 61. Автоматический смеситель-кормораздатчик Innovado фирмы «Schuitemaker Machines B. V.»

Оснащен двумя вертикальными шнеками для перемешивания корма. Доизмельчение корма проводится с помощью отдельного устройства, встроенного в систему загрузки. Машина имеет устройства для активации кормосмеси на кормовом столе. Роторы подталкивают корм, разбросанный животными, ближе к ним. Под открытым небом он находит дорогу к траншеям и хранилищам с помощью GPS (требуются станции коррекции сигнала RTK). Внутри помещений прокладываются транспондеры. Робот распознает препятствия перед собой благодаря установленному лазеру, сканирующему близлежащее пространство на предмет присутствия людей, животных и других объектов. При их наличии робот останавливается, чтобы избежать столкновения.

Робот «Lely Vector» (рис. 62) – это прорыв в области автоматизации кормления в молочном животноводстве. Обеспечивает равномерное и своевременное кормление коров определенными порциями, что позволяет животноводу достичь эффективного производства молока высокого качества [92].

Рис. 62. Робот-кормораздатчик «Lely Vector»

По мнению специалистов, более частое кормление стимулирует поедание грубых кормов, что положительно сказывается на здоровье животных, их репродуктивной способности и надоях. Питание коров несколько раз в день поддерживает стабильный уровень pH рубца, позволяет коровам более эффективно усваивать рацион. Животные становятся более активными: чаще посещают дойный робот, что приводит к увеличению производства молока.

Во время движения по запрограммированному маршруту робот не только раздает корм, но и с помощью лазерных датчиков измеряет его остатки, расположение, и при необходимости пододвигает корм ближе к животным. Если во время полного прохода робот определил, что корма на кормовом столе в итоге недостаточно, то он отправляется на кухню, готовит новую порцию и раздает ее.

Система автоматического кормления Vector состоит из кухни и робота-кормораздатчика. На кухне хранятся различные корма. Грейферный ковш в соответствии с заданием отбирает необходимое количество каждого из них и засыпает в робот-кормораздатчик, где после полной требуемой загрузки происходит их смешивание. Система способна запомнить до 16 видов смесей, которые определяются требуемыми рационами для конкретных коров и молодняка. Каждая группа в составе стада всегда получает корм надлежащего содержания в нужном количестве в соответствии с возрастом и фазой лактационного цикла коров. Это повышает эффективность благодаря экономии времени в сочетании с максимальными преимуществами, связанными со стратегией кормления и возможностью мониторинга надоев. Процесс полностью автоматизирован, система предоставляет корма 24 ч в сутки, обеспечивает оптимальную гибкость для фермеров.

Грейфер сканирует зону на складе, которая предназначена для определенного вида корма, и перемещается по ней, выбирая нужный корм, его количество, захватывает его и загружает в робот для перемешивания и раздачи.

Дозатор концентратов контролирует количество кормов, определяя и измеряя его с высокой точностью. К концентратам можно добавлять небольшие порции минеральных кормов и добавок. План кормления и склад управляются с помощью компьютера с пользовательским интерфейсом. Кроме того, система позволяет программи-

ровать рационы и выдает необходимые отчеты. Работая на аккумуляторных батареях, робот позволяет экономить десять тысяч литров дизельного топлива в год и до 6 тыс. рабочих часов в год по сравнению с традиционными способами кормораздачи.

Робот «Lely Vector» представляет собой комплексную эффективную систему кормления, с помощью которой современные фермеры могут управлять своим хозяйством с меньшими трудовыми и финансовыми затратами. Для работы робота необходимо измельчение сена или соломы по длине резки 4-5 см, максимум – до 20 см.

Робот измеряет также количество кормов на столе, при необходимости возвращается на кормовую кухню для смешивания новой порции. Вместимость его бункера – 2 $м^3$ (до 600 кг). Робот успевает заряжаться за время, пока находится на парковке на кормовой кухне. В это время двигатель миксера питается от сети промышленного тока, а батарея от этой сети подзаряжается. Одну смесь робот готовит за 20-30 мин. Требуемая мощность, которую система потребляет при одновременной работе всех двигателей – 11 кВт.

На фермах с беспривязным содержанием животных при раздаче грубых кормов на «кормовой стол», приходится вручную 2-5 раз в сутки сдвигать корм ближе к кормовой решетке, что требует больших затрат труда. Поэтому для сдвигания корма в зону досягаемости его животными выпускаются роботизированные системы различного исполнения, например, роботизированная установка Butler фирмы «Wasserbauer» (Австрия) и Робот «Juno» фирмы «Lely».

Рабочий орган установки Butler выполнен в виде поперечного вертикального конвейера, привод которого осуществляется от электродвигателя (напряжение 24 В). Особенностью конструкции является перемещение установки по рельсовой направляющей, смонтированной на стойловом оборудовании над кормовыми решетками. В соответствии с заданной программой робот до 12 раз в сутки перемещается вдоль фронта кормовых решеток и за счет вращения конвейера сдвигает корм в зону досягаемости его животными. Новая модель робота фирмы «Butler-Plus» имеет расширенные функциональные возможности. Дополнительный бункер и один-два дозатора позволяют вносить сверху силоса концентрированные корма, жидкие или минеральные добавки.

Рис. 63. Робот «Juno» фирмы «Lely»

Другой вариант роботизированной установки для сдвигания корма на кормовом столе «Juno», разработанный фирмой «Lely», позволяет отказаться от использования направляющих над кормовой решеткой (рис. 63) [93]. Робот «Juno» представляет собой самоходное устройство цилиндрической формы высотой 1 м и ∅1,6 м, размещенное на трех колесах: одно служит для направления движения робота, два других с приводом от электродвигателя обеспечивают необходимые перемещения.

Автоматизация робота «Juno» предусматривает оснащение его измерительными средствами и бортовым компьютером с соответствующим программным обеспечением для анализа полученной информации, принятия необходимого решения и выдачи команды исполнительным механизмам.

Рис. 64. Робот-пушер (подталкиватель) «OptiDuo™» фирмы «Delaval»

Другой новинкой устройств для сдвигания кормов, разработанной фирмой «Delaval», является робот-пушер «OptiDuo™» (рис. 64). Как считают специалисты, он будет востребован на любой современной ферме с любым оборудованием [94]. Принцип действия этого устройства абсолютно иной: с помощью вращающегося шнека робот деликатно перемещает корм ближе к коровам, при этом корм не сжимается и не спрессовывается, как в случае с традиционными подталкивателями, а вспушивается и перемешивается. Благодаря этому улучшаются его запах, трафик к нему, увеличивается частота посещений кормового стола и снижается конкуренция около него.

Робот-пушер можно оснастить диспенсером для концентратов, добавление которого делает корм более привлекательным для коров.

Робот-пушер «OptiDuo™» полностью автоматизирован и легко программируется для автоматической работы по расписанию. Благодаря скребку кормовой стол всегда будет чистым, экономятся энергоресурсы: электродвигатель более экономичен, чем двигатель внутреннего сгорания. При разработке робота большое внимание уделялось безопасности и надёжности его эксплуатации: со всех сторон он защищён резиновыми бамперами, система AdaptiveDrive OptiDuo™ позволяет ему работать с любым объёмом и типом кормов: соломой, сеном, зелёной травой, что недоступно для подталкивателей других производителей.

Таким образом, «OptiDuo™» является первым в мире роботом-пушером, который адаптивно приспосабливается к объёмам и видам кормов, меняя скорость и траекторию движения. При десяти маршрутах в день он может ежедневно проходить 100-200 м в зависимости от условий движения, при пяти маршрутах – до 560 м. Стандартная рабочая скорость составляет 5 м/мин, рабочая ширина робота – 1,05 м. Он может использоваться в различных условиях, включая поверхности с уклоном до 5% и разной шириной кормовых столов, а также на фермах с несколькими коровниками. Интеллектуальная навигационная система робота-пушера делает его использование безопасным: чувствительные датчики обеспечивают остановку машины при наличии препятствия.

Доильные роботы

Доильный робот – это роботизированная система, которая обеспечивает автоматическое доение коров на фермах с безпривязным содержанием и добровольным доением. Такие системы позволяют почти полностью исключить негативный «человеческий фактор», создать оптимальные условия для животных, что позволяет сэкономить значительные материальные и трудовые ресурсы.

Первой компанией, начавшей промышленное производство доильных роботов, стала голландская компания «Lely», которая остается мировым лидером и в настоящее время. В этой стране каждая четвертая доильная установка, покупаемая фермерами, – автоматическая. Производят их по лицензии «Lely» фирмы «Fullwood»

(Великобритания) и «BouMatic» (США). А компании «DeLaval» (Швеция), «Prolion» (Нидерланды), «Westfalia» (Германия) и другие выпускают системы автоматического доения по собственным технологиям.

Первые робототехнические доильные роботы «VMS» фирмы «DeLaval» начали использовать в России в 2007 г. в Вологодской области (племзавод Родина). В это время в мире работало около 4 тыс. роботов-дояров. По оценке фирмы RoboTrends.ru, на конец 2016 г. в России насчитывалось более 500 доильных роботов на 116 фермах, в мире – 40 тыс. роботов (на конец 2015 г.), к 2020 г. прогнозируется рост числа робототехнических комплексов для доения в мире до 60 тыс.

Лидерами рынка России по числу поставленных доильных роботов являются фирмы «DeLaval» («VMS»), Швеция – около 40%, «Lely» («Astranaut»), Нидерланды – около 30%, «GEA Farm» («Mlone», ранее «Titan»), Германия – более 10%. Фирмы «SAC» (Дания), «Fullwood» (Великобритания), «BouMatic» (США) и другие имеют единичные поставки [95, 96]. Техническая характеристика доильных роботов ведущих производителей представлена в табл. 10.

Таблица 10

Техническая характеристика доильных роботов ведущих производителей

Показатели	Изготовитель (модель)							
	«BouMatic Robotics» (MR-S1)	«DeLaval» («VMS»)	«Lely», («Austronaut A4»)	«Lemmer Fullwood» («Merlin 4»)	«GEA Farm» («Mlone»)	«Happel» («AktivPuls Robot 20.20»)	«Insentec/ Flaco» («Galaxy Astrea 20.20»)	«SAC» («FutureLine MAX»)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число доильных стойл	1				1-5	1 или 2		
Материал для изготовления основных узлов и деталей	Коррозионностойкая сталь, оцинкованная сталь	Коррозионностойкая сталь	В основном коррозионностойкая сталь, частично углепластик	Коррозионностойкая сталь				
Система управления работой манипулятора	От гидропривода		Электрическая и пневматическая			Электрическая		
Поголовье обслуживаемых животных в сутки (производительность)	Около 60	65-85	70 (в отдельных случаях до 80)	65-75	До 3 стойл – около 60 (на одно стойло); от 4 стойл – около 55 (на одно стойло)	1 стойло – 70; 2 стойла – 130	1 стойло – около 65; 2 стойла – около 125	1 стойло – 60-65; 2 стойла – 110-120

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Максимальное число доек в сутки	≈ 160	≈ 220	170-220 (макс. 260-270)	150-180	180-200 на одно стойло	1 стойло – 180; 2 стойла – 350	1 стойло – 180; 2 стойла – 340	1 стойло – 180; 2 стойла – 340
Рекомендуемый режим движения коров	Свободное	Без предпочтений	Свободное	Без предпочтений	Селективное управление	Свободное		
Система распознавания животных	Совместимый транспондер	Транспондер, дополнительно – распознавание по ушным биркам, полудуплексный режим	Распознавание через шину ISO или инфракрасное с измерением активности, совместимое с Nedap или SCR	В серийном исполнении шагомер, вариант – нашейный транспондер, совместимый	Транспондер, несовместимый	Транспондер, совместимый	Транспондер, по заказу совместимый	Транспондер, несовместимый
Средство позиционирования коров	Подвижный лоток с кормом		Нет		Подвижный лоток с кормом	Датчик коровы		Кормовая решетка, датчик коровы
Распознавание положения сосков	3D и 2D-видеокамера	2 лазера и цифровая видеокамера	3D-лазер		3D-видеокамера	Лазер с цифровой видеокамерой		

Параметры распознавания сосков: расстояние между двумя сосками, см	Н. д.	1,5	Минимум 1 (максимально 50)	Минимум 3	Минимум 2	Минимум 5 между передними и задними	Минимум 0,2	Минимум 1,5
минимальное расстояние до пола, см	25-30	27	28	27,5	35	25	30	Около 30
максимальный угол отклонения сосков от вертикали	Н. д.	45°	Возможно более 45°	45°				Н. д.
Сдаивание первых струек молока	В подготовительный стакан		В доильный стакан			В подготовительный стакан		
Минимальная продолжительность: мойки вымени, с	Неизвестно	40-50	1 мин	4 (на сосок)	40-60	15	65	≈ 40
насаживания доильных стаканов на соски, с		30-50	≈ 30 с	15-60		10	45	≈ 25

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Снятие доильных стаканов по окончании доения	Регулируется по потоку молока из одного соска	Регулируется по потоку молока из одного соска и времени	Регулируется по потоку молока из одного соска					Регулируется по потоку молока
Сведения, которые можно получать по каждой четверти вымени	Скорость молокоотдачи, длительность доения, электропроводность	Скорость молокоотдачи, длительность доения, количество молока, электропроводность, цвет, неполный надой, сниженный надой	Скорость молокоотдачи, продолжительность доения, надой, время дойки, цвет, температура, электропроводность, количество соматических клеток в молоке (дополнительно), жирность, белок, лактоза	Скорость молокоотдачи, продолжительность доения, надой, электропроводность, температура	Скорость молокоотдачи, продолжительность доения, электропроводность, цвет	Скорость молокоотдачи, продолжительность доения, электропроводность		

Методы распознавания изменений в молоке	Электропроводность, цвет	Количество соматических клеток в молоке, индекс выявления мастита, электропроводность и цвет, отклонение при ожидаемой величине надоя	Электропроводность, цвет, дополнительно количество соматических клеток в молоке, продолжительность доения, надой	Электропроводность, цвет, дополнительно жирность, белок, лактоза и цвет для контроля количества соматических клеток в молоке, данные по двигательной активности с шагомера	Электропроводность, цвет		Электропроводность, цвет, дополнительно количество соматических клеток в молоке по навигатору стада
Средства отбора проб молока	Челнок (Lely)	Автоматический пробоотборник	Челнок	Челнок (Lely)	Комплект пробоотборника	Челнок (Lely)	
Средства выгона животных из доильного стойла	Электрохлыст	Шланг со сжатым воздухом, запуск следующей коровы	Прекращение подачи корма, лоток с кормом отводится с пути следования, электрохлыст	Дозированная выжимка	Лоток с кормом отводится с пути следования, плюс механический хлыст	Механический хлыст (по выбору – электрический)	Электрохлыст (по выбору – активируемый)

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Раздаивание телок	Автоматическое, полуавтоматическое	Автоматическое или полуавтоматическое, программа обучения	Автоматическое, со сканированием данных по вымени	Автоматическое, полуавтоматическое		Автоматическое, полуавтоматическое, программа обучения		
Мойка сосков вымени	В подготовительном стакане	В подготовительном стакане, водой и сжатым воздухом	Движущиеся в противоположных направлениях щетки со щетиной различной мягкости		В доильном стакане	В подготовительном стакане, водой и сжатым воздухом		
Мойка доильных аппаратов	Промежуточная дезинфекция водой с паром	Промежуточная дезинфекция внутри и снаружи, промежуточная дезинфекция надуксусной кислотой или паром	Промежуточное ополаскивание изнутри и снаружи, дополнительно – промежуточная дезинфекция горячим паром	Водой с паром после каждой дойки, дополнительно – промежуточная дезинфекция надуксусной кислотой	Промежуточное ополаскивание, дополнительно – промежуточная дезинфекция надуксусной кислотой	Промежуточное ополаскивание с паровой мойкой		
Мойка оборудования и ее длительность	Кипящей водой, 13 мин	Циркуляционная, 15 мин	Кипящей водой, 10-12 мин	Кипящей водой, 8 мин	Циркуляционная, 24 мин	Кипящей водой, 13 мин		Кипящей водой, ≈ 15 мин

Пульт управления, программа управления	Сенсорный дисплей, интерфейс базового уровня BRI и матрица стада	Сенсорный дисплей, программа DelPro	Сенсорный дисплей, программа T4C	Кнопочный пульт, сенсорный экран дополнительно, программа Crystal	Сенсорный экран/RDM, с привязкой к программе Dairy Plan C21	ПК, сенсорный экран на стойло дополнительно, программа Saturnus 20.20	Сенсорный экран, программа Saturnus 20.20	ПК, сенсорный экран на стойло дополнительно, TIM
Расход энергии: кВт·ч	Н. д.	0,20	В зависимости от настроек и управления	0,29	≈ 0,22	0,15	0,15	0,15
воды на дойку, л		мойка вымени и обратная промывка – по 0,8	0,5	0,92	3,4	1,5	1,48 (при 10 л молока на дойку)	1,6

Рис. 65. Astronaut A5 Lely – доильный робот «Astronaut»

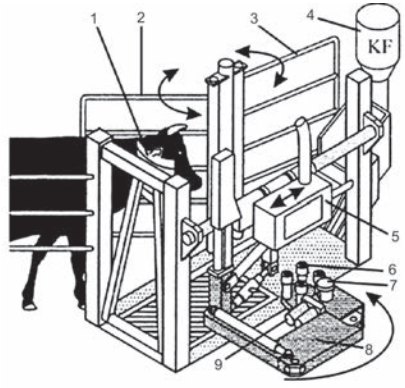


Рис. 66. Схема доильного робота «Astronaut»:
1 – манипулятор позиционирования животного; 2 – входная дверца; 3 – выходная дверца; 4 – автоматическая кормораздаточная станция; 5 – блок регулирования перемещения руки; 6 – доильные стаканы; 7 – лазерные датчики; 8 – рука робота; 9 – ролики обмыва вымени

Astronaut A5 Lely (рис. 65) – новая роботизированная доильная система, так называемый робот-дояр, разработанный с учетом анатомических особенностей коровы и использования передовых технологий доения [97, 98].

Доильный робот «Astronaut» фирмы «Lely» состоит из доильного бокса размерами 4,5×2,5×2,5 м (рис. 66). При входе коровы в бокс происходит ее идентификация, и компьютер определяет необходимость доения коровы сейчас или немедленно выпустить ее из бокса. Если надо доить корову, то в кормушку выдается порция 1,5-2,5 кг концентрированного корма. Движение животного сзади ограничивается специальным манипулятором *1*. Примерно через 10 с после позиционирования коровы рука робота *8* захватывает устройство *9* для обмыва вымени с двумя роликами, покрытыми хлопчатобумажной тканью, увлажненной водой, и подводит под вымя животного. Определяется место расположения сосков, начинается процесс их очистки вращающимися в разные стороны роликами. После очистки рука робота отводит ролики в специальную выемку, где происходят их промывка водой и обеззараживание дезинфицирующими растворами.

Рука робота снова подводится под корову, но уже с доильным аппаратом *6* и с помощью лазера *7* начинается его позиционирование. Для позиционирования точкой отсчета служат передние соски.

По окончании позиционирования робот начинает последовательно надевать доильные стаканы на соски, начиная с задних четвертей вымени. При этом подвижная тестовая плита передает движение коровы с помощью ультразвукового датчика на руке робота, которая повторяет движения коровы. При неудачной попытке надеть доильные стаканы робот делает две дополнительные попытки. При неудачной третьей попытке робот выпускает корову, выдает звуковой сигнал и сообщение на дисплей компьютера. Первые струйки молока сдаиваются в специальный резервуар. Надоенное молоко из каждой четверти вымени животного поступает по отдельному молокопроводу. Доильные стаканы снимаются с каждого соска отдельно по мере прекращения из него молокоотдачи.

Оборудование для контроля качества молока Lely MQC расположено в манипуляторе робота рядом с выменем. Во время доения происходит непрерывная проверка молока из каждой четверти вымени, что позволяет получать важную информацию о мастите, содержании жира, белка и лактозы, необходимую для контроля качества молока и здоровья коровы, а также быстро реагировать и гарантированно получать молоко высшего качества. Система Lely MQC измеряет основные параметры на каждой четверти вымени: цвет молока, проводимость, время доения, время до сдаивания первых струек, скорость доения, температуру.

В работе используется система TDS, основанная на технологии трехуровневого сканирования, которая обеспечивает быстрое и точное обнаружение сосков. Основные доильные элементы интегрированы в манипуляторе робота, поэтому он совершает лишь несколько коротких движений для насаживания доильных стаканов. Манипулятор, не выполняя лишних действий, обеспечивает максимально быстрое подсоединение доильных стаканов.

Дозатор жидких кормов Titania дозирует различные жидкости, добавляемые к концентрату в кормушке робота. Эта дозирующая система разработана и применяется для профилактики кетоза путем непосредственного добавления пропиленгликоля в концентрат.

Фирмой разработана система управления роботизированной фермой – новая программа управления Lely T4C, которая накапливает и сохраняет все данные, собираемые роботами «Astronaut» с помощью многочисленных датчиков. Это помогает принимать фермерам оптимальные управленческие решения.

Индикаторы здоровья, определяемые с помощью программы Lely T4C: цвет молока; содержание белка, жира, лактозы в молоке; проводимость молока; температура; количество соматических клеток в молоке; масса коровы и ее продуктивность; потребление кормов, время доения и сдаивания первых струек и др. [97].

Благодаря более высокой энергоэффективности, обеспечиваемой комбинацией электро- и гидропривода «руки», применением специальной программы калибровки с лазерным позиционированием при первом посещении животным доильного бокса робот Astronaut A5 по сравнению с роботом Astronaut A4 обеспечивает ускоренное надевание стаканов (на 30%) и может обслуживать до 120 дойных коров.

Рис. 67. Робот-дояр «VMS™ V300» фирмы «DeLaval»

Конструкция нового робота-дояра «VMS™ V300» фирмы «DeLaval» (рис. 67) позволяет фермерам достичь больших результатов меньшими усилиями.

Робот-дояр V300, благодаря современным средствам автоматизации, снижает зависимость сельхозпроизводителей от рынка труда, обеспечивает здоровье и комфорт животных, заботится о качестве и безопасности молока. Новая модель доильного робота представляет собой автоматизированный комплекс с индивидуальным подходом к каждому животному. Как показал опыт практического использования V300 на тестовых фермах в Европе, инновационный робот-дояр на 10% эффективнее любого другого роботизированного доильного оборудования компании предыдущей версии. Отмечается увеличение скорости присоединения до 99,8% и снижение времени присоединения до 50%.

Подготовка к доению начинается с обработки вымени, которая благодаря использованию средств для обработки сосков проходит более успешно. Применяемая «Система DeLaval Pure Flow» не просто промывает, а подготавливает вымя к доению, используя специальный прозрачный стакан, который позволяет видеть всю процедуру, каждый сосок очищается и стимулируется, чтобы обеспечить корове более комфортный поток молока и повысить продуктивность.

При этом происходит сдаивание первых струек молока, которые удаляются в специальную емкость через отдельную линию. Сам процесс присоединения идет почти на минуту быстрее, чем на предыдущих моделях, благодаря установленной 3D-камере.

Технология DeLaval InSight представляет собой умную, быструю и точную руку-манипулятор. Благодаря взаимодействию 3D-камеры с аппаратным и программным обеспечением успешность подсоединения составляет 99,8%. При каждом доении DeLaval InSight сопоставляет, изучает и запоминает особенности расположения вымени и сосков каждой коровы, в результате доение происходит быстрее.

Система DeLaval InControl, которая установлена на V300, упрощает контроль и управление стадом. Она формирует простые визуальные отчеты, проводит анализ полученных показателей. Запросить данные по продуктивности, качеству молока, посмотреть общую статистику по доению или изменить настройки системы можно удаленно – с телефона или планшета [99].

Фирма «Fullwood» представила на рынок доработанную конструкцию робота «M²erlin» («Эксперт»), который оборудован принципиально новым манипулятором, сегодня являющимся самым эффективным и бесшумным в мировой практике (рис. 68). Конструкция доильного бокса позволяет животным выходить через боковые ворота (имеются два различных варианта конструкции бокса, сориентированные, по необходимости, на правую

Рис. 68. Общий вид доильного робота «M²erlin» фирмы «Fullwood»

или левую стороны бокса), а также проходить сквозь бокс по прямой. Данная модель робота может оснащаться воротами, как с задним, так и с боковым входом. Новый робот «Fullwood» «M²ерлин» потребляет меньшее количество энергии по сравнению с предыдущими моделями.

Для идентификации животных используют в основном ножные транспондеры с расширенными функциональными возможностями (в том числе определяется активность животных). Это в сочетании с программой управления стадом Crystal позволяет своевременно выявлять животных, находящихся в состоянии половой охоты. После распознавания коровы робот посредством программы определяет, следует ли доить ее или нет, исходя из того, что количество молока в вымени для выполнения дойки должно быть не менее 7 л. Если корова приходит к роботу слишком рано, то она не будет получать корм и доиться.

Конструкция доильного бокса не предусматривает каких-либо ограничений для передвижения коровы внутри него, поэтому животное само может занимать положение в боксе, а его перемещения отслеживаются электрическим рукой-манипулятором робота. Одна роботизированная установка «M²erlin» может доить до 70 коров, схема доения на четырех роботах приведена на рис. 69 [100].

Определение месторасположения сосков осуществляется с помощью стационарной системы лазерной оптики, дающей трехмерное изображение вымени с максимальной точностью. При этом постоянно обновляются записи в базе данных координат отдельных сосков, что позволяет при подключении доильных стаканов к соскам учитывать все физиологические изменения формы вымени, обусловленные нахождением животного в определенном периоде лактации.

С целью обеспечения надежного подключения доильных стаканов к соскам и сокращения потерь вакуума доильные шланги проложены от стаканов до коллектора молока по прямому пути. Для контроля количества и качества выдаиваемого молока робот оснащен счетчиком молока, датчиком для определения мастита в молоке, сенсором для определения электропроводности молока, совместная работа которых позволяет направлять несоответствующее нормативам молоко в специальные емкости.

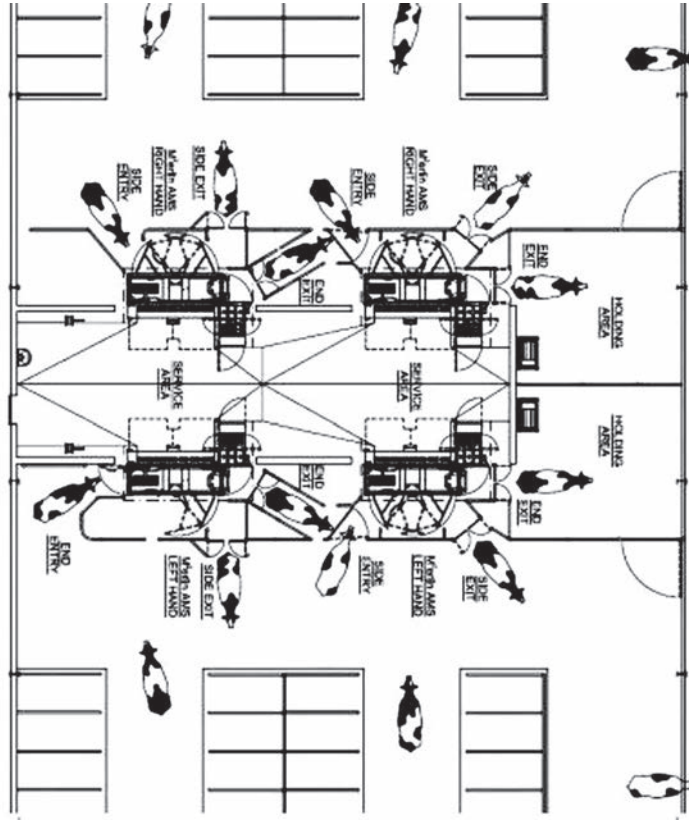


Рис. 69. Схема доения на четырех роботах «M²erlin»

«M²erlin» имеет инновационную разработку – анализатор молока, встроенный в линию, позволяющий измерять во время доения содержание жира, белка и лактозы, а также производить оценку содержания соматических клеток в молоке с указанием полученного результата. Система охлаждения Soft Start полностью интегрирована с доильным роботом «M²erlin» и обеспечивает эффективное охлаждение даже небольшого объема молока без риска примерзания его к стенкам резервуара.

«M²erlin» работает на основе автоматизированной программы управления стадом Crystal под оболочкой Windows, обеспечиваю-

щей постоянный доступ к данным с возможностью внесения изменений и программирования новых параметров. Эта программа объединяет весь спектр информационных модулей (кормление, доение, взвешивание, сортировку, активность, календарь животного, графики лактации) и обладает возможностью импорта-экспорта данных (записи о передвижениях коров, различные формы учета доений, качества молока и др.).

Рис. 70. Доильный робот «RDS Futureline Elite» фирмы «S.A.C»

Общее концептуальное построение имеют роботы фирм «Insentec», «S.A. Christensen» (рис. 70) и «BouMatic». Рука-манипулятор устанавливается вне конструкции доильного бокса и может обслуживать как один доильный бокс, так и два, расположенных параллельно друг другу, что позволяет повысить пропускную способность автоматизированной доильной системы. В качестве манипулятора фирмы используют руку-робот, предназначенную для работы с повышенными требованиями надежности.

Доильный робот с одним боксом «RDS Futureline Elite SB» рассчитан для доения 40-60 голов. Доильный робот с двумя боксами RDS Futureline Elite DB предназначен для доения от 75 до 120 коров. Одна роботизированная рука для доения Motoman на два доильных места имеет высокую надежность (в мире установлено около 300 тыс. шт.), снижает эксплуатационные расходы. Система нахождения сосков Vision2Milk имеет двойной контроль (лазер и видеокамера), высокую скорость подсоединения и эффективность благодаря точной системе обнаружения сосков с помощью уникальной технологии наведения, что сводит к минимуму количество неудачных доений. Применение системы Vision2Milk позволило снизить ошибочные подсоединения на 69% в среднем, а количество ручных подсоединений доильных стаканов уменьшилось на 28%. Стандартная комплектация робота имеет два вида подачи корма в кормушки с

возможностью расширения до четырех видов кормов (один из них жидкий).

Модификацией роботизированной установки для доения «RDS Futureline Elite» является мобильный робот-дояр «SAC RDS Futureline Elite», который предназначен для доения коров на пастбище. В холодное время мобильный робот устанавливается в коровник. Программное обеспечение TIM (Total Integrated Management) позволяет собирать данные о системе доения и передавать их на мобильные приложения [101, 102].

Новую концепцию построения роботизированных доильных систем в виде доильного центра, обеспечивающего оператору оптимальные условия работы со всем стадом, разработала компания «GEA Farm Technologies». Доильный центр – это не просто бокс, где доят коров, а рабочее место, где сконцентрированы все необходимые функции и оборудование, состоящее из основного модуля – доильного робота, системы охлаждения и танка-охладителя, секции ожидания, отбора и отела, комнат управляющего стадом и технической. Для реализации такой схемы построения доильного центра «GEA Farm Technologies» разработала многобоксовый доильный робот «Mlone» (рис. 71), конструкция которого позволяет расширить систему от одного до пяти доильных боксов и обслуживать поголовье от 65 до 260 дойных коров. По данным фирмы, с увеличением числа доильных боксов и объединением их в мультибоксовую систему существенно сокращается расход электроэнергии и воды на 1 т надоенного молока [89, 103].

Рис. 71. Многобоксовый доильный робот «Mlone» фирмы «GEA Farm Technologies»

В многобоксовой роботизированной доильной системе все боксы обслуживаются одной рукой-манипулятором, вакуумным насосом, управляющим компьютером, системой промывки, молочным фильтром, в результате электроэнергия используется с максимальной результативностью.

Для эффективного использования робота применяется принцип селективного отбора коров к доению (в стандартной комплектации оборудования). Животные, распознанные компьютером, как готовые к доению, направляются в секцию ожидания доильного робота. Все остальные – не готовые к доению животные, направляются непосредственно в секцию кормления. Это повышает пропускную способность доильного центра.

При входе в доильный бокс животное идентифицируется, а данные о нем запрашиваются в компьютере. После этого осуществляется позиционирование коровы путем автоматического перемещения кормушки (вперед-назад). С учетом индивидуальных потребностей животного в корме, рассчитанной для каждой коровы, корма дозируются в кормушку малыми порциями. Подключение доильных стаканов состоит из трех последовательно выполняемых действий: позиционирование модуля с доильными стаканами (каждый оснащен доильным модулем), определение месторасположения сосков вымени и подключение стаканов к соскам. Позиционирование доильного модуля осуществляется рукой-манипулятором, которая поочередно обслуживает все доильные боксы. Точные координаты сосков определяются трехмерной инфракрасной оптической камерой, размещенной на руке робота. Камера распознает форму и расположение отдельных сосков вымени и одновременно позицию доильных стаканов.

Доильные стаканы подключаются специальными кронштейнами модуля (на каждый стакан – по кронштейну) с пневматическим приводом. После подключения доильных стаканов рука-манипулятор освобождается от захвата доильного модуля, возвращается в исходное положение и используется для выполнения аналогичных операций в других боксах. При спадании стакана доильный модуль удерживает его на кронштейне модуля, благодаря чему стаканы не соприкасаются с полом. После подключения доильных стаканов выполняются очистка сосков, сдаивание первых струек молока, стиму-

ляция, доение, отключение. Во время очистки каждый сосок в течение 15 с очищается в доильном стакане водой и просушивается потоком воздуха. Затем происходит сдаивание первых струек молока, которое вместе с моющей водой удаляется из системы с помощью клапанного механизма.

В процессе доения молоко проверяется на электропроводность (опции – на цвет), что позволяет распознавать и отделять молоко нестандартного качества по каждой 1/4 вымени отдельно. Количество выдоенного молока определяется системой измерения DemaTron. По окончанию доения информация о молочной продуктивности каждого животного передается в компьютер. При пороговом значении молокоотдачи в каждой доле вымени система контроля молока, спустя установленное время ожидания, отключает подачу вакуума к соответствующему доильному стакану. Доильные стаканы, двигаясь под собственной массой вниз, мягко вертикально сползают с сосков и опускаются на кронштейнах в свои крепления. Для обеспечения гигиенических требований в системе выполняется три вида промывки: автоматическая после каждого доения; промежуточная в каждом из боксов – настраивается по времени (около 4 мин), количеству выдоенных коров или индивидуально для определенных животных; основная или системная – рекомендуется выполнять не менее 2 раз в сутки длительностью около 25 мин.

Вся наиболее важная информация (по решению оператора) передается на мобильный телефон, поэтому для управления стадом нет необходимости постоянно находиться на рабочем месте. Информация может передаваться непосредственно в RDM (систему управления данными «Mlone») или в программу DairyPlan C21 (поставляется как опция). Робот «Mlone» может оснащаться также устройством Rescounter II для контроля активности животного и распознавания периода охоты (в виде опции).

Программное управление позволяет получить следующие данные: число доений в день и на одно животное, надой от животного и за одно доение, проводимость и цвет молока по долям вымени, время и длительность доения, прием концентрированных кормов на одно животное, наличие проблемных животных, контрольную информацию по оборудованию.

Исследования показывают, что животные достаточно быстро привыкают к доению роботом и самостоятельно посещают доильный бокс. При этом увеличивается частота доений животных (у высокопродуктивных коров – до 4 и более раз в сутки), что благотворно сказывается на здоровье вымени животного.

Однако при формировании стада приходится отбраковывать 5-15% коров, так как не все коровы пригодны к роботизированному доению, что ставит новые задачи перед специалистами, занимающихся племенной работой.

К наиболее часто встречающимся недостаткам в работе роботизированной доильной техники относятся проблемы в работе манипулятора: ненадежное распознавание сосков вымени; ошибки в работе программного обеспечения; загрязнение и закупоривание навозом доильных стаканов, молочных шлангов, приборов измерения расхода молока и камеры; скрученные молочные шланги и др. [96].

При использовании автоматической системы доения проекты коровников должны учитывать суточный режим дня и физиологические потребности животных, которые совершают многократные перемещения по помещению для доения 3-5 раз в сутки, для кормления – в среднем 7 раз [89].

Кроме того, отдельные роботы не решают проблемы доения в крупных хозяйствах. Оптимальное число животных, которых может обслужить однобоксовый робот, в среднем составляет 55-70 голов. Даже самый «широкозахватный» робот-дояр, имеющий пять постов одновременного доения («GEA Farm Technologies»), способен ежесуточно обслуживать стадо, насчитывающее не более 220-260 голов.

Сложившаяся ситуация создала рынок для появления принципиально нового продукта, сочетающего плюсы роботизированного доения (точность операций, избавление от рутины, кадровая независимость) и быстроту обслуживания больших поголовий (одновременное доение более 200 животных). Этим продуктом, который представляет собой комбинацию автоматизированного доения и промышленного производства молока, стала так называемая роботизированная «карусель», т.е. роторная установка, где животных доят одновременно большими группами, но при этом операции по обработке вымени проводятся роботами-манипуляторами, смонтированными на «карусели» [104].

На первом посту, как только корова ступила на «карусель» и ридер считал ее идентификационный номер, проводится подготовка сосков к доению. Эту операцию выполняют последовательно «две руки»: одна обмывает вымя, стимулирует и сдаивает первые струйки молока из задних сосков, другая проделывает то же самое с передними сосками. Затем «в две руки» попарно прикрепляются доильные стаканы: первую пару ставит один манипулятор, предварительно просканировав вымя, вторую – другой. А по завершении доения, когда корова почти подъехала к выходу из «карусели», эстафету перенимает третий манипулятор: он обрабатывает соски после доения дезинфицирующим раствором.

Пионерами в создании роботизированных альтернатив «карусели» выступили европейские разработчики. Компания «DeLaval» разработала первую интегрированную автоматизированную доильную установку типа «карусель» на 24 места (рис. 72), оснащенную пятью роботами, Automatic Milking Rotary (AMR) [105, 106].

Рис. 72. Роботизированная «карусель» AMR

Роботизированная «карусель» AMR представляет собой стойла, расположенные по кругу, как на «елочке» – под углом к центру, где установлены три поста с манипуляторами, осуществляющими доение. Универсальность нового продукта заключается в том, что появляется возможность постепенного наращивания его автоматизированного оснащения. Отдельные модули позволяют сначала автоматизировать один пост, к примеру, установить только робота, обрабатывающего соски после доения, а преддоильные операции оставить человеку. Со временем можно занять автоматами все три поста и отказаться от услуг доярок. Заявленная производительность этой системы составляет до 1600 доений в день, т.е. при ежедневной бесперебойной эксплуатации в течение 18-19 ч производительность AMR может достигать 90 коров в час. Это соответствует времени

вращения «карусели» с 24 местами в течение 16 мин, чего вполне достаточно для выдаивания высокопродуктивных коров. Одна система AMR рассчитана на дойку до 800 голов в день при двухразовом доении.

Рис. 73. Роботизированная «карусель» DairyProQ компании «GEA Farm Technologies»

Почти одновременно с «DeLaval» свою концепцию роботизированной доильной «карусели» представила компания «GEA Farm Technologies» (рис. 73).

Эта разработка, получившая название DairyProQ, принципиально отличается тем, что роботами-манипуляторами оснащены все доильные посты «карусели». Все операции с выменем (обработка сосков перед доением, прикрепление стаканов, дезинфекция после доения и др.) осуществляются, как и в индивидуальных боксах, одной «рукой». Также автоматически выполняются промежуточная дезинфекция доильных стаканов и их очистка снаружи в промежутке между доениями, что предотвращает передачу инфекции от одной коровы к другой. В качестве опции поставляются кормушки, т.е. доение животного происходит полностью индивидуально на каждом доильном посту. Для коров с «особенными потребностями» есть режим полуавтоматического или ручного доения.

Как и у «DeLaval», оснащать DairyProQ доильными роботами можно постепенным наращиваем мощности. Главным плюсом DairyProQ является максимально высокая производительность: доильные боксы могут монтироваться на «карусели», насчитывающей от 16 до 80 мест. Каждое место для доения может быть дооборудовано модулем-манипулятором, их устанавливают на разделители для каждой коровы, т.е. любую промышленную «карусель», в том числе и других производителей, можно полностью либо частично роботизировать. Кроме того, наличие роботов на каждом доильном посту выгодно с точки зрения надежности. Если по какой-то причине вы-

шел из строя или встал на профилактику один из роботов в боксе, то «карусель» продолжит движение. В случае если сломался робот, обслуживающий все посты, установка работать не будет.

Над созданием роботизированных «каруселей» работают и другие ведущие фирмы – «BouMatic», «Dairymaster», «Europe Dairy Systems» и др. Так, крупнейший американский производитель доильного оборудования «BouMatic» разрабатывает автоматизированные доильные «карусели» для коров начиная с частично автоматизированных решений (например, с установкой спрей-роботов). Такие частично роботизированные установки обслуживают стада в 1200 и 2000 голов с потенциалом расширения.

Компания «Dairymaster» интегрировала технологии искусственного интеллекта в процесс машинного доения коров. Инновация представляет собой настоящий прорыв с точки зрения продолжительности доения, принятия обоснованных решений и управления доением с помощью единой централизованной системы. Современный цифровой интерфейс предоставляет оператору доильного аппарата всеобъемлющую информацию и полный контроль над процессом доения [107].

Opticruise – одна из функций системы Mission Control – использует элементы искусственного интеллекта для максимального повышения пропускной способности доильного зала. Благодаря контролю скорости вращения карусели на основании многопотоковых данных, получаемых в интерактивном режиме, каждое стойло в карусели и доильный аппарат используются с максимальной производительностью.

Эффект от внедрения технологии:

- продолжительность дойки сокращается на 30%, что обеспечивает меньший износ доильного оборудования;
- сокращается время ожидания коров перед доением, что приводит к улучшению условий содержания и более гуманному обращению с животными;
- за счет сокращения времени работы доильного аппарата снижается объем потребления электричества и воды;
- повышается окупаемость инвестиций;
- рост поголовья в стаде не приводит к увеличению времени доения.

В настоящий момент в мире установлено семь AMR-систем компании «DeLaval». Помимо тестовой модели в Швеции (ферма «Odensviholm» на 480 коров), на которой система оттачивала работу с 2009 г., две из них работают на фермах «Levsta» (Швеция, 163 головы) и «GalaFarm» (Тасмания, 330 голов) с 2011 г. Фермы «Lapгoma» (Германия, 360 голов) и «Ottenby» (Швеция, 160 голов) эксплуатируют AMR с 2013 г. Еще две немецкие компании проводят пусконаладочные работы роботизированной «карусели» от «DeLaval»: ферма «Gersdorf» на 400 голов и ферма «Kamsdorf» для обслуживания 700 дойных коров.

Две установки DairyProQ от «GEA Farm Technologies» (на 42 и 28 доильных постов) отработали по два года на немецких фермах, где автоматические мощности наращивались постепенно, начиная с 20%-ного оснащения. А со второй половины августа 2014 г. компания «GEA Farm Technologies» приступила к строительству и монтажу доильной карусели на 72 места на ферме «Mlsna East Town Dairy» (штат Висконсин, США).

По данным европейских институтов, в том числе Технологического университета Трали (Ирландия), «Fraunhofer IPA» (Германия) и «IRIS» (Испания), в ЕС на настоящий момент работает 126 тыс. хозяйств, поголовье которых составляет порядка 50-70 голов, и свыше 2 млн ферм, имеющих стадо менее 50 голов. Этот кластер фермеров является потенциальным заказчиком роботов индивидуального доения. Он будет расширяться еще в течение многих лет и не только на территории ЕС [105].

Уборка навоза

Удаление навоза из животноводческих помещений – один из наиболее трудоемких процессов на ферме. В связи с этим для сокращения затрат труда и обеспечения качественной и своевременной уборки навоза в животноводческих помещениях за рубежом разрабатываются автоматизированные системы навозоудаления.

Конструктивное исполнение навозоуборочных роботов зависит главным образом от их целевого назначения, т.е. виды навозных проходов, для уборки которых они предназначены – со сплошными или щелевыми полами. Так, для очистки навозных проходов со сплошными полами

используются скреперные роботизированные установки, обеспечивающие сбор навоза с их поверхности и транспортировку всей этой массы к поперечному сборному навозному каналу. Автоматизированные навозоуборочные системы такой конструкции выпускают ряд ведущих производителей. Так, французская фирма «Sermap Sas» для уборки подстилочного и бесподстилочного навоза из навозных проходов со сплошными полами разработала автономную скреперную установку Scarabeo, основными частями которой являются скрепер с регулируемыми боковыми лопастями, блок управления, зарядное устройство и направляющий профиль (рис. 74) [88, 108].

а *б*

Рис. 74. Общий вид роботизированного скрепера Scarabeo (а) и в работе (б)

Корпус скрепера установлен на колесах, приводимых в движение от мотор-редуктора с двумя аккумуляторными батареями. При возврате в исходное положение скребки на корпусе скрепера и боковых лопастях автоматически приподнимаются. На конечной станции аккумуляторы заряжаются от зарядного устройства. Задание направления перемещения установки осуществляется за счет взаимодействия направляющего профиля скрепера с желобом, выполненным в навозном проходе помещения. Это позволяет перемещать установку по кривому радиусу до 4 м. Кроме того, при разветвлении навозных проходов предусмотрена возможность использования системы стрелок (по аналогии с железнодорожными путями) и уборки навоза поочередно из каждого из них. Блок управления обеспечивает работу

установки в полностью автоматическом режиме по установленной программе с возможностью дистанционного управления рабочим процессом. Безопасная эксплуатация робота обеспечивается за счет функции его остановки при столкновении с препятствием. Одна установка может выполнять уборку навоза из нескольких навозных проходов длиной до 100 м (табл. 11).

Таблица 11

Размеры скреперных установок и навозных проходов

Размеры установки			Длина навозного прохода, м при уборке навоза	
корпус, мм	раздвижные балки, мм	рабочая ширина, м	беспод-стилоч-ный	подстилочный (максимальное содержание подстилки – 2 кг на одну корову в сутки)
1600×550×280	400	1,7-2,49	60	30
2200×500×280	650	2,5-2,75	80	45
2200×500×280	1050	2,76-3	80	45
2200×500×280	1450	3,01-3,5	80	45
2700×500×280	1450	3,51-4	100	60
2700×500×280	2350	4,01-5	100	60

Рис. 75. Робот мод. Lely Discovery 120 Collector

Лидер в инновационных технологиях роботизированных систем – фирма «Lely» (Нидерланды) – продолжила свои разработки по созданию роботизированных систем для животноводства. На смену мод. Lely Discovery 90S и 90SW (для щелевых полов) пришла мод. Lely Discovery 120 Collector для сплошных полов (рис. 75, табл. 12) [109].

Таблица 12

Техническая характеристика робота Lely Discovery 120 Collector

Показатели	Значения
Вместимость емкости для навоза, л	340
Объем воды в мешках, л	70
Площадь очистки при размещении 100 коров, м^2	500
Энергопотребление в день, кВт	3,0
Сухая масса, кг	370
Габаритные размеры, мм	1411×1188×606

Новый робот не сдвигает навоз, как трактор, скрепер или Lely Discovery 90, а собирает его. Собранный навоз доставляется на место сбора. Это позволяет обходиться без щелевых полов, экономя на этом при строительстве коровника. Не требуется делать в полу углубления или канавки для прохода скрепера и стока навоза.

Ровный пол повышает комфортность содержания коров. На нем нет высоких кромок, через которые должны переступать животные и фермер, поэтому здоровье коров улучшается, прежде всего состояние их копыт, а скользкость пола снижается. Настраиваются зона и расписание очистки навоза.

Робот может проходить за коровами, стоящими у кормового стола, что снижает беспокойство, доставляемое животным при уборке. При внедрении робота не должно быть ступенек, недопустим большой уклон в зоне его работы. Lely Discovery 120 работает по принципу пылесоса. В его корпусе емкостью до 340 л расположены мешки с водой, которую робот расходует в процессе уборки, разбрызгивая через форсунки впереди и позади себя, разжижая навоз, «засасывая» его во внутренний контейнер, и одновременно моет за собой полы. Поглощенный навоз сливается в специальную яму (рис. 76).

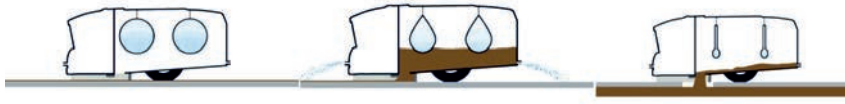


Рис. 76. Принцип работы Lely Discovery 120 Collector

На Lely Discovery 120 установлен радар, способный замечать препятствия (корову, человека) и обходить их. Новый аппарат автономный, по мере надобности он самостоятельно находит электрическую розетку и источник воды. В 2017 г. Lely Discovery 120 начал работать в Калужской области.

При уборке навоза из навозных проходов, оборудованных щелевыми полами, основными функциями используемых технических средств является сбор и проталкивание навозной массы через щели в подпольное пространство, где она накапливается или удаляется с помощью механических или гидравлических систем. Это обусловило разработку для очистки щелевых полов мобильных роботов, работающих в автономном режиме, которые имеют компактную конструкцию и оснащены электроприводом с энергоснабжением от аккумуляторных батарей, программируемой системой управления и рабочим органом, в качестве которого чаще используется фронтальный поперечный скрепер.

Рис. 77. Робот для уборки навоза Srone

Навозоуборочный робот Srone для щелевых полов разработан канадской компанией «GEA Farm Technologies» (рис. 77) [110].

Основные элементы робота размещены на шасси с двумя большими приводными колесами и одним маленьким направляющим колесом. Энергоснабжение электропривода осуществляется от аккумуляторных батарей, емкость которых обеспечивает работу робота в течение 19,5 ч в сутки. При такой продолжительности работы и рабочей скорости передвижения 4 м/мин робот может очищать от навоза поверхность решетчатых полов в животноводческих помещениях до 8 раз в сутки на площади 6000-8600 м^2. Зарядная станция, входящая в комплект оборудования, за счет наличия функции быстрой зарядки позволяет всего за 4,5 ч (в основном в ночное время) производить полную зарядку аккумуляторных батарей. Srone может сделать полный разворот в проходе шириной 2 м. Робот имеет высокое толкающее усилие – до

100 кг, массу – 400 кг. Благодаря встроенному предохранителю робот в случае возникновения препятствия на пути мгновенно останавливается и меняет траекторию движения.

Навозоуборочный робот RS 250 шведской фирмы «DeLaval» аналогичен по конструкции роботу Srone. Программирование маршрута передвижения осуществляется как вручную, так и с применением контроллера. Емкость батарей аккумуляторов робота PS 250 позволяет очистить щелевые полы с проталкиванием навоза 5 раз в сутки без подзарядки, что обеспечивает обслуживание примерно 250 животных беспривязного содержания.

Примерно такие же показатели имеет модель навозоуборочного робота RS420S для уборки навоза с поверхности навозных проходов, оборудованных щелевыми полами, фирмы «DeLaval» (рис. 78) [111]. На шасси робота размещены электропривод с энергоснабжением от аккумуляторных батарей, фронтальный скрепер и автоматическая система управления с интегрированной функцией безопасной эксплуатации. Программирование маршрута передвижения RS420S – с использованием портативного контроллера.

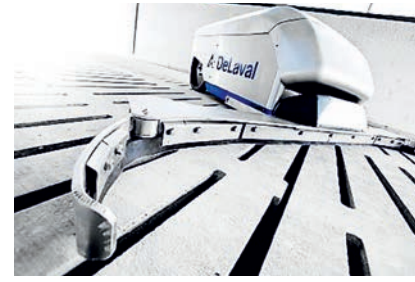


Рис. 78. Навозоуборочный робот RS420S фирмы «DeLaval»

Емкость батарей аккумуляторов робота RS420S позволяет производить очистку щелевых полов от навоза 5 раз в сутки без подзарядки в помещении с содержанием до 250 коров.

Навозоуборочный робот для щелевых полов PriBot, разработанный компанией «Peter Prinzing GmbH», является усовершенствованным, самоходным скрепером для очистки щелевых полов (рис. 79, 80, табл. 13) [112]. Система удаления навоза состоит из робота, пульта дистанционного управления и зарядной станции. PriBot является свободно программируемым, дистанционно управляемым прибором, с автоматически заряжаемой батареей. Робот имеет удобный, эргономичный ручной блок управления с джойстиком и большим дисплеем.

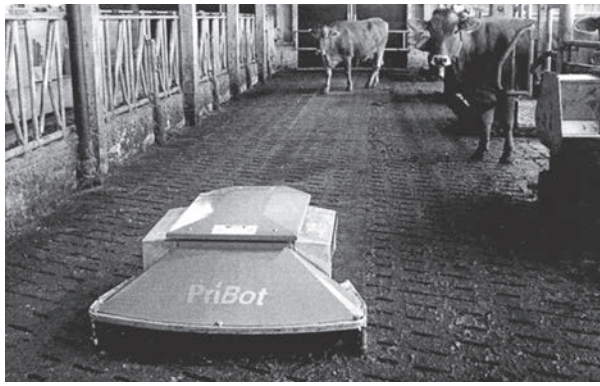


Рис. 79. Общий вид робота для уборки навоза PriBot

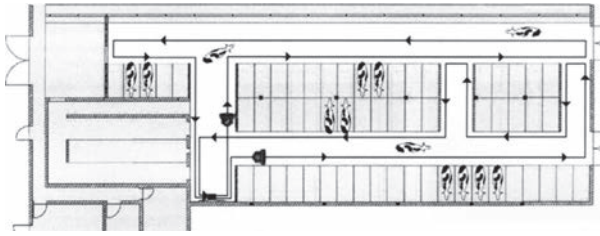


Рис. 80. Пример маршрута для робота PriBot

Таблица 13

Техническая характеристика робота PriBot

Показатели	Значения
Привод, электродвигатели	2
Источник тока, гель-батареи 110 Ah	2
Скорость очистки, м/мин	Около 3
Ширина захвата, мм	1200
Масса, кг	380
Габаритные размеры, мм	1110×1250×530

Компанией «JOZ» (Нидерланды) разработана безопасная и бесшумная система JOZ-Tech для решетчатых полов, которая движется в проходе с контролируемой скоростью до тех пор, пока не будет чисто во всех уголках коровника. Роботы используют запатентованную сенсорную технологию, отличаются своей практической выгодой для фермеров и внешней отделкой, качеством и гибкостью. Они гигиеничны и безопасны для животных [113].

JOZ-Tech (рис. 81) очень маневренный, может вращаться вокруг своей оси благодаря чему тщательно чистит даже самые узкие проходы и их пересечения. Уникальная система управления JOZ-Tech не оставляет в конце навозной аллеи никаких остатков навоза.

Рис. 81. Робот для уборки навоза JOZ Tech

Робот JOZ Tech, как и предыдущие аналоги, состоит из шасси, электропривода, аккумуляторных батарей, автоматической системы управления и скрепера.

Аккумуляторы большой емкости заряжаются автоматически специальным зарядным устройством, размещаемым в любом месте помещения. Программное обеспечение системы управления робота в автоматическом режиме обеспечивает перемещение по установленному маршруту (за счет установленных в полу проходов датчиков), установленную периодичность уборки, аварийный останов и др. При необходимости робот самостоятельно находит альтернативные пути движения, если какие-либо препятствия делают невозможным его следование по запрограммированному маршруту. Для перемещений робота можно использовать портативный электронный прибор для дистанционного управления работой JOZ-Tech.

Система управления имеет модем для беспроводной связи через интернет с центральным пультом управления фермы, поэтому информация о всех сбоях и аварийных ситуациях сразу поступает в диспетчерскую. При перемещении со скоростью 4 м/мин, продолжительности работы 18 ч и ширине захвата скрепера 190 см (изменяется в пределах 130-190 см) робот за сутки может очистить 8000 м^2 поверхности решетчатых полов в проходах животноводческого помещения.

При уходе за боксами для лежания часто требуется ручной труд. Компания «Peter Prinzing GmbH» значительно усовершенствовала свой автономно движущийся скребок для решетчатого пола PriBot, адаптировав его к уходу за автономными боксами для лежания. Робот

MultiRob (рис. 82) оснащен щеткой для уборки задней трети бокса, а также устройством для распределения подстилки [114].

Рис. 82. Робот-уборщик MultiRob

5. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

5.1. Тракторы

В конструкциях современных тракторов реализуются технические решения, способствующие повышению технико-экономических и экологических показателей, улучшению управления машинно-тракторными агрегатами и созданию удобств механизаторов. При этом одна из основных тенденций – внедрение информационных и управляющих систем, обеспечивающих минимальное вмешательство оператора в управление машинно-тракторным агрегатом.

Все ведущие тракторостроительные фирмы работают над созданием и совершенствованием многофункциональных бортовых компьютеров (терминалов), которые в зависимости от программного обеспечения и конфигурации, датчиков и исполнительных устройств могут выполнять множество функций, в том числе узкого назначения.

Специальные программы анализируют информацию о соответствии заданным технологическим и техническим параметрам выполняемого процесса в режиме реального времени и подают управляющие воздействия для коррекции работы рабочих органов, орудий, агрегата в целом, а также оператору машины и на сервер для продолжения работ или необходимости проведения соответствующих регламентов.

Универсальным терминалом (рис. 83) является терминал S10 фирмы «Claas», контролирующим и управляющим рабочими функциями тракторов и самоходных машин [115].

Рис. 83. Вид экрана терминала S10

Сенсорный экран размером 26,4 см по диагонали имеет высокое разрешение. Для управления и обмена данными с программными пакетами AGROCOM NET и AGROCOM MAP терминал S10 оснащен интерфейсом USB. Встроенный в корпус терминала двухчастотный приемник обеспечивает прием корректирующих сигналов (OmniSTAR, Baseline, RTK) для параллельного вождения. В качестве базового сигнала предварительно сконфигурирован сигнал EGNOS/E-DIF.

Кроме параллельного вождения, устройство обеспечивает выполнение других функций. Так, функция автоматического разворота на краю поля Auto TURN значительно повышает производительность полевых работ за счет быстрого поворота и точного попадания агрегата на следующий проход. Упрощается также выполнение разворотов в условиях недостаточного освещения, тумана или пыли. Эта функция установлена в терминале на заводе и активируется с помощью лицензионного кода.

Терминал S10 благодаря стандартным разъемам ISO UT и ISO AUX управляет всеми навесными орудиями, совместимыми с ISOBUS, которые отвечают требованиям стандарта ISO 11783. Формы ввода данных отображаются в отдельных окнах меню, которые можно увеличивать, уменьшать и перемещать на экране. Функция Section View указывает, какие секции опрыскивателя машины для внесения удобрений или сеялки необходимо отключить. В зависимости от используемого навесного оборудования можно задать до 16 секций любой ширины. Также можно регулировать степень перекрытия.

К терминалу дополнительно подключаются четыре камеры, на экране по очереди открываются отдельные окна приложений или окна камеры, а при необходимости на экран одновременно выводится изображение с камеры в виде полной передачи или со всех четырех камер синхронно (на выбор). На главном экране положение окна камеры можно выбирать произвольно посредством простого перемещения. Наличие этой функции требует меньшего числа мобильных терминалов в кабине, что обеспечивает экономию затрат.

Предлагаются два варианта функции на выбор «Управление задачами»: базовая TC и TC Geo. На рабочем компьютере в офисе в

разделе «Управление задачами» создается подробный алгоритм работы для определенного участка поля и конкретного трактора, при необходимости, механизатор может в любое время изменить и оптимизировать поставленные задачи непосредственно на терминале S10. Вся информация передается с трактора в офис на центральный компьютер, аккумулируется и обрабатывается там, чтобы использоваться при постановке новых задач в будущем.

Терминал S7 служит базовым терминалом для ручного и автоматического параллельного вождения (рис. 84) [116]. На дисплее (диагональ – 17,8 см) с высоким разрешением и сенсорным экраном доступны функции Auto TURN, Section View, управление заданиями и опорными линиями.

Рис. 84. Терминал S7

Встроенный в корпус терминала двухчастотный приемник обеспечивает прием корректирующих сигналов OmniSTAR, Baseline и RTK. В качестве базового сигнала предварительно сконфигурирован сигнал EGNOS/E-DIF, перечень сигналов можно дополнительно расширить путем активации в меню терминала. При использовании системы ICT (Implement Controls Tractor) трактор и агрегатируемая машина образуют автоматически управляемую рабочую единицу. ICT использует рабочие параметры машины для управления скоростью трактора в оптимальном диапазоне через интерфейс ISOBUS. При этом механизатор, например, при работе с пресс-подборщиком, может выбирать любой критерий в диапазоне от «Максимальная производительность» до «Качество тюков». При неисправностях и перегрузке агрегата вал отбора мощности автоматически отключается.

В системе параллельного вождения GPS PILOT, управляемой посредством GPS и корректирующих сигналов, используются терминалы Copilot, S7 и S10.

Терминал Copilot применяется только при ручном управлении машиной [117]. Светодиодная полоса на дисплее терминала показывает направление движения. С помощью бесплатного корректирующего сигнала EGNOS ее точность составляет 15-30 см. Терминалы

S7 и S10 в отличие от Copilot обеспечивают также автоматическое параллельное вождение при комплектации машины автоматическим электрическим рулевым колесом (GPS PILOT FLEX) или пропорциональным клапаном, датчиком угла поворота рулевого колеса и навигационным контроллером для управления с помощью гидравлики.

Рис. 85. Электронная система CEBIS

Электронная система CEBIS, используемая на тракторах фирмы «Claas», предназначена для информирования, управления и контроля (рис. 85) [118].

Отличается логичной структурой меню, информация о движении или режимах работы выводится на экран размером 21 см. Предупреждения сопровождаются акустическим сигналом и оптическим символом с соответствующим текстом. Базовые настройки в режиме работы выполняются поворотным переключателем, положение которого отображается на экране. Дополнительная кнопка быстрого доступа Hotkey обеспечивает переход к дополнительным функциям. Навигация в меню и изменение значений выполняются с помощью инкрементального датчика или кнопки быстрого доступа Hotkey соответственно. Меню режима движения отображает строку меню, скорость движения и обороты двигателя, информацию о движении, индикацию уровня топлива, температуры и воздуха, а меню рабочего режима – состояние задней навески и гидравлики, назначение функциональных кнопок F1-F8 на многофункциональном джойстике, окно сообщений, регулируемый диапазон индикации, изменение диапазона индикации в зависимости от выбранного пункта меню. Система CEBIS позволяет задать до 20 навесных орудий, что избавляет от необходимости проведения работы по настройке при их замене. Для документирования проделанной работы можно создать и сохранить до 20 заданий. После ввода ширины захвата начинается учет площади и индикация расхода топлива на 1 га.

Интегрированная в монитор CEBIS система CSM (Claas Sequence Management) позволяет программировать последовательность вы-

полнения действий и траекторию движения трактора на разворотной полосе, которые затем автоматически выполняются нажатием кнопки. Алгоритм записывается в зависимости от расстояния или от времени (по выбору).

Для оптимальной настройки трактора и агрегатируемой машины разработана система помощи механизатору CEMOS (рис. 86).

Рис. 86. Система помощи механизатору CEMOS

Это интерактивная система, содержит базу данных по выполняемой работе и руководит действиями механизатора в формате диалога с использованием пользовательского интерфейса терминала CEBIS с сенсорным экраном с учетом соответствующих рабочих задач и условий окружающей среды.

Система первоначально поддерживает механизатора при выполнении базовых настроек, затем проверяет их в реальных условиях работы и проводит оптимизацию. Механизатор в зависимости от рабочей ситуации может отклонить или принять предложения по оптимизации. При необходимости механизатор может также настроить подсистемы трактора, например, систему управления поворотом на краю поля.

Монитор центра управления Datatonic фирмы «Massey Ferguson» представляет собой 7-дюймовый цветной монитор (рис. 87) [119]. Он установлен на правой стороне кабины и отображает важные сведения о тракторе, сохраненные настройки и задания, а также обеспечивает автоматизацию режима поворотной полосы, управление прицепным обо-

Рис. 87. Монитор Datatonic

рудованием (TIC). Совместим со стандартом ISOBUS и может быть оборудован видеокамерой.

Доступно два режима круиз-контроля (SV1 и SV2), что позволяет оператору одним нажатием кнопки выбирать необходимую рабочую скорость или скорость при движении на поворотной полосе.

Рис. 88. Терминал Datatronic 5

Эта же фирма оборудует тракторы многофункциональным терминалом Datatronic 5 (рис. 88) [120].

Терминал поддерживает стандарт ISOBUS, оснащен 9-дюймовым сенсорным экраном, дает оператору полный контроль над функциями трактора. Снабжен четырьмя функциональными кнопками: подтверждения (OK), возврата (Return), главного экрана в полноэкранном режиме для доступа к функциям трактора, системе автоматического вождения и видеокамеры (Main Screen Mode). Имеет кнопку разделения экрана для одновременного отображения двух функций (Half display screen). Наиболее важный экран отображается по центру дисплея, а по сторонам выводятся активированные функции и системы. Переход между четырьмя экранами (карта, главный экран, видеокамера и оборудование стандарта ISOBUS) осуществляется движением пальцев, что гарантирует мгновенный доступ к наиболее важным сведениям. Терминал Datatronic 5 служит интерфейсом для системы автоматического вождения AutoGuide. Режим Go Mode позволяет быстро настраивать параметры движения, задавать и сохранять ширину навесного оборудования и выбирать траекторию движения: прямолинейное, по адаптивной кривой, по кругу, по кривой. Предусмотрено три уровня точности, которые зависят от спецификации спутниковых приемников. Пользователи терминала Datatronic 5 могут заказать полный комплект технологий точного земледелия. В этом случае набор программных продуктов объединяется в систему, обеспечивающую картографирование, автоматическое управление секциями, изменение нормы внесения, регистрацию данных и всесторонний контроль оборудования посредством телеметрической системы.

Базовая версия терминала легко обновляется: при необходимости пользователи могут добавлять элементы по отдельности для удовлетворения текущих потребностей. Функция TaskDoc обеспечивает регистрацию данных, ведение журналов обработки полей и расхода топлива, составление рабочих отчетов и контроль внесения материалов на каждый гектар. Эта информация передается из терминала Datatronic 5 по технологии беспроводной связи для последующего использования и анализа в системе управления сельскохозяйственным предприятием. Функция TaskDoc Pro расширяет доступные данные дополнительными сведениями о местоположении, определяемом посредством GPS. Информация передается в режиме реального времени, где данные отправляются в виде файлов ISOXML. Система AgControl терминала помогает фермерам и подрядчикам снизить затраты благодаря функции контроля секциями, которая обеспечивает точный посев семян и внесение твердых и жидких удобрений без перекрытия. За счет картографирования система GPS автоматически осуществляет разбивку на 24 отдельные секции и не затрагивает ранее обработанные участки. Система AgCommand – комплексная система контроля оборудования и техники. В ее основе лежит технология телеметрии, обеспечивающая постоянную связь между машинами и ПК в офисе или мобильными устройствами. Вся информация отображается на веб-странице и хранится на специальных серверах. При необходимости можно заказать второй экран Datatronic 5. Он будет полезен при выполнении работ, когда оператору приходится следить не только за разнообразной информацией и настройками, но и за функциями машины. Терминал позволяет контролировать систему вождения Auto-Guide и контроль секций, а также вводить данные на одном экране при одновременном отслеживании функций трактора на втором.

Для управления двигателем и коробкой передач Dyna-VT на тракторах серии MF 7700 фирмы «Massey Ferguson» используется электронная система управления DTM (Dynamic Tractor Management – динамическое управление трактором), которая обеспечивает автоматическое регулирование частоты вращения двигателя и изменение передаточного отношения в трансмиссии в зависимости от скорости и нагрузки [2]. Она оптимизирует нагрузку на двигатель и трансмис-

сию с сохранением заданного скоростного режима и снижает расход топлива. Система удерживает частоту вращения коленвала двигателя от 1000 до 2100 мин$^{-1}$, однако можно вручную задать нижнее и верхнее предельное значение диапазона. На тракторах с коробками передач Dyna-6 и Dyna-VT предусмотрена возможность включения функций круиз-контроля (поддержания заранее установленной скорости) C1 и C2 соответственно для выполнения работ в поле и движения на разворотной полосе. Функция SpeedSteer позволяет оператору регулировать передаточное число рулевого управления и выбирать число поворотов руля, необходимое для более быстрого поворота передних колес. Эту функцию можно включить или отключить. При движении со скоростью выше 18 км/ч для обеспечения безопасности функция автоматически отключается.

Компания «Fendt» на всех сериях тракторов: от «Fendt 500 Vario» до «Fendt 1000 Vario» устанавливает терминалы Varioterminal 7-B и Varioterminal 10.4-B в формате смартфона (рис. 89), которые позволяют оператору управлять агрегатируемыми машинами через единый интерфейс [121].

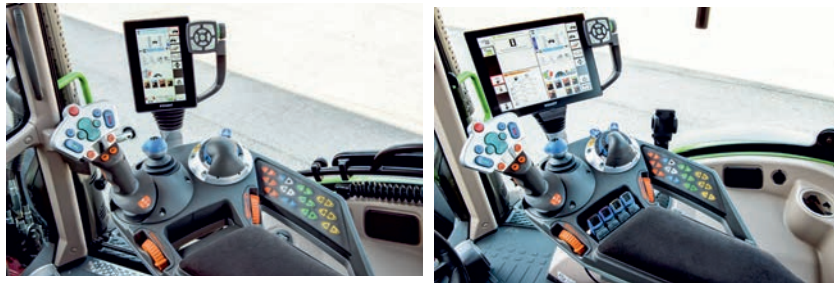


Рис. 89. Терминалы Varioterminal 7-B (слева) и Varioterminal10.4-B (справа)

С помощью Varioterminal 7-B в дополнение к управлению основными функциями трактора можно также управлять совместимыми с ISOBUS навесными орудиями и программировать управление разворотом (фукнкция VariotronicTI). Терминал Varioterminal 10.4-B, экран которого почти в 2 раза больше, имеет, кроме этого, два порта для камеры, функции системы автоматического вождения (VarioGuide), до-

кументирования (VarioDoc) и передачи данных через Bluetooth в одном устройстве. В нем отображение осуществляется в полноэкранном режиме, в виде разделенного экрана или четырех отдельных окон.

Терминал может отображать данные различных приложений для использования их в других функциях. Терминал в исполнении PowerPlus и ProfiPlus имеет возможность автоматического распознавания поля. Если эта функция включена, соответствующее поле может быть автоматически обнаружено либо путем обхода участка, либо через ProfiPlus по картотеке посевных площадей в системе документирования VarioDoc. С помощью системы документирования VarioDoc можно передавать задания из картотеки на трактор через Bluetooth вместе с курсовыми линиями и границами полей.

В терминалы интегрирована система автоматического вождения VarioGuide в варианте Professional Plus, которая позволяет выбирать между приемниками Trimble или Novatel. В зависимости от приемника поддерживаются различные виды корректирующих сигналов, например, EGNOS/WAAS или RangePointTM RTX, CenterpointTM RTX, NTRIP. Существующие сети Trimble RTK, такие как NTRIP и радио, также могут использоваться. При потере корректирующего сигнала VarioGuide надежно работает в течение 20 мин с точностью RTK на основе технологии Trimble xFill. В зависимости от системы автоматического вождения и служб коррекции VarioGuide может работать с точностью от 20 до 2 см.

В конструкции универсальных тракторов серии 1050 Vario фирмы «Fendt», состоящую из четырех моделей мощностью от 291 до 380 кВт использованы передовые технические решения: бесступенчатая трансмиссия полного привода VarioDrive, система контроля и регулировки давления в шинах VarioGrip Pro и интеллектуальная система помощи оператору Grip Assistant. VarioDrive – бесступенчатая трансмиссия с системой разветвления мощности нового поколения (рис. 90) [2]. Ее конструкция при оставшемся общем принципе работы (двухпоточная гидрообъемная передача) подверглась изменениям. Благодаря им она устраняет дисбаланс силового потока, возникающий во время движения на поворотной полосе на скорости до 25 км/ч при активном полном приводе, так как колесам необходимо преодолеть различный путь на повороте.

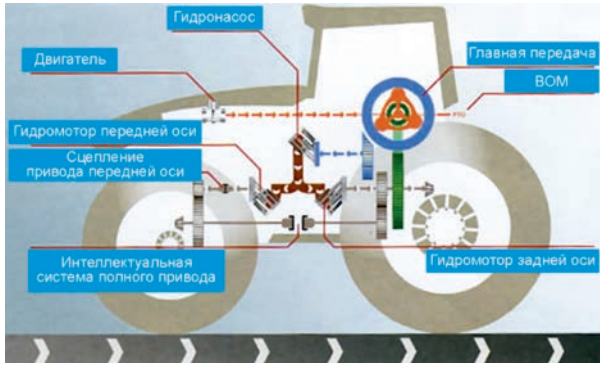


Рис. 90. Схема работы трансмиссии VarioDrive

Поскольку привод на передний мост является активным и не имеет фиксированного передаточного числа, то появилась возможность на повороте передать ему больший силовой поток. Благодаря этому при прохождении поворота активный передний привод «вытягивает» трактор в сторону поворота.

Функцию межосевой блокировки выполняет «интеллектуальная» многодисковая муфта, которая соединена с передним и задним мостами. Она срабатывает автоматически. Степень блокировки зависит от условий работы. При высокой разности частот вращения колес переднего и заднего мостов и высоком уровне давления в гидросистеме трансмиссии (например, во время проведения почвообработки или в начале движения) происходит полная межосевая блокировка.

За управление работой многодисковой муфты отвечает специализированный программный модуль на основе данных, полученных от различных датчиков (частоты вращения, давления в системе, угла поворота колес). Как и на других тракторах фирмы «Fendt» здесь функционирует система регулировки максимальной нагрузки в автоматическом и ручном режимах, обеспечивающая оптимальный уровень частоты вращения коленчатого вала двигателя в зависимости от потребности в мощности.

От давления в шинах трактора зависят буксование, повреждение и уплотнение почвы, расход топлива. При выполнении работ, связанных со сменой полевых условий движения на дорожные, возникает необходимость в подкачке шин, на что затрачиваются время и топливо из-за работы двигателя на повышенной частоте вращения

коленчатого вала. Система VarioGrip Pro позволяет за 30 с увеличить давление в шине трактора с 0,8 до 1,8 бар. Это возможно благодаря оригинальной шине AirCell, в которой есть дополнительная внутренняя камера высокого давления, занимающая примерно 30% объема внешней шины. Внутренняя камера служит своего рода «аккумулятором» для быстрого изменения давления в шине. Контроль давления в шинах трактора и управление системой осуществляется с помощью сенсорного модуля Varioterminal в кабине трактора.

Интеллектуальная система помощи оператору Grip Assistant в зависимости от условий эксплуатации обеспечивает правильный выбор оператором величины давления в шинах и массы используемого балласта для достижения необходимых тяговых характеристик при минимальном потреблении топлива. Оператор, используя терминал, выбирает один из режимов: «Выбор скорости» или «Выбор балласта». При первом режиме после ввода информации об агрегатируемой машине (плуг, дисковая борона и т.д.), типе присоединения, условиях эксплуатации (тяжелые, обычные, легкие), размере шин трактора и скорости движения система рекомендует оптимальное значение массы балласта и давления в шинах. Рекомендованное давление в шинах может быть передано в систему регулировки давления в шинах VarioGrip и корректироваться непосредственно через терминал. Режим «Выбор балласта» используется в ситуации, когда трактор уже находится в поле и изменение массы балласта невозможно. В этом случае система Vario Grip рассчитывает оптимальное давление в шинах согласно заданной массе балласта, а также предоставляет информацию о рекомендуемой скорости движения.

Используемая на тракторах система динамической стабилизации (FSC) при скорости движения свыше 20 км/ч блокирует компенсацию между правой и левой сторонами, обеспечивая необходимый уровень точности управления, устойчивость во время движения и безопасность при торможении. Если скорость движения снова падает ниже 15 км/ч, компенсация между левой и правой сторонами возобновляется, что гарантирует лучший контакт с поверхностью.

Фирма предложила систему Guide Connect (виртуальная сцепка), с помощью которой в поле за впереди движущимся трактором автоматически следует другой без водителя, управляемый по радиосвязи

с помощью высокоточной техники на основе сигналов GPS. Имея доступ к панели управления ведомого трактора, водитель контролирует обе машины. Благодаря этому возрастает производительность труда, два небольших по мощности трактора можно использовать более гибко, нагрузка на почву от них меньше, чем от одного трактора такой же производительности.

Система активного рулевого управления VarioActive тракторов фирмы «Fendt» измененяет передаточное отношение рулевого механизма в зависимости от скорости движения и обеспечивает тот же угол поворота колес, но при меньшем числе оборотов рулевого колеса при скорости движения менее 8 км/ч. При движении на более высоких скоростях передаточное отношение возвращается к стандарту. Система VarioActive облегчает работу водителю, обеспечивая более быструю реакцию рулевого управления при разворотах на ограниченных участках или работе с фронтальным погрузчиком.

Система помощи при развороте Fendt VariotronicTI Turn Assistant, кроме уже известных автоматических схем разворота, имеет дополнительные схемы реверсивного разворота Reverse Turn (y-образный и k-образный), имеющие на практике различные преимущества. Это позволяет выполнять автоматический разворот при работе с навешенным орудием на узких разворотных полосах (рис. 91).

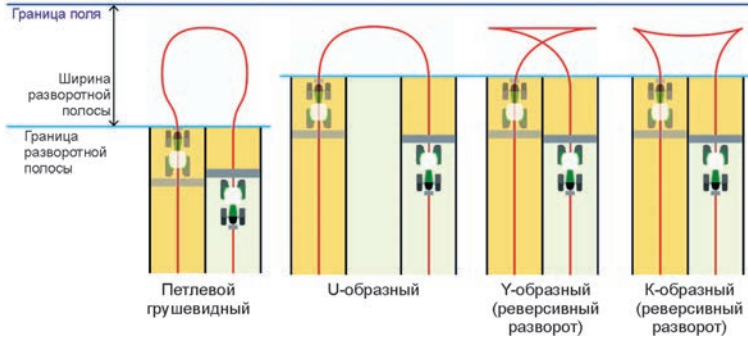


Рис. 91. Схемы движения агрегата на разворотной полосе

Система разворота Fendt VariotronicTI Turn Assistant является опциональным дополнением системы вождения по колее VarioGuide

и интегрирована в панель управления терминала Vario, в который водитель вводит требуемую форму разворота и размер разворотной полосы. Автоматический подъем и опускание орудий выполняются благодаря системе управления разворотом VariotronicTI automatisch. Преимущество автоматической системы разворота заключается в более высоком качестве обработки. Благодаря ей водители всегда выезжают и заезжают на поле одинаково точно, без пропусков или участков с двойной обработкой.

Устройство оптимизации навески VarioPull решает проблему оптимального распределения осевой нагрузки при работе трактора с большими и тяжелыми агрегатами (рис. 92). До настоящего времени изменение распределения нагрузки на оси трактора в зависимости от его конструкции осуществлялось с помощью фронтальных балластов и колесных грузов. Устройство VarioPull дает возможность сдвигать точку опоры (сцепки) агрегатируемого орудия по отношению к задней оси трактора во время движения до 80 см по горизонтали. В результате происходит перераспределение нагрузки на оси, улучшается стабильность движения.

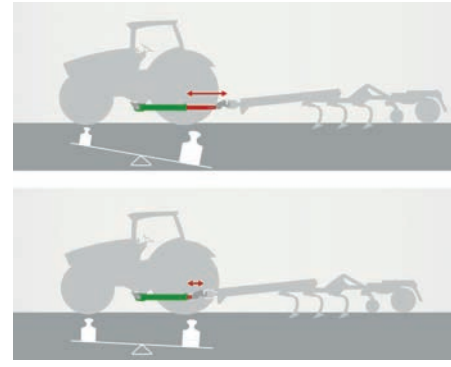


Рис. 92. Схема перераспределения нагрузки на оси трактора

Другие преимущества применения Fendt VarioPull: повышение производительности за счет уменьшения буксования, снижение сопротивления качению при работе в поле, экономия топлива, меньшее количество выброса ОГ и лучшее сохранение почвы. Благодаря встроенной системе измерения координат, механизатор постоянно получает информацию об актуальном расположении устройства и может со своего водительского кресла из кабины или через приложение в смартфоне оптимально его отрегулировать.

Цветной дисплей диагональю 17 см GreenStar 1800 (рис. 93) фирмы «John Deere» разработан специально для работы с комплек-

Рис. 93. Дисплей GreenStar 1800

том автоматического вождения AutoTrac Universal 200 (ATU) [122].

Стандартные функции: система параллельного вождения, ISOBUS, документирование. Может конфигурировать множество домашних страниц для того, чтобы наблюдать за несколькими операциями в поле одновременно. Обеспечивает управление такими навигационными приложениями, как системы параллельного вождения Parallel Tracking и автоматического вождения AutoTrac. Поддерживает передачу данных через шину ISOBUS и функцию отключения секций Sprayer Pro. Основные возможности документирования включают в себя вывод данных в формате PDF с итоговой информацией о задаче, а для передачи данных имеется порт USB.

Рис. 94. Дисплей GreenStar 3 2630

Полноцветный дисплей GreenStar 3 2630 (рис. 94) обеспечивает контроль и управление всех решений системы точного земледелия, которые используются на тракторе, комбайне, в том числе кормоуборочном или опрыскивателе «John Deere».

Возможности: система параллельного вождения, обмен маршрутами навигации и данными технологической колеи, документирование и составление карт, три видеовхода. Сенсорный экран диагональю 26 см поставляется с расширенными функциями ISOBUS. Функция управления уровнями доступа позволяет блокировать разделы меню, которые не хотелось бы изменять оператору без его разрешения.

Система документирования данных обеспечивает создание цветных карт на дисплее. На карте можно увидеть изменения нормы внесения при опрыскивании или разбрасывании удобрений. Каждый

цвет имеет условное обозначение. На машинах для уборки урожая можно использовать карту урожайности. Дисплей отражает рабочие характеристики машины: расход топлива, рабочую скорость, производительность, нагрузку на двигатель, обработанную площадь, километраж, время работы и простоя. Поддерживает работу в телематической системе John Deere, обеспечивает удаленный доступ к дисплею и беспроводную передачу данных.

Для увеличения эффективности использования топлива и работы оборудования на тракторах серии 6M фирмы «John Deere» устанавливается гидравлическая система с закрытым центром, компенсацией по давлению и расходу [2]. Максимальный поток достигается лишь тогда, когда нагрузка системы действительно этого требует. Когда необходимость в потоке исчезает, система возвращается в резервный режим с нулевым потреблением. Также повышается скорость отклика рулевой системы.

Интеллектуальная комплексная система управления iTEC Basic автоматически выключает и включает дифференциал, ВОМ и полный привод во время поворотов в конце гона. Данный модуль дисплея GreenStar 2630 позволяет выполнять развороты в конце гона в автоматическом режиме, исключая пропуски и перекрытия и соответственно, экономя удобрения, посевной материал и топливо. Система iTEC Pro сочетает в себе системы автоматического вождения AutoTrac и управления оборудованием (IMS) для контроля скорости трактора, ВОМа, клапанов секционного гидрораспределителя, переднего привода и блокировки дифференциала, подъёма передне- и задненавесных орудий.

Система балластировки трактора EZ Ballast Wheel System фирмы обеспечивает улучшение сцепления и уменьшение уплотнения почвы. Балластные грузы монтируются на колеса трактора с помощью паллетных вил без использования домкрата для подъема трактора. После установки они закрепляются рычажными натяжителями вместо болтов, что позволяет механизаторам выполнять монтаж и демонтаж быстро и без дополнительных инструментов: требуется всего 5 мин из расчета на колесо и помощник для этого не нужен. Каждое переднее колесо может быть оснащено одним балластом массой 250 кг, каждое заднее – двумя такими балластами. В зависимости от

комбинации переднего или заднего расположения балластных грузов механизатор может регулировать общий вес и его распределение. Это поддерживается системой John Deere Ballast Assist, которая после выбора агрегатируемого с трактором переднего или заднего орудия рекомендует наиболее приемлемое распределение веса. Рекомендации механизатор получает через дисплей CommandCenter трактора. Балластные грузы EZ Ballast Wheels вносят значительный вклад в экономию топлива и защиту почв от уплотнения.

Система активной регулировки навесных орудий для прополки пропашных культур AutoTrac Implement Guidance (рис. 95) обеспечивает борьбу с сорняками на высокой скорости (до 16 км/ч) за счет управления трактором и пропашным культиватором с использованием видеокамеры и GPS-управления.

Рис. 95. Схема работы системы активной регулировки навесных AutoTrac Implement Guidance

Один из приемников StarFire сигналов коррекции RTK устанавливается в кабине трактора, второй – на культиваторе. Сигнал с видеокамеры используется для определения расстояния между рабочими органами и рядами культуры и для корректировки позиции. Поперечное смещение культиватора по отношению к трактору производит гидравлический боковой стабилизатор нижней тяги, который управляется интегрированным в трактор регулирующим контуром с обратной связью, сообщающей текущее положение. Вся информация и выполненные настройки отображаются на дисплее Command Center трактора.

На тракторах фирмы «New Holland» устанавливаемый в кабине монитор эксплуатационных характеристик сообщает оператору ин-

формацию о выполненной работе и состоянии систем и узлов трактора, осуществляет аварийное выключение двигателя при падении давления масла или превышении температуры охлаждающей жидкости. Чтобы было проще выбрать оптимальный рабочий режим, на дисплее отображаются процент использования мощности двигателя, расход топлива, остаток топлива в баке, рабочая скорость и коэффициент буксования колес. Монитор фиксирует наступление срока проведения планового технического обслуживания и может быть использован для проведения расширенной диагностики трактора. На тракторах серии TJ при переключении передач на панели, расположенной на правой угловой стойке кабины, отображаются номер включенной передачи, направление и скорость движения.

Устанавливаемые на мощных моделях тракторов мониторы IntelliView™ Plus II и IntelliView™ III могут использоваться с отдельно поставляемой системой параллельного вождения. Они имеют сенсорный дисплей, позволяющий оперативно производить настройку и идентификацию основных параметров, полностью совместимы с шиной ISOBUS и могут управлять различным оборудованием, включая пресс-подборщики и подкормщики. К ним можно подключить до трех видеокамер, что необходимо для наблюдения за работой орудий «без слепых зон».

На двигателях тракторов серии T7 фирма «New Holland» использует турбонагнетатель с изменяемой геометрией лопаток и электронным управлением, обеспечивающим крутящий момент, необходимый для работы на низких оборотах и быстро реагирующим на изменения нагрузки. Систему управления разворотом на тракторах можно запрограммировать, она сохраняет до двух последовательных действий на единицу навесного оборудования и все настройки. Тракторы оснащаются системой IntelliCruise™, которая обеспечивает автоматизацию работы пресс-подборщика BigBaler и позволяет контролировать скорость трактора для достижения однородности рулонов, максимальной производительности и эффективности. При желании, тракторы T7 могут быть оснащены системой ABS SuperSteer, которая повышает маневренность и эффективность торможения, особенно на пересеченной местности. Она позволяет уменьшить радиус поворота на 50% без повреждения почвы благода-

ря режимам «Педаль тормоза» и «Рулевое колесо». В первом случае ABS допускает раздельное торможение на малых скоростях, но никогда не блокирует колеса, катящиеся по внутреннему радиусу, что уменьшает вероятность срыва грунта. В режиме «Рулевое колесо» внутренние колеса затормаживаются автоматически в зависимости от угла поворота, причем минимальное значение радиуса поворота обеспечивается также при отсутствии срыва грунта. В обоих режимах оператор может выбирать из 10 уровней чувствительности ABS один, точно соответствующий состоянию грунта и типу шин. ABS SuperSteer в стандартном варианте оснащена режимом HilL Holder. Этот режим позволяет предотвратить скатывание со склона трактора с переключаемой под нагрузкой трансмиссией при переносе ноги с педали тормоза на акселератор.

Система интеллектуального управления мощностью двигателя – особенность тракторов фирмы «New Holland». Двигатель увеличивает мощность и крутящий момент в соответствии с нагрузкой на трансмиссию, гидравлику и ВОМ. Например, в тракторе T9.615 система управления мощностью способна повысить мощность двигателя еще на 52 кВт, но только в случае, когда это необходимо для обеспечения заданной производительности.

Рис. 96. Монитор AFS Pro 700

Фирма «Case IH» оснащает тракторы монитором AFS Pro 700 с сенсорным экраном диагональю 26 см с возможностью отображения до шести рабочих экранов одновременно (рис. 96) [123].

Его можно переносить из одной машины в другую и использовать с орудиями сторонних производителей. Позволяет получать данные о текущих параметрах трактора (расход топлива, нагрузка на двигатель и ВОМ, проскальзывание колес, производительность и др.), управлять агрегатами, совместимыми с ISOBUS, оснащен тремя видеовходами. Размер окна видео можно увеличить или уменьшить. Может комплектоваться устройством AccuGuide для автоматического вождения с использованием гидравлики для изменения направле-

ния движения. Интегрированная в монитор система управления на разворотной полосе (Headland Management Control) может хранить до 30 сценариев, связанных с управлением и оснащена функцией записи и воспроизведения последовательности операций.

Дисплей AFS PRO 300 фирмы – переносной с сенсорным цветным экраном диагональю 17,8 см. Оснащен несколькими портами для передачи видео и данных: USB-накопитель для регистрации данных с двумя портами USB; три видеовхода; два порта CAN; два порта RS232. Обеспечивает управление любыми орудиями, совместимыми с виртуальным терминалом стандарта ISO 11783, в том числе орудиями других производителей.

Система AFS AccuTurn фирмы «Case IH» автоматизирует процесс разворота машинотракторного агрегата на разворотной полосе и в любой другой точке с целью точного направления трактора при заходе на следующую выбранную полосу, тем самым повышая комфорт водителя при осуществлении повторяющихся операций в течение рабочего дня. Система работает как с прицепным, так и с навесным оборудованием и позволяет настраивать различные параметры: ширину поворотной полосы, траекторию движения машины при повороте и точку начала поворота. На экране терминала системы отображается расстояние до начала поворота. Система включается при начале подъема навесного оборудования и выключения полного привода трактора. Совместима со всеми ранее выпущенными системами AccuGuide, работающих с мониторами AFS 700.

Система адаптивного рулевого управления Adaptive Steering Control (ASC) устанавливается на тракторы «Maxxum Multicontroller» фирмы «Case IH». В зависимости от типа выполняемой операции она позволяет задать соотношение между числом оборотов рулевого колеса и углом поворота передних колес трактора. С помощью монитора AFS оператор может определить нужное соотношение, используя три предустановленных варианта или собственные настройки.

На тракторах серии «Puma CVX» фирмы «Case IH» система управления на поворотной полосе Headland Management 2 позволяет регистрировать и изменять моменты времени для включения различных функций. Водитель имеет возможность выбора управления с мультиконтроллера или рычагом управления режимами движения.

В тракторах реализованы функции системы ISOBUS и системы вождения AccuGuide с поддержкой спутниковой системы глобального позиционирования GPS.

Гусеничные тракторы серии MT800E фирмы «Challenger» оснащены системой управления Tractor Management Centre™ (TMC), обеспечивающей работу всех компонентов и систем [2, 27]. Настройка функций осуществляется с помощью цветного экрана диагональю 7 дюймов. Система управления OneTouch™ позволяет одновременно использовать несколько функций работы трактора и навесного оборудования нажатием одной кнопки. Функция управления мощностью Power Management за счет изменения параметров двигателя и трансмиссии помогает оператору оптимизировать эффективность работы. На эти тракторы устанавливаются системы автоматического вождения AutoGuide™, а также телеметрическая AGCOMMAND™, представляющая собой систему удаленного контроля, хранения данных и управления парком техники и обеспечивающая доступ к большому объему эксплуатационных данных, которые можно просматривать и анализировать, располагая доступом в интернет. Трансмиссия Powershift 16F/4R на тракторах с электронным управлением предусматривает несколько параметров переключения (включая режим автоматического переключения с помощью функции Power Management). Переключение диапазонов передач осуществляется без использования сцепления.

Тракторы серии 9 TTV фирмы «Deutz Fahr» оснащены тормозной системой с усилителем. Торможение при скорости 60 км/ч обеспечивают широкие внешние сухие передние тормоза (50% тормозного усилия), а активация четырехколесного привода – дополнительное тормозное усилие автоматически. Электрический стояночный тормоз (EPB) автоматически отключается при выборе направления движения и включается при покидании водителем трактора.

В конструкции тракторов фирмы «Steyr» используются бесступенчатая коробка передач CVT; поддержка технологий ISOBUS II и ISOBUS III; система S-Tronic автоматического управления стратегией движения (двигателем и трансмиссией); интеллектуальная антиблокировочная система ABS с множеством дополнительных функций; активное управление остановкой трактора на склоне без

использования тормозов; система управления движением на разворотной полосе EasyTronic II.

Тракторы серии Crystal фирмы «Zetor» оснащены системой HitchTronic автоматической регулировки задней трехточечной навески. При использовании этой системы нет необходимости задавать виды регулировок и их чувствительность, задается лишь рабочая глубина обработки почвы. Как только орудие на задней трехточечной навеске достигает рабочей глубины, система регулировки измеряет сопротивление почвы, и полученное значение используется как исходное для автоматической регулировки трехточечной навески. Система HitchTronic повышает производительность труда и снижает расход топлива примерно на 5-7%.

Трактор N 174 V фирмы «Valtra» оснащен уникальным гидравлическим усилителем коробки передач, при включении которого автоматически повышается частота вращения коленчатого вала и снижается передаточное число коробки передач, тем самым скорость движения сохраняется неизменной, когда требуется повышенная выходная мощность гидросистемы [2, 27]. Полный привод и блокировка дифференциала включаются автоматически. Противобуксовочная система (ASR) оптимизирует проскальзывание колес и более эффективно передает мощность для сцепления с поверхностью почвы, что способствует снижению расхода топлива. На тракторах серии T турбокомпрессор Bosch Mahle двигателя имеет перепускной клапан давления наддува с электронным управлением, выпускающий выхлопные газы в обход крыльчатки турбины для поддержания давления наддува ниже определенного значения. При низкой частоте вращения он закрыт для обеспечения максимального давления, а при их повышении, при необходимости, открывается и сбрасывает давление. Считается, что турбокомпрессор таким образом точнее отрабатывает подачу топлива и обеспечивает двигателю неплохие силовые показатели.

Трактор S394 вышеупомянутой фирмы оснащен панелью Valtra SmartTouch, объединяющей эргономичный подлокотник с многофункциональным рычагом управления трансмиссией, переключателями клапанов, системой управления задним рычажным механизмом и отбором мощности и кнопочную панель с сенсорным экраном. Рычаг управления трансмиссией с программируемыми функциональ-

ными кнопками позволяет оператору управлять машиной, не поднимая руки. Подобно компьютерному джойстику его можно наклонять влево, вправо, вперед и назад. Панель управления с сенсорным экраном (23 см) обеспечивает настройку систем управления трактором и доступ к расширенным функциям. Интерфейс Valtra SmartTouch позволяет оператору выполнять настройки для неограниченного числа пользователей, создавать их индивидуальные профили. Благодаря этому тракторы серии S можно адаптировать как для отдельных фермеров и подрядчиков, так и для владельцев парков техники, управляемой разными операторами.

5.2. Почвообрабатывающие машины

Одна из наиболее заметных тенденций совершенствования почвообрабатывающей техники – возрастающее применение элементов автоматизации при настройке и регулировке. Так, фирма «Lemken» (Германиия) предлагает систему гидравлической регулировки точки приложения силы для навесных и полунавесных плугов. Если она установлена неправильно, вокруг вертикальной оси трактора в середине задней оси развивается крутящий момент, в результате чего передняя часть отклоняется в сторону, увеличивается расход топлива, и ширина первой борозды становится слишком узкой. Новая разработка – гидравлическая регулировка точки приложения силы тяги, позволяющая сместить ее к середине задней оси трактора. С ее помощью тракторист изменяет прижимное давление, вследствие этого исчезает боковой увод трактора, что способствует экономии топлива. Благодаря исключению бокового сопротивления исчезает необходимость в корректировке направления движения, что значительно упрощает работу трактористов [27].

Электронная система управления TurnControl фирмы «Lemken» входит в базовую комплектацию навесных полнооборотных плугов Juwel и Diamant 12. Совместима с ISOBUS, обеспечивает автоматический оборот плуга, а также регулировку угла наклона, ширины захвата и глубины обработки. При желании объем функций можно расширить. Пользовательский интерфейс отображается на любом универсальном терминале, кроме того, можно присвоить функции совместимым с системой джойстикам.

Компанией «Kverneland» разработан навесной оборотный плуг ISOBUS Kv 2500 i-Plough, управление и настройки которого в зависимости от типа почвы или используемого трактора выполняются из кабины помощью терминала IsoMatch Tellus или любого другого ISOBUS-терминала. Возможности: автоматическая настройка плуга под трактор; перевод плуга из транспортного положения в рабочее и наоборот; регулировка угла наклона плуга, ширины первой борозды, захвата и глубины вспашки: настройка ровной борозды согласно линии A-B; перевод катка Packomat в транспортное положение во время вспашки. На экране терминала отображаются четыре основные функции: вспашка (включены все основные регулировки); транспортировка (автоматическая последовательность выполнения операций для обеспечения безопасной транспортировки); указатели работ на полях неправильной конфигурации; точная установка (безопасное и надежное подсоединение плуга к трактору).

Для работы на каменистой почве полуприцепной оборотный плуг Titan 11 фирмы «Lemken» оснащается автоматическими элементами для защиты от перегрузок Hydromatic. Усилие срабатывания можно адаптировать к изменяющимся свойствам почвы из кабины трактора. В числе новшеств – предлагаемый в качестве опции усилитель тяги. Он обеспечивает перенос веса плуга и передней оси трактора на его заднюю ось, уменьшая пробуксовку трактора. Это создает оптимальные условия для увеличения рабочей скорости пахотного агрегата и снижения расхода топлива.

Система OptiLine оборотного плуга Diamant 11 фирмы «Lemken» минимизирует боковой увод трактора плугом за счет автоматической оптимизации центра тяги гидравлическим цилиндром. Это исключает необходимости подруливания оператором при вспашке, обеспечивает экономию топлива до 10 % и сокращает износ шин трактора.

На выставке «Agritechnica 2017» система контроля и управления корпусами плуга на базе GPS фирмы «KUHN Maschinen-Vertrieb GmbH» была отмечена серебряной медалью (рис. 97).

С увеличением ширины захвата плугов растет ширина Z-образной необработанной полосы, формирующейся в конце гона в момент подъема плуга и выглубления корпусов при развороте пахотного агрегата. Электрогидравлическая система Section Control

Pflugsteuerung управляет положением каждого корпуса плуга в соответствии с данными GPS о местонахождении агрегата. Она автоматически выглубляет и заглубляет корпуса плуга (с гидравлической системой защиты) в конце гона, в результате создается прямой контур участка вдоль границ поля вместо стандартного Z-контура. Это облегчает все последующие технологические операции, одновременно гарантируется эффективная заделка пожнивных остатков, что является дополнительным плюсом для гигиены поля. Система также снижает усталость оператора и снимает нагрузку с задней оси, задних колес и сцепки трактора.

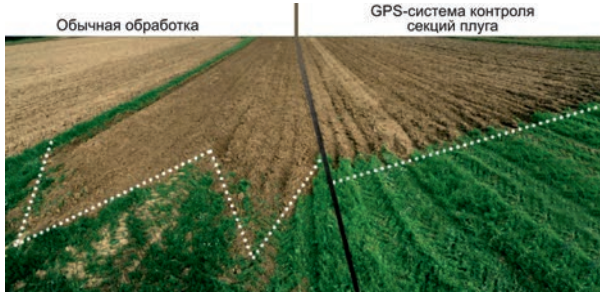


Рис. 97. Результаты работы системы контроля и управления корпусами плуга

В новой системе для полунавесных культиваторов, разработанной фирмой «Lemken», регулировка нагрузки опорных колес регистрируется непрерывно и служит для гидравлического регулирования позиции катка. Если опорная нагрузка снижается, каток приподнимается – культиватор входит в почву до момента, пока не будет достигнута установленная опорная нагрузка, и наоборот. Новая система снижает нагрузку на водителя и обеспечивает постоянное качество работ.

Навесной культиватор Karat 12 фирмы «Lemken» предназначен для интенсивной обработки тяжелых почв на глубине до 30 см. Среди основных достоинств конструкции культиватора – автоматическая система защиты от перегрузок и камней, гидравлическое складывание рабочих секций на транспортную ширину 3 м.

Автоматическая система для контроля и настройки почвообрабатывающих машин TrueSet компании «John Deere» позволяет, используя ISOBUS, управлять агрегатируемыми трактором машинами для

почвообработки, контролировать и осуществлять их калибровку прямо из кабины трактора (рис. 98). Имеет функцию компенсации настроек секций почвообрабатывающих орудий: после настройки рабочих органов одной секции, например, культиватора, параметры для всех остальных секций настраиваются автоматически. Система также позволяет оператору изменять глубину обработки почвы во время движения и тем самым реагировать на изменяющиеся условия. Планируется интегрировать TrueSet в систему Farmsight, связанную с порталом Precision Farming-Portal на веб-сайте MyJonDeere.com, предназначенным для управления локализованным оборудованием [2].

Рис. 98. Терминал системы контроля и настройки почвообрабатывающих машин TrueSet

Аналогичная по назначению система разработана фирмой «Väderstad» (Швеция). Она корректирует параметры техники в режиме реального времени в зависимости от текущего состояния почвы. Для этого используется центральный процессор, обрабатывающий сигналы ряда датчиков. Измеряя угол рамы машины, система автоматически регулирует секцию рабочих органов, располагая ее параллельно поверхности почвы. В режиме реального времени гироскопический датчик Väderstad обнаруживает вращение и изменения в направлении движения. Кроме того, выравнивающая доска Crossboard настраивается автоматически, учитывая давление. Таким образом, доска всегда толкает одинаковое количество почвы, благодаря чему оптимизируется расход топлива [27].

Неоднородность почвы требует различной глубины ее обработки на участках поля, отличающихся между собой типом, уплотнением и содержанием влаги в почве. Измерение этих показателей с достаточной точностью и надежностью возможно лишь в режиме реального времени, так как в течение сезона они претерпевают значительные изменения. Австрийская компания «Geoprospectors GmbH» разработала систему сенсоров, способную в режиме реального времени

Рис. 99. Почвообрабатывающий агрегат с датчиком определения параметров почвы

определять соответствующие параметры почвы и отправлять данные на компьютер, который использует их для регулирования рабочей глубины почвообрабатывающего оборудования. Эти датчики устанавливаются в передней части трактора (рис. 99).

На основе этой разработки компания «Case IH» предлагает полностью интегрированное ISOBUS-совместимое решение для почвообрабатывающего оборудования. Кроме датчика, полный пакет системы включает в себя полевой компьютер с интерфейсом ISOBUS, предназначенный для модернизации любого гидрофицированного почвообрабатывающего оборудования. Для мелкой и глубокой вспашки, а также для безотвальной обработки почвы предусмотрены стандартные программы. В отдельных случаях возможна индивидуальная настройка параметров пользователем. Для привязки показаний датчика к географическим координатам на карте текущих работ используется система GPS. Эти данные можно впоследствии использовать для дальнейшего планирования работ [126].

5.3. Посевные машины

Использование информационных систем на посевных агрегатах позволяет учесть многообразие физических характеристик семян, адаптировать рабочие органы сеялок для оптимального выполнения технологических операций, оперативно обнаруживать нарушения технологического процесса высева, снизить простои техники. Одним из основных требований к проведению посева семян является качественная подготовка почвы (формирование ровной поверхности поля, равномерной глубины обработки, заданной структуры почвы, качественной заделки удобрений и полное уничтожение сорняков). Этим требованиям удовлетворяет многофункциональный посевной комплекс Терминатор австрийской компании «Hatzenbichler», предназначенный для проведе-

ния построчного высева зерновых и мелкосеменных культур, а также для точного высева пропашных культур с одновременной предварительной подготовкой почвы под посев с внесением удобрений. Управление системой высева и контроль параметров на комплексе осуществляются с помощью бортового компьютера (рис. 100). Контролируется норма высева семян, удобрений, количество обработанных гектаров (по отсекам бункера) и скорость трактора, обороты турбины, загрузка бункера. Помимо контроля параметров, монитор способен оповещать водителя о неисправностях [127].

Рис. 100. Бортовой компьютер посевного комплекса «Терминатор»

Серию прицепных почвообрабатывающих посевных комплексов шириной захвата 3, 4 и 6 м выпускает фирма «Pottinger» (Австрия). Все они снабжены системами управления режимами работы и контроля за выполнением процессов обработки почвы и посева [128].

Комбинированный посевной агрегат рабочей шириной захвата до 12 м и бункером для семян вместимостью 6 м^3 норвежской фирмы «Kverneland» оснащен электрическим приводом с двухмерным регулированием высевающих аппаратов. Предлагаемая фирмой система, именуемая GEOseed (система квадратно- или треугольно-гнездового посева), совместима с GPS-ISOBUS и делает возможным использование сеялок точного высева в системе прецизионного земледелия. Универсальный терминал системы IsoMatch Tellus имеет новую концепцию управления и представляет собой разделенный на две части экран диагональю 31 см, на котором изображены трактор и посевное орудие. Имеет два отдельных ISOBUS-интерфейса. В основе терминала IsoMatch Tellus лежит система GeoControl. Это программное обеспечение, включающее в себя функции управления основными рабочими процессами, отдельными секциями оборудования и нормами внесения. Оно позволяет производить посев, опрыскивание или внесение минеральных удобрений без перекрытий. Программ-

ное обеспечение совместимо с любыми машинами, работающими на основе ISOBUS [129].

Рис. 101. Бортовой компьютер Amalog+

Компания «Amazone» для сеялок предлагает бортовой компьютер Amalog+ (рис. 101).

Оснащен запоминающим устройством, все введенные и определенные данные даже при отключенной бортовой сети сохраняются приблизительно на 10 лет. Возможности: управляет устройством переключения технологической колеи и довсходовой маркировки; отображает положение маркеров с гидравлическим управлением; фиксирует скорость движения; контролирует уровень заполнения бункера; определяет обработанную часть площади; заносит в память общую обработанную площадь; контролирует привод промежуточного вала (устройство переключения технологической колеи) [130].

Избежать неравномерного посева и, как следствие, потерь урожая помогают беспроводные датчики забивания, установленные на пневматической сеялке Challenger 9800 компании «AGCO-RM». Электронная система контролирует каждый сошник, информация о забивании высевающего аппарата отображается на планшете Apple iPad в кабине трактора [131].

Современные сеялки перед началом работы необходимо настраивать вручную. При этом существует вероятность возникновения ошибок во время выполнения калибровки и ручного взвешивания. Систему автоматической дозировки семян для пневматических сеялок разработала фирма «Lemken». Оператору нужно только ввести необходимую норму и параметры высева (масса 1000 семян, максимальную скорость движения). При этом семена из всех дозаторов поступают не в сошники, а по обходным каналам на тензодатчик. После взвешивания и передачи измеренного значения система перенаправляет семена обратно в семенной бункер. Оператору нуж-

но только подтвердить значение этой массы и возможной скорости работы, после чего машина будет готова к высеву. Поскольку для дозировки семян оператору не требуется покидать кабину трактора, для обеспечения надежного посева нужно иногда проверять ход процесса, что не отнимает много времени [2].

Переключатель GPS-Switch с AutoPoint (разработчик «Amazonen-Werke») предназначен для автоматического включения и выключения систем дозирования пневматических сеялок на разворотной полосе. Ранее при использовании только GPS-Switch длительные промежутки времени между включением/выключением дозатора и подачей посевного материала на сошник представляли собой определенную проблему. Новая система с AutoPoint способна с помощью датчика фиксировать фактический поток посевного материала на сошнике и тем самым определять точное время задержки, начала и остановки системы дозирования на разворотной полосе. GPS-Switch с AutoPoint включает в себя также систему помощи водителю. Индикация положения машины на ISOBUS-терминале демонстрирует водителю, на каком участке стартует система. Водитель может выбрать необходимую скорость и сохранять ее постоянной на соответствующих участках разворотной полосы. Обеспечивает повышение эффективности использования семян [27].

Компания «Väderstad» разработала технологию контроля количества высеваемых семян SeedEye. В семяпроводах сеялки расположены датчики-сенсоры, фиксирующие прерывание луча инфракрасного спектра при прохождении семян (рис. 102). Общее количество прерываний обрабатывается, позволяя с высокой точностью посчитать общее количество семян. Датчики подсчитывают объем рапса с точностью примерно 99%. Точность измерения пшеницы и других зерновых составляет примерно 98-99% при потоке 250 семян в 1 с. Система автоматически устанавливает точность и компенсирует срабатывания на пыль и растительные остатки. Радар

Рис. 102. Семяпровод с датчиками-сенсорами

сеялки измеряет скорость, в то же время непрерывно просчитывается насколько желаемое количество семян совпадает с фактической подачей, которая контролируется с помощью SeedEye. Для достижения необходимого количества семян непрерывно регулируется механизм подачи, имеющий электрический привод. Если оператор хочет изменить количество семян на 1 м^2, то поправки вносятся на дисплее iPad на панели управления. С помощью предустановленных шагов, к примеру в 10%. Система устанавливает требуемую норму и отображает фактические значения на экране. Таким образом, исключается необходимость привычной калибровки, что экономит время и энергию. При выходе за пределы предустановленной нормы прозвучит звуковой сигнал, а изображение сошника с отклонением окрасится на дисплее красным цветом. При чередовании различных культур не требуется перенастройка сеялки, система SeedEye делает это автоматически после внесения оператором необходимой нормы на дисплее. Повышается качество сева и комфорт работы оператора. Система SeedEye предназначена для сеялок Rapid A 400-800S и Rapid A 600-800C фирмы «Väderstad».

Для идентификации семян в сеялках точного высева фирма «Müller-Elektronik» разработала датчик PLANTirium для семяпроводов, который работает посредством визуализационной сенсорики и отличается наличием интерфейса для параметрирования, информирования о статусе, а также обновления ПО. Благодаря визуализационной сенсорной технике производить идентификацию мелких семян, например, рапса, а также крупного семенного материала, такого как кукуруза или подсолнечник, можно даже в неблагоприятных условиях. С помощью идентификации по образцу обеспечивается гарантированное разделение постороннего материала от семян в семяпроводе. Кроме того, датчик определяет накладывающиеся друг на друга зерна как двойные объекты. С помощью параметрирования можно выполнять оптимальную настройку датчика на текущий семенной материал и обучать новым семенным материалам. Датчик также использует интерфейс для активной передачи данных состояния. Благодаря этому пользователь сеялки точного высева всегда может быть уверен в точности отображаемых параметров сеялки и исключить вероятность негативного влияния датчика. Особенности:

возможность идентификации – 1-150 зерен в 1 с, скорость зерен – до 12 м/с, самообучение новому семенному материалу, способность обновления ПО в поле, датчик посылает сообщения о своем состоянии (к примеру, необходимость чистки) на командный блок управления, возможность включения в систему управляющего компьютера других производителей.

Измерительная система AIRidium фирмы «Müller-Elektronik» предназначена для контроля потока различного семенного материала в рядовых сеялках с точностью до одного зерна и обеспечивает посев без взятия пробы нормы высева (рис. 103). Состоит из пьезоэлектрических датчиков и командного блока управления (ECU), выполняющего обработку данных. Наряду с точным подсчетом крупноразмерного семенного материала, такого как горох и кукуруза, существует возможность идентификации мелкоразмерных семян, подобных рапсу даже в сложных условиях (тряска и пыль). Оптические датчики очень быстро загрязняются и подлежат регулярной чистке. Определение мест застревания семян выполняется быстрее и надежнее благодаря высокой точности подсчета. Система позволяет выполнять многократное определение коэффициента калибровки за 1 с. В итоге эта технология может получать однородные посевы за счет внесения точного количества семян даже при изменяющихся условиях окружающей среды. Скорость подсчета – 1-10000 зерен в 1 с.

Рис. 103. Измерительная система AIRidium

Особенность терминала управления CCI 100 (рис. 104)

Рис. 104. Терминал управления CCI 100

фирмы «Amazone» – возможность мини-просмотра. Механизатор в меню включения секций видит важнейшие данные машины, такие как скорость, норма внесения или высева, содержимое бака или бункера, частота вращения распределительных дисков и др. За счет этого он может контролировать весь процесс и не переходить постоянно из меню переключения секций на меню управления машиной. Дополнительно новая версия ПО предусматривает наличие калькулятора. Кроме того, терминал CCI 100 способен обрабатывать аппликационные карты в формате Shape.

Особенность терминала CCI при работе с посевными машинами – наличие функции автоматической закладки технологической колеи. Переключение режима технологической колеи регулируется через GPS с помощью режима параллельного вождения CCI-терминала [27].

Система обеспечения качества посева ExactEmerge компании «John Deere» представляет собой комплексную систему автоматизации для высокоскоростного точного высева (до 16 км/ч), которая охватывает все подпроцессы посева и возможности мониторинга, контроля и документирования. Она обеспечивает контроль с помощью датчиков, управление и документирование процесса высева и включает в себя новые решения по автоматизации, которые значительно улучшают распределение семян в рядке и глубину заделки в различных условиях. Содержится также ряд дополнительных систем: Active Downforce Control – контролирует необходимый уровень давления на сошник, а Curve Compensation –частоту высева семян при прохождении поворотов. Функция автозагрузки ITEC Pro обеспечивает передачу данных о навесном оборудовании и последовательности действий трактора при маневрировании по полю. Дополнительные приложения GoPlant App и SeedStar Mobile предлагают возможности для подключения, конфигурирования и управления орудием и трактором, а приложение Precision Farming позволяет оператору полностью сконцентрироваться на наблюдении за процессом сева [2].

Многофункциональный комбинированный агрегат «Чародейка» серии МПП выпускает ООО «НПО «Экспериментальный завод» (г. Реж, Свердловская область). За один проход он выполняет обработку почвы с выравниванием и мульчированием поверхностного слоя растительными остатками с одновременным посевом зерновых

и зернобобовых культур с полосным распределением семян и прикатыванием посевов. Оснащен электронной системой контроля высева семян и работы некоторых узлов (рис. 105) [132].

Рис. 105. Электронная система контроля высева семян

На Международной специализированной выставке сельхозтехники «АГРОСАЛОН-2018» было представлено шесть функциональных моделей систем контроля высева сеялок СКИФ с тремя различными видами мониторов, один из которых выставлялся впервые – М8-1S с расширенным дисплеем для системы контроля высева СКИФ-19 [134]. Такими системами контроля можно оснастить любые виды посевной техники – как пневматические и механические зерновые посевные комплексы, так и сеялки пропашных культур. Система СКИФ-19 самая простая, она контролирует только пролет посевного материала на импортных пневматических сеялках и посевных комплексах и устанавливается в дополнение к штатной системе контроля. Предоставляемая монитором информация: номер сошника, датчик пролета семян которого неисправен; номер забившегося сошника; отсутствие вращения вала высевающего агрегата; снижение напряжения в бортовой сети трактора и нарушения цепи питания (в случае возникновения аварий осуществляется звуковая и визуальная сигнализация).

Компания «HORSCH» разработала систему AutoForce автоматического контроля и индивидуальной адаптации давления сошников высевающих секций в меняющихся почвенных условиях. Система позволяет учитывать изменения плотности и структуры почвы и в режиме реального времени реагировать с помощью гидравлики изменением давления на сошники (рис. 106).

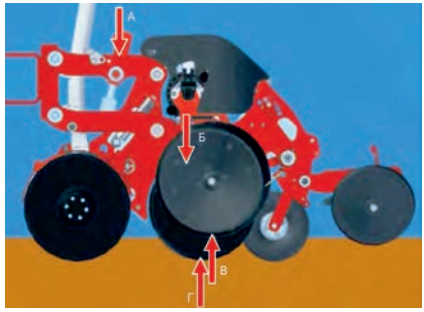


Рис. 106. Схема действия сил на высевающую секцию: А – давление гидросистемы; В – масса высевающей секции; С – усилие между почвой и колесом ведения по глубине (заданное значение); D – усилие между почвой и дисками

Таким образом, выдерживаются глубина заделки и точность распределения семян, которые являются основными факторами для формирования оптимальной урожайности. Перед началом работы оператор в ручном режиме задает базисное значение давления на сошники, на основе которого дальше система работает самостоятельно. Используется на сеялках Maestro при пунктирном широкорядном посеве таких культур, как кукуруза, подсолнечник, соя, сахарная свекла. По данным специалистов компании, система окупает себя за счет прибавки урожайности при посеве около 5000 га [134].

Система СКИФ-30 АО «Завод «Радиан» в комплекте с датчиками нового поколения ДП-5 предназначена для контроля технологических параметров работы пневматических сеялок и посевных комплексов и контролирует относительный поток посевного материала. Принцип действия датчика –акустический, он обнаруживает факт пролета через семяпровод как зерен высеваемых культур, так и гранул удобрений (рис. 107).

Рис. 107. Комплекты системы контроля высева сеялок СКИФ-30

Система контролирует: вращение валов дозаторов и двух вентиляторов; нижний уровень семян и удобрений в трех бункерах сеялки; состояние семяпроводов в двух независимых высевающих линиях (семян и удобрений); относительный поток семян

(удобрений) в каждом семяпроводе; целостность подключения цепи датчиков пролета; напряжение в сети электропитания и надежность присоединения системы к цепи питания; обрыв линий, неисправность датчиков и др. Имеет возможность корректно работать в режиме закладки технологической колеи при записи в ее память номеров колейных (перекрываемых) сошников.

5.4. Машины для внесения удобрений и средств защиты растений

Основное требование к современным способам внесения удобрений и средств защиты растений – точное внесение оптимальных доз для каждого участка поля и удовлетворение требованиям по защите окружающей среды. При внесении постоянной дозы удобрений нельзя добиться оптимизации питания всех растений. Поэтому удобрения нужно вносить в почву дифференцированно, с учетом количества ранее накопленных в ней основных питательных веществ и ряда других характеристик конкретного участка поля. Еще более гибкий подход к расчету доз нужно проявлять при борьбе с сорняками, вредителями и болезнями растений. Внесение удобрений проводится в двух режимах – offline и online. Режим offline предусматривает предварительную подготовку на стационарном компьютере карты-задания, в которой содержатся пространственно привязанные дозы удобрения для каждого элементарного участка поля. Трактор, оснащенный бортовым компьютером, двигаясь по полю, с помощью ГНСС-приемника определяет свое местонахождение, считывает с карты дозу удобрений, соответствующую месту нахождения и посылает сигнал на контроллер распределителя удобрений (или опрыскивателя). Контроллер, получив сигнал, выставляет на распределителе удобрений нужную дозу.

Режим реального времени (online) предполагает перед выполнением операции на посевах предварительное проведение калибровки, а доза удобрений определяется во время работы агрегата и его движения по полю. Калибровка – количественная зависимость дозы удобрения от показаний датчика, установленного на сельскохозяйственной технике, выполняющей операцию.

Одним из таких датчиков является Hydro-N-Sensor производства фирмы «Yara©», который в инфракрасном и красном диапазонах из-

лучения определяет содержание хлорофилла в листьях и по этим показателям рассчитывает относительную биомассу. На основании этих данных, а также данных по сорту и фазе развития (фенофазе) растения определяется доза азотных удобрений. В режиме online бортовой компьютер агрегата получает данные от датчика, сравнивает их с определенными и записанными в память значениями, полученными во время калибровки, и посылает сигнал на контроллер по той же схеме, что и в режиме offline.

Содержание азота в растениях в режиме реального времени благодаря активному излучению измеряет азотный сканер стеблестоя ISARIA фирмы «Fritzmeier» (рис. 108).

Рис. 108. Азотный сканер стеблестоя Isaria

В результате определяется недостающее количество данного элемента, что вместе с рекомендациями с прикладных карт (если такие имеются) становится исходной точкой для назначения оптимальной нормы внесения удобрений. Система состоит из двух головок датчиков на складывающейся системе штанг, которые навешиваются на трактор спереди на высоте 40-100 см. Данные по беспроводной технологии (через Bluetooth) передаются на терминал трактора. Благодаря онлайн-сканированию и наличию собственного GPS-модуля система может быть использована для дифференцированного внесения азотных удобрений, регуляторов роста, фунгицидов и десикантов, контроля состояния стеблестоя и картирования усвоения азота, а также для основного внесения с использованием прикладных карт-заданий [134].

Среди систем контроля и управления процессом внесения известна система Field-IQ (компания «Trimble»), которая позволяет одновременно управлять нормами внесения до шести различных материалов, включая семена, гранулированные семена, гранулированные удобрения, жидкости и безводный аммиак в различных комбинациях. Для самоходных опрыскивателей в систему Field-IQ добавлена функция контроля высоты штанги, с помощью которой можно регулировать высоту штанг ультразвуковыми датчиками, измеряющими расстояние до земли или растительного покрова для равномерного внесения материала [25].

Все больше технических средств для выполнения операций внесения удобрений и средств защиты оснащаются электронными устройствами, позволяющими измерять основные параметры их работы, автоматически управлять работой основных узлов и рабочих органов, обеспечивать более точное и равномерное внесение.

Разбрасыватель удобрений AXENT 100.1 фирмы «Kuhn Farm Machinery» имеет в своем оснащении систему электронного управления потоком (EMC). Она обеспечивает на ходу регулировку дозы внесения по всей рабочей ширине на основе непрерывного измерения крутящего момента разбросных дисков и данных карт норм внесения.

Фирма «Rauch» создала электронную систему контроля и регулировки массы удобрений EMC («электронное управление потоком массы») и систему автоматического контроля и оптимизации картины распределения с учетом фактических характеристик частиц удобрений AXMAT duo, устанавливаемые на разбрасыватели удобрений AXIS [134]. Система EMC автоматически измеряет и регулирует текущий расход удобрений отдельно на левой и правой дозирующей заслонке в зависимости от скорости движения трактора. Мерой потока массы удобрений на разбрасывающих дисках является информация о крутящем моменте на приводном валу (рис. 109а).

Для его измерения на дисках с гидроприводом используется бесконтактный способ – с помощью магнитоупругих датчиков, а с механическим приводом – импульсными датчиками вращения. Перед началом работы оператор вводит в систему рабочую ширину захвата и норму внесения удобрений (кг/га). Оптимальная точность до-

зирования достигается при диапазоне расхода удобрений от 20 до 500 кг/мин.

Система AXMAT duo включает в себя 54 радиолокационных датчика, размещенных на стационарном кольце под разбрасывающими дисками (рис. 109б) и сканирующих картину внесения удобрений в режиме реального времени

а *б*

Рис. 109. Системы EMC (а) и AXMAT (б) фирмы «Rauch»

Рис. 110. Распределяющие диски с радарными сенсорами

Одна из инноваций компании «Amazone» – система Argus Twin на разбрасывателе удобрений ZA-TS. Она осуществляет контроль поперечного распределения удобрений обоими распределительными дисками с помощью радарных сенсоров (рис. 110). При отклонении от расчетных значений электрическая распределяющая системы автоматически корректируется так, что всегда обеспечивается оптимальное поперечное распределение.

С помощью ISOBUS-терминала вводятся норма внесения и все необходимые для того или иного вида удобрений данные из таблицы распределения. Для системы Argus Twin в таблицах распределения дополнительно указано направление выброса для оптимального поперечного распределения. На основании данного значения система Argus Twin постоянно проверяет как выдерживается распределительным диском заданное направление выброса удобрений. В случае если фактическое направление выброса отклоняется от требуемого, например из-за неравномерности удобрений, износа распределительных лопаток, работы на склонах, начала работы или торможения, автоматически корректируется настройка распределяющей системы индивидуально для каждой стороны. Система Argus Twin может быть применена как на механических распределителях ZA-TS Tronic, так и на ZA-TS Hydro с гидравлическим приводом распределительных дисков.

Компания «Amazonen-Werke» разработала также систему WindControl, обеспечивающую автоматическую коррекцию распределения минеральных удобрений разбрасывателем с учетом скорости и направления ветра. Система с помощью датчика ветра (расположен перед разбрасывателем) фиксирует эти параметры в режиме реального времени, передает полученные данные на бортовой компьютер и с помощью алгоритмов расчета картины распределения управляет распределяющей системой, изменяя точку подачи удобрений на диски и частоту их вращения. Представляет собой модификацию и дополнение к системе Argus Twin, осуществляющей контроль поперечного распределения удобрений распределительными дисками с помощью 14-радарных сенсоров. Устанавливается на навесных и прицепных разбрасывателях удобрений [134].

На разбрасывателях удобрений фирм «Sulky» и «Rabe» используется интеллектуальная система отключения участков STOP & GO, обеспечивающая автоматическое закрытие или открытие разгрузочных заслонок разбрасывателя удобрений на разворотах и при перемещении по технологической колее для предотвращения передозировки или недостаточной дозировки удобрений. Работает в комплекте с навигационной системой [135].

В системе управления DirectCommand (фирма «Ag Leader Technology») функция автоматического включения/выключения сек-

ций AutoSwath (при внесении удобрений, средств защиты растений и посеве), используя сигнал с расходомера и данные о скорости с GPS приемника, контролирует, регулирует и записывает операции на поле, основанные на нормах внесения, выставленных вручную, или с использованием дифференциальной нормы внесения из файла предписания.

Система контроля высоты штанг опрыскивателя «Norac UC5» (фирма «Norac») с помощью пяти ультразвуковых датчиков и гидравлических приспособлений, путем мониторинга рельефа земли или поверхности урожая, поддерживает постоянную высоту штанг. Управление секциями штанги осуществляется с помощью бортового компьютера, который запоминает траекторию движения техники и путем выключения различных секций штанги не допускает дублирования внесения материалов на пройденных участках (рис. 111). Благодаря системе самонаведения штанг и автоматическому регулированию удаленности распыляющего сопла от плоскости обработки обеспечивается равномерное распределение рабочей жидкости по обрабатываемому участку, а также снижение потерь от сдувания.

Рис. 111. Схема работы системы контроля высоты штанг опрыскивателя

Совместно с системой автоматического вождения AutoTrac Assisted Steering система Swath Control Pro (фирма «John Deere») автоматически включает и выключает отдельные секции штанги и распылители на поворотных полосах, водоотводах и других ранее обработанных участках, обеспечивая снижение нагрузки на оператора и сокращение производственных расходов.

Система Swath Manager (фирма «TeeJet») позволяет автоматически управлять секциями штанги до десяти секций и сохранять информацию об уже обработанных участках.

Навесной опрыскиватель Sirius 10 фирмы «Lemken» может комплектоваться на выбор системой Ecospray или Megaspray. Ecospray – терминал управления, определяющий норму внесения (в зависимости от скорости движения) и гиравлику. Информирует о пройдённом пути и высоте штанги, позволяет автоматически переключать секции машины посредством GPS-сигнала. Для этого систему управления оснащают модулем TeeJet Matrix 570 с GPS-приемником. Модуль также обеспечивает движение по колее и документирование данных. Megaspray – система управления на базе ISOBUS с дополнительной встроенной функцией EltecPro, обеспечивающей включение и отключение форсунок, что снижает расход средств для защиты растений. Другие инструменты: электронный индикатор уровня заполнения, четырехходовой рычаг выбора для автоматического переключения, система выключения отдельных секций Section Control на базе GPS. С помощью интерфейса ISOBUS систему управления MegaSpray можно комбинировать с любым универсальным терминалом трактора или с терминалом фирмы «CCI 200». Пользовательский интерфейс MegaSpray отображается на терминале, расположение элементов управления на экране настраивается по желанию пользователя. Для этого возможна установка инновационной системы AIM Command (опция), которая автоматически поддерживает заданный размер капель раствора независимо от скорости движения, а также системы AccuBoom™ (опция), которая автоматически выключает секции штанги, зашедшие на уже обработанные участки (необходимо наличие GPS-навигации). В случае использования опрыскивателя на очень неровных полях возможно оборудование штанги системой автоматического поддержания высоты AutoBoom™ (опция), которая состоит из трех ультразвуковых датчиков положения.

Регулирующее устройство для опрыскивателей SwingStop pro фирм «Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG» и «Rometron B.V.» предназначено для компенсации горизонтальных колебаний штанг опрыскивателя и динамичной регулировки каждого сопла (рис. 112) [136].

Обеспечивает более точное распределение вносимого вещества штангой опрыскивателя. Включает в себя устройство активного гашения колебаний SwingStop в комбинации с новой системой форсунок, работающих по принципу широтно-импульсной частотной

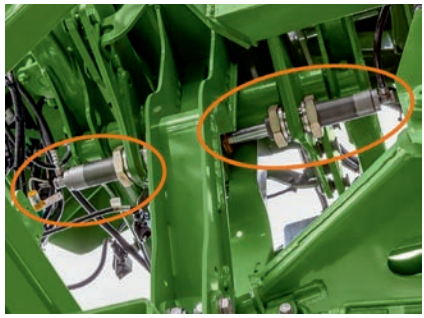


Рис. 112. Регулирующее устройство для опрыскивателей SwingStop pro

модуляции (PWFM). С помощью датчиков ускорения и программного обеспечения в режиме реального времени рассчитывается относительная скорость срабатывания каждой форсунки по отношению к скорости движения опрыскивателя и выполняется корректировка нормы внесения. Таким образом, компенсируются возникающие параметры помех, вызванных горизонтальными колебаниями штанги. Это приводит к недостижимой до сих пор точности обработки по всей ширине захвата опрыскивателя.

Компания «Amazonen-Werke» разработала электронную систему Comfort-пакет plus автоматизации процесса настройки и обслуживания прицепных опрыскивателей UX01 Super. Управление циркуляцией жидкости осуществляется с помощью терминала TwinTerminal 7″ с функцией сенсорного ввода, с которым можно работать в перчатках. Пользователь выбирает на терминале требуемую функцию и происходит автоматическая настройка опрыскивателя через сервоклапаны. Имеется возможность создания профилей загрузок для различных пользователей и операций. Необходимо только подключить шланг, и бак самостоятельно заполнится до требуемого уровня. При наличии сложных смесей препаратов пользователь может работать с соответствующими паузами при заполнении. После работы осуществляется автоматическая очистка опрыскивателя и, при необходимости, дополнительная очистка промывочного бака после каждого заполнения. К функциям системы относятся также автоматическая регулировка мешалки и ее отключение.

Рис. 113. Работа опрыскивателя с системой автоматического контроля AutoBoom

Система AutoBoom компании «Raven» предназначена для автоматического контроля и управления высотой штанги опрыскивателя (рис. 113).

Для контроля высоты штанг используют ультразвуковые датчики. Система совместима с ISOBUS, имеет простую калибровку. Плавную и быструю регулировку высоты штанг обеспечивает гидропривод. Автономный контроллер позволяет устанавливать систему без полевого компьютера, повышает эффективность работы на склонах и в условиях сложного рельефа поля. Кроме этого, система позволяет разворачиваться без значительного снижения скорости, сокращая затраты времени и уменьшая раскачивание штанги.

Система управления секциями AccuBoom (компания «Raven») обеспечивает автоматическое отключение (включение) нескольких (до 125) секций штанг, что исключает пропуски и повторное опрыскивание обработанных участков (рис. 114), а также более высокую точность внесения средств защиты растений, сокращение времени обработки поля, экономию топлива.

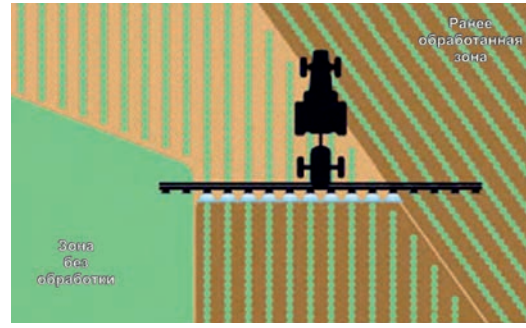


Рис. 114. Работа опрыскивателя с системой AccuBoom

Функция компенсации скорости учитывает скорость движения, а регулируемая функция прогнозирования позволяет легко изменять настройки, чтобы избежать перекрытия выбранного участка. Дополнительный пульт дистанционного управления с беспроводным приемником контролирует каждую секцию вне кабины, что экономит время и трудозатраты, а также позволяет включать и выключать каждую секцию штанги, находясь рядом и управляя процессом.

5.5. Зерноуборочные комбайны

Одним из факторов повышения эффективности использования зерноуборочных комбайнов, роста их производительности является оснащение этих машин средствами информационного контроля и ав-

томатического управления. Анализ научно-технической информации показывает, что внедрение информационных систем на современных зерноуборочных комбайнах осуществляется в основном в следующих направлениях: контроль и регулирование параметров двигателя, частоты вращения рабочих органов; автоматическое регулирование технологической загрузки; контроль потерь зерна за молотильно сепарирующим устройством и уровня заполнения бункеров; контроль и регулирование высоты среза, давления жатки на почву; копирование рельефа поля; программирование технологических настроек комбайна на уборку определенной культуры; автоматическое вождение комбайна; поиск и диагностирование неисправностей.

Для получения оптимального соотношения производительности и качества при уборке различных культур и в разных условиях фирмой «Claas» разработана система CEMOS, осуществляющая автоматическую настройку узлов и агрегатов зерноуборочных комбайнов серии «Lexion 700». Эффективность работы комбайна зависит от результатов настройки технологических параметров рабочих органов комбайна, количество которых, по данным, фирмы достигает 50, а более 10 из них требуют постоянного контроля и анализа. Поэтому, каким бы опытным не был комбайнер, выбрать оптимальный режим работы ему трудно. Настройка комбайна (например, для снижения потерь) с использованием системы CEMOS выполняется в диалоговом режиме с помощью терминала CEBIS Mobile (рис. 115) в три этапа: комбайнер запрашивает у системы предложения по настройке комбайна, они выводятся на экран, комбайнер оценивает их и принимает или запрашивает новые [137].

Рис. 115. Стартовое окно терминала Cebis Mobile

После того, как комбайнер подтвердит предложенные ему параметры, автоматически выполняется оптимизированная настройка комбайна. Комбайнер может выбрать одну из четырех стратегий оптимизации: максимальная производительность; минимальный расход топлива; высокое качество

обмолота; сбалансированное соотношение. При необходимости ручной настройки система Cemos наглядно объясняет порядок действий. Данные оптимальной настройки постоянно проверяются и адаптируются с учетом изменяющихся в ходе работы условий уборки.

Система автоматической настройки молотилки CEMOS AUTO THRESHING для гибридных зерноуборочных комбайнов и комбайнов с соломотрясом является элементом системы помощи механизатору CEMOS AUTOMATIC и осуществляет в автоматическом режиме оптимизацию процесса обмолота вплоть до максимальных пределов производительности (рис. 116).

Рис. 116. Система автоматической настройки молотилки CEMOS AUTO THRESHING

Это достигается за счет точной регулировки частоты вращения молотильного барабана и зазоров между ним и декой в соответствии с введенным механизатором режимом работы и меняющимися условиями обмолота. Механизатор может выбрать один из четырех режимов работы: «Максимальная производительность», «Высокое

качество очистки зерна», «Минимальный расход топлива и качественная солома», «Сбалансированные настройки». Объединена в сеть с другими элементами системы CEMOS AUTOMATIC, такими как автоматический контроль и управление сепарацией и очисткой зерна и скорость движения комбайна «CRUISE PILOT».

На зерноуборочных комбайнах «Lexion 770-750» используется автоматический контроль потока хлебной массы, включение и выключение которого выполняется на мониторе CEBIS. Система автоматического управления потоком массы постоянно сравнивает показания датчиков, включая плотность поступающей хлебной массы, частоту вращения рабочих органов с допустимым значением буксования приводных ремней, максимальным значением пропускной способности и немедленно на это реагирует сигналом тревоги, уменьшением скорости движения или остановкой жатки. Позволяет работать оператору на пределе возможностей комбайна без риска вынужденного простоя и необходимости ремонта. Для раннего распознавания критических нагрузок ведется мониторинг молотилки APS, роторов системы сепарации ROTO PLUS и двигателя. При превышении предустановленных границ параметров автоматически выполняется следующее: активируется тормоз жатки; питающий аппарат и приставка выключаются; системы Tempomat или CRUISE PILOT снижают скорость движения до 1,5 км/ч; выключается разгрузка зернового бункера (в случае работы). Таким образом, исключается попадание хлебной массы в комбайн, что позволяет сократить время простоя вследствие забивания или повреждения.

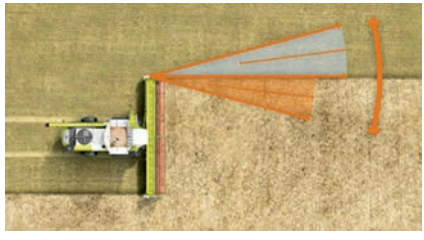


Рис. 117. Принцип работы системы автоматического вождения Laser Pilot

В системе LASER PILOT для автоматического вождения комбайнов используются световые импульсы электрооптических датчиков, определяющих кромку между стерней и нескошенными растениями (рис. 117).

Система вождения AUTO PILOT электромеханическая, используется при уборке куку-

рузы. Положение комбайна относительно рядков определяют два цифровых датчика в початкоотделяющем элементе. Кроме того, на комбайнах используются системы поперечного (AUTO CONTOUR) и продольного (CLAAS CONTOUR) копирования рельефа поля, системы автоматического регулирования частоты вращения мотовила в зависимости от скорости движения комбайна. Устройство Quantimeter, входящее в бортовую электронную систему Cebis, предназначено для измерения производительности, влажности и индикации данных. Уровень влажности в продукте проверяется постоянно, а отображается о необходимости. Фоторелейный барьер контролирует наполнение каждой лопасти зернового элеватора. Точное количество зерна определяется автоматически с использованием факторов коррекции (например, поперечного и продольного наклона комбайна).

Новая система очистки зерна Claas 4D для комбайнов «Lexion 700» позволяет полностью использовать их производительность и возможности при движении в продольном и поперечном направлениях по склону, устраняя одностороннюю загрузку скатной доски, подготовительного днища и решет очистки (рис. 118) [138]. Состоит из системы управления заслонками сепарирующих роторов и автоматической системы управления вентилятором очистки. При движении комбайна поперек склона верхняя половинка заслонки кожуха ротора открывается, а нижняя закрывается. Закрывание производится от передней части кожуха к задней по ходу движения, открывание – от задней части к передней. При движении вверх по склону частота вращения вентилятора очистки понижается, а нижнее решето открывается больше. При движении вниз частота вращения вентилятора повышается, а нижнее решето закрывается больше. Величина открытия заслонок ротора, решет очистки и изменения частоты вращения вентилятора зависит от величины уклона поля.

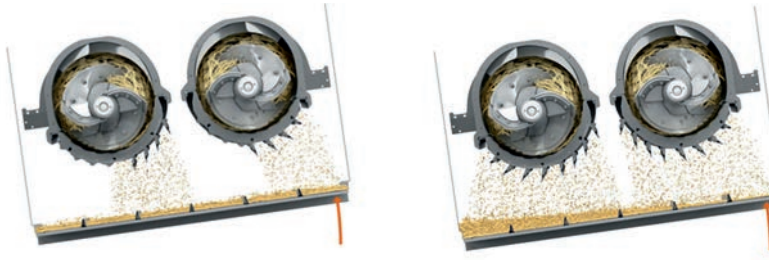


Рис. 118. Схема работы системы очистки Claas 4D

На зерноуборочных комбайнах компании «New Holland» информация о зерне с датчиков урожайности и влажности постоянно обновляется и отображается на экране монитора IntelliView™ IV [139]. Эти данные можно хранить, скачивать и анализировать с использованием программного обеспечения для точного земледелия, чтобы создать карты урожайности. Они могут применяться для точной настройки входных данных. Автоматическое изменение скорости движения в зависимости от загрузки осуществляет система IntelliCruise™ на основе информации от датчика в наклонной камере.

Система автоматического управления Smart Steer повышает производительность комбайна путем обеспечения полной ширины захвата жатки. Границу между скошенным и нескошенным полем определяет лазерный сканер. Система генерирует линию несрезанной культуры и затем посылает сигналы о направлении следования в систему рулевого управления.

Интегрированная автоматическая система рулевого управления IntelliSteer предназначена для использования на комбайнах серии CX8000. С помощью технологий DGPS или RTK система IntelliSteer™ обеспечивает параллельный проход от ряда к ряду с точностью до 1-2 см.

На комбайнах CR 9090 фирма устанавливает систему Grain Cam, камера которой определяет количество сорной примеси и дробленого зерна во время их транспортировки элеватором в бункер. Эта информация показывается в виде графика на мониторе, что позволяет водителю выполнить точную настройку и улучшить чистоту зерна.

Фирма разработала высокоточный датчик количества собранного зерна, не требующий калибровки при переходе от одной культуры к другой, который успешно зарекомендовал себя на комбайнах серии CX. Он измеряет содержание влаги в зерне в режиме реального времени, отбор проб осуществляется с интервалом 30 с, а данные отправляются на монитор IntelliView™ IV. Оператор постоянно получает информацию о текущем состоянии и может соответствующим образом менять настройки машины.

Для уменьшения затрат времени на настройку и переключение между культурами используется система автоматической настройки Automatic Crop Setting (ACS) с 50 предварительными настройками комбайна под конкретные сельскохозяйственные культуры. Оператор либо выбирает одну из предустановленных настроек, либо просто вводит параметры сбора урожая для каждой культуры, включая скорость и положение барабана, скорость вращения ротора и настройки подбарабанья, отверстия в сите и скорость турбины очистки и, при необходимости, вызывает данные настройки с монитора IntelliView™ IV.

На комбайнах используется также ряд систем, повышающих эффективность их функционирования [140]. Система OptiSpeed изменяет частоту вращения приводных валов соломотряса в зависимости от уклона и убираемой культуры. При движении вверх по склону частота вращения снижается, а при движении вниз – увеличивается. В результате в обоих случаях толщина вороха становится сравнимой с показателями при уборке на ровных участках, а потери зерна – ниже по сравнению с вариантом с постоянной частотой вращения валов соломотряса. Система OptiClean увеличивает эффективность очистки до 20%. Она оптимизирует углы перемещения и величину хода элементов системы очистки. Удлиненный ход решет и острые углы перемещения увеличивают количество обрабатываемого материала в воздухе, повышая качество очистки. Работа скатной зерновой доски и нижнего решета в противофазе с предварительным решетом и верхним решетом уменьшает вибрации машины и повышает комфорт оператора. Система OptiFan компенсирует гравитационное воздействие на культуру в системе очистки, автоматически регулируя частоту вращения вентилятора в соответствии с углом продольного

наклона комбайна. После выбора частоты вращения на ровной поверхности система автоматически настроит ее при подъеме вверх или спуске вниз по склону. Во время движения вверх по склону турбина вентилятора замедляет ход, а во время движения вниз по склону турбина ускоряет ход для предотвращения забивания решет материалом (рис. 119). Системы OptiSpread и Dual Chop повышают эффективность измельчения и разбрасывания соломы и остатков.

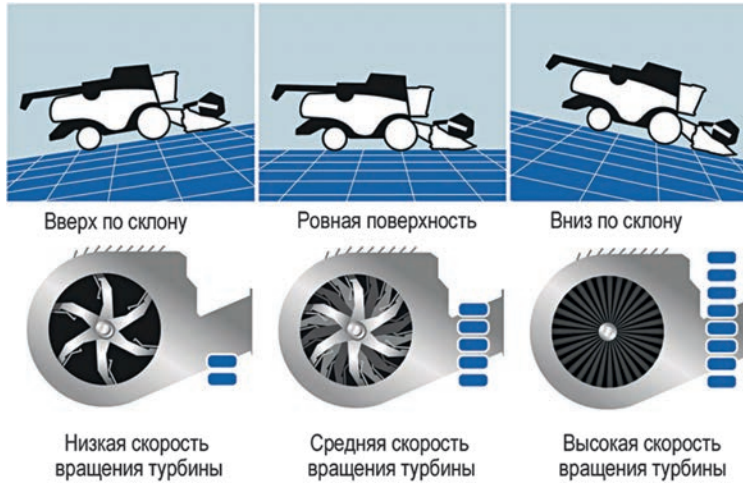


Рис. 119. Схема работы системы Opti-Fan

Для удобства заказчиков фирма «New Holland» поставляет оснащение для точного земледелия в четырех вариантах: первый – система регистрации урожайности убираемой культуры; второй – система регистрации урожайности и влажности убираемой культуры; третий – система регистрации урожайности и влажности убираемой культуры, блок накопления и анализа данных; четвертый – полный набор для внедрения технологий точного земледелия, включающий в себя: DGPS-совместимые антенну и приемник (в модульном исполнении); систему регистрации урожайности и влажности убираемого материала; электронно-картографическое приложение для персонального компьютера; материалы для обучения эффективному пользованию компьютерным приложением.

Разработанная фирмой «New Holland» автоматическая система настройки комбайнов фирмы позволяет облегчить работу комбайнера, для которого одна из важнейших задач – постоянное обеспечение максимальной производительности комбайна и одновременное удержание потерь и механического повреждения зерна на приемлемом уровне [141]. Использует данные о прежних урожаях, топографии поля и настройки комбайна на основе позиционных данных GPS для прогнозирования параметров настройки. Во время первого прохода новой уборочной кампании система интерполирует эти данные и реагирует на изменившиеся условия уборки. Она основана на традиционных датчиках и контрольных системах, которые были дополнены новым датчиком давления в системе очистки, косвенно измеряющим нагрузку на решета. Система предлагает комбайнеру на выбор три различных стратегии уборки, после чего автоматически подбираются оптимальные настройки с использованием накопленных данных.

Терминал TechTouch 2 фирмы «Massey Ferguson» позволяет получить полную информацию о работе и настройках комбайна (рис. 120) [45]. Оснащен сенсорным экраном; для отображения требуемого экрана также можно использовать блок клавиш с колесом прокрутки.

Рис. 120. Терминал TechTouch 2

С помощью меню терминала можно добавить до 10 вариантов настроек на различные культуры, которые затем при выборе будут автоматически менять настройки комбайна. В целях экономии времени и энергии в различных меню предусмотрена автоматическая настройка для убираемых культур. Для каждой из них можно задать и сохранить дополнительные комбинации значений параметров (например, для влажных и сухих условий). Цветные индикаторы высоты среза, производительности и объема возврата на домолот

позволяют быстро просматривать их текущие значения. При возникновении нештатных ситуаций во время работы подаются предупреждающие звуковые и визуальные сигналы. В нижней части экрана постоянно отображается панель приборов, показывающая скорость движения вперед, частоту вращения коленчатого вала двигателя, запас топлива и выбранную передачу трансмиссии. Терминал содержит ряд журналов, где ведется учет времени работы, обработанной площади, топлива и заполнения бункера в различных режимах. Оператор может в любое время сбросить текущие показания или сохранить их, если он планирует вернуться на поле и продолжить записи.

На зерноуборочных комбайнах фирмы «John Deere» на цифровой дисплей, устанавливаемый на угловой стойке кабины, постоянно выводится информация об эксплуатационных показателях комбайна: скорости движения, частоте вращения двигателя, потребляемой мощности, потерях зерна, возникающих неисправностях [45]. С основного дисплея Command Center Green Star 3 к водителю поступает информация о комбайне, убираемой культуре и осуществляются настройки и регулировки. Встроенная функция подключения видеокамеры дает возможность просмотра задней части комбайна, зернового бункера или выгрузного шнека при установке там видеокамеры. Новый дисплей Green Star 2630 ISOBUS дополнительно оснащен USB-портом для передачи данных и функции составления отчетной документации и навигации. На дисплее можно увидеть данные по урожайности, влажности и производительности, а также карты полей, составляемые системой Harvest Doc в автоматическом режиме для каждого участка. Система Harvest Doc загружает всю необходимую информацию на карту памяти, которую можно использовать на персональном компьютере для создания комплексных карт урожайности и влажности, а также получения отчётов по производительности для каждого поля.

Система регулировки Touch Set позволяет выбрать одну из 25 запрограммированных настроек или создать 9 своих для автоматической настройки комбайна под определенную культуру. Чтобы настройки комбайна соответствовали условиям уборки используется система интерактивной регулировки Interactive Combine Adjustment (ICA). Оператор устанавливает приоритеты уборочных работ, на-

пример потери и повреждение зерна, чистота зерна в бункере или качество соломы.

Система реагирует, показывая измененные параметры. После подтверждения оператором настроек машина автоматически выполняет изменения. Оператор может оценить и сравнить результаты обновленных параметров, чтобы убедиться, что производительность процесса уборки урожая была оптимизирована. И если новые настройки более подходящие, то система отменит предыдущие, после чего покажет на дисплее альтернативные комбинации настроек.

Фирма усовершенствовала эту технологию, создав комплексную систему Integrated Combine Adjustment 2 (ICA2) (рис. 121).

Рис. 121. Система настройки зерноуборочного комбайна ICA2

Основу системы составляют две камеры, установленные внутри зернового и колосового элеваторов, а также новые и более точные датчики потерь зерна. Изображение с этих двух камер можно просматривать параллельно или по отдельности на экране в кабине комбайна. Если оператора устраивает текущее качество работы, то он может сохранить результат. Если текущее качество неудовлетворительно, система ICA2 в зависимости от выбранного комбайнером приоритета (качество или производительность уборки) автоматически и непрерывно будет корректировать соответствующие параметры, включая частоту вращения молотильного барабана (ротора) и вентилятора, зазор между бичами молотильного барабана и планками подбарабанья, параметры и пропускную способность системы очистки.

В комбайнах фирмы используются электронные средства контроля и управления технологическим процессом, в том числе системы автоматического вождения Auto Trac, регулятор загрузки молотилки Harwest Smart, датчик влажности зерна с высокой точностью измерения, системы измерения и картирования урожайности Green Star. Регулятор загрузки молотилки Harwest Smart в зависимости от подачи хлебной массы или уровня потерь зерна (по выбору) управляет рабочей скоростью комбайна. Система вождения Auto Trac на базе GPS позволяет осуществлять разбивку поля на загоны и параллельное автоматическое вождение в загоне на полях больших размеров, отклонение от курса не превышает 10 см. Комбинация системы автоматического вождения и регулятора загрузки молотилки позволяет достичь за счет равномерной загрузки молотилки высоких наработки и качества работы.

Система измерения урожайности Active Yield автоматизирует калибровку при измерении урожайности, исключая взвешивание образцов зерна вручную. Включает в себя три датчика массы внутри зернового бункера комбайна, данные с которых сравниваются с результатами датчиков урожайности и влажности. Система, анализируя их, вводит поправочный коэффициент, что позволяет уменьшить погрешность до +/-3. Система позволяет также компенсировать снижающуюся точность измерений в последующих уборочных компаниях ввиду износа цепи элеватора комбайна.

Рис. 122. Дисплей терминала

Фирма «Fendt» на своих зерноуборочных комбайнах использует терминал Varioterminal 10.4-B [27]. Дисплей терминала разделен на четыре области, с помощью которых контролируются, регулируются и управляются различные функции комбайна (рис. 122). Например, основная информационная страница, вверху слева, показывает частоту вращения коленчатого вала двигателя и скорости движения комбайна. Рядом с ними показатели для топлива, AdBlue, масла и температуры двигателя. Текущее состоя-

ние заполнения зернового бункера показывается на графике. Среди настроек частота вращения барабана и вентилятора, зазоры в подбарабанье. Они могут быть настроены с помощью кнопок быстрого набора на экране. В нижней части отображаются одновременно два видеоизображения. Можно выбрать непрерывное изображение или только при движении задним ходом.

Для нового роторного зерноуборочного комбайна IDEAL фирмой разработано приложение IDEALharvest. По данным, полученным от 52 акустических датчиков массы и качества зерна, на терминал Tech-Touch или в приложение Smart Connect для мобильных устройств выводится простая схема, которая позволяет оператору задать желаемое сочетание производительности и качества зерна. После этого система автоматически подстраивает под заданные настройки частоту вращения ротора и вентилятора, а также пропускную способность грохота. Если регистрируется повреждение зерна, система IDEALharvest может автоматически изменить характеристики сепарирующих устройств и скорость вращения ротора. Одного взгляда на дисплей iPad оператору комбайна «IDEAL» достаточно, чтобы узнать, в какой части сосредоточен основной объем материала: центральной, правой или левой.

Новая система VIP (Variable Inflation Pressure), разработанная фирмами «Fendt» и «Trelleborg», автоматически регулирует давление в шинах переднего моста зерноуборочного комбайна во время его работы в зависимости от нагрузки на них (например, в зависимости от величины заполнения бункера) – это оптимизирует пятно контакта шины с почвой и уменьшает ее уплотнение (рис. 123).

Рис. 123. Расположение системы VIP на зерноуборочном комбайне

Система VIP монтируется в колесо и включает в себя комплект датчиков, измеряющих несколько параметров, включая нагрузку, давление и температуру шины, и центральный процессор системы, который контролирует и управляет компрессором и клапаном регулировки давления. Система реагирует на движение машины по дороге или по полю и меняет давление в шине в соответствии с текущими условиями. Также она определяет, когда нагрузка на одну из шин оси оказывается выше, чем на другую (например, при движении поперек склона) и корректирует ситуацию. Испытания показали, что система VIP по сравнению со стандартной шиной обеспечивает лучшую проходимость, снижение уплотнения почвы до 10,5%, увеличивает производительность техники, сокращает расход топлива, а также до 5% повышает урожайность, давление для конкретных условий работы без вмешательства оператора и на 5% повышает урожайность по сравнению с использованием стандартных шин.

Это объясняется тем, что в обычной шине давление внутри не меняется, таким образом пятно контакта зависит от нагрузки, что делает шину менее эффективной. Дальнейшее развитие системы «VIP» предусматривает разработку приложения для смартфонов и планшетов, что позволяет оператору иметь полную информацию о площади пятна контакта, давлении в шинах и общей эффективности машины, полученной при использовании системы.

На наиболее мощных комбайнах «Группы Ростсельмаш» используется информационно-голосовая система Adviser [44]. Информационная панель с жидкокристаллическим экраном системы, расположенная на правой стойке кабины, сообщает о состоянии агрегатов, режимах работы, стабильности технологического процесса, выдает рекомендации по настройкам комбайна для конкретных условий работы. В любой момент можно узнать наработку комбайна, убранную площадь, количество выгруженных бункеров и пройденный путь. Ситуационная система индикации автоматически изменяет информацию в зависимости от выполняемого процесса: например, при включении двигателя отображается одна информация, при движении с места – другая. Это позволяет снизить информационную нагрузку на водителя и увеличить сменную производительность. Еще одна особенность системы – голосовое оповещение. При воз-

никновении отказа или критических режимах звучит соответствующее сообщение, краткий комментарий и рекомендации. На роторных зерноуборочных комбайнах «Torum» информационная система осуществляет предварительные настройки частоты вращения ротора и вентилятора очистки для 15 культур, а также способна запоминать пользовательские настройки.

«Группа Ростсельмаш» разработала автономную оптико-электронную систему автоматического вождения для зерноуборочных комбайнов RSM Explorer, построенную на основе нейронной сети (рис. 124).

Рис. 124. Система автовождения RSM Explorer

В отличие от существующих систем автовождения, использующих сигналы спутникового позиционирования, а также систем автовождения по кромке поля, задействующих одну либо две специальных видеокамеры, система автовождения по валку и кромке поля RSM Explorer дает возможность работы без использования спутниковых сигналов навигации и при наличии всего одной стандартной видеокамеры. Нейронная сеть получает изображение с видеокамеры и с помощью специальных программных алгоритмов обрабатывает его, благодаря чему распознает валок, кромку поля и иные объекты в зоне ее видимости, после чего отдает команды на электронно-управляемый насос-дозатор рулевого управления для корректировки курса движения машины. Данная система постоянно самосовершенствуется, повышая точность автовождения и подстраиваясь под условия конкретного поля [134]. По данным разработчика, применение RSM Explorer обеспечит повышение сменной производительности на 15-20%, сокращение расходов на ГСМ на 8-10% и снижение нагрузки на оператора.

Интерактивный помощник комбайнера OptiMax предназначен для помощи оператору при выборе наиболее оптимальных настроек зерноуборочного комбайна в зависимости от текущих условий работы (рис. 125).

Рис. 125. Интерактивный помощник комбайнера OptiMax

Система предлагает произвести корректировку настроек в диалоговом режиме, а решение по их изменению принимает оператор. После получения подтверждения система применяет параметры работы машины. Интерактивный помощник помогает определить проблему, выявить точки для оптимизации работы, снизить риски от ошибочных действий оператора, повысить производительность комбайна и качество зерна, поступающего в бункер, за счет сокращения времени и потерь, связанных с настройкой комбайна. Благодаря тому, что данные заносятся и хранятся в памяти, обеспечивается возможность возврата оптимальных настроек после ремонта техники или постороннего вмешательства. Происходит непрерывное развитие навыков оператора, его знакомство с действительными возможностями техники, так как система предоставляет подробное описание ситуаций, последовательность действий, графические материалы и фотографии [142].

5.6. Свеклоуборочные машины

Свеклоуборочные комбайны, как правило, оборудуются автоматическими системами для направления машин по рядкам сахарной свеклы, регулирования и сохранения заданной высоты среза ботвы и глубины хода копачей. Система автоматического вождения состоит из полозковых копир-водителей (сенсоров), датчика, электронного блока и исполнительного механизма. Копир-водители выполнены в виде двух соединенных между собой щупов, которые концами касаются двух соседних рядков свеклы. При отклонении машины в сторону от рядков копир-водители, оставаясь в междурядьях, изменяют свое положение относительно машины. Сигнал об этом перемещении с помощью тяги передается на датчик и с него поступает в электронный блок, где после обработки сигнала подается команда на электромагнитные клапаны, открывающие доступ масла в гидроцилиндры управляющих колес. После корректировки положения машины относительно рядов копир-водители занимают нейтральную позицию.

Система автоматического контроля высоты среза и глубины подкапывания устроена аналогично. В качестве исполнительных органов применяются гидроцилиндры подъема ботвосрезающего устройства и копателя. Некоторые свеклоуборочные комбайны оснащаются видеокамерами протекания технологического процесса и внешнего наблюдения.

Система EcoTronicPlus 6-рядного свеклоуборочного комбайна «SixxTraxx» фирмы «Agrifac» обеспечивает оптимальное взаимодействие между оператором и машиной, мониторинг всех систем и позволяет проводить полную диагностику комбайна [143]. С помощью терминала с мультифункциональным сенсорным дисплеем регулируются все базовые настройки. Скорость работы различных функций машины и скорость движения можно устанавливать независимо от оборотов двигателя. Функции, наиболее часто используемые во время уборки, регулируются с помощью джойстика управления.

Все модели свеклоуборочных комбайнов фирмы оснащены функцией автоматического управления всех колес, которое происходит

за счет копирующих устройств, расположенных перед ботворезом и на выкапывающих элементах. Копирующий механизм вождения по рядкам, расположенный перед ботворезом, работает совместно с копирующим механизмом, находящимся на стойках копателя. Оператор в любое время может выбрать один из двух типов автоматического вождения. При выборе первого режима будут задействованы оба копирующих механизма. Передний копир управляет задней осью комбайна, а копир на копателе отвечает за управление передними колесами. При выборе второго режима задействован только копир перед ботворезом, который управляет только передними колесами. Благодаря системе автоматического вождения по рядкам оператор имеет возможность полностью сконцентрироваться на процессе выкапывания, очистки или выгрузки.

С помощью многофункционального 12-дюймового (30,5 см) сенсорного дисплея водитель получает всю информацию о машине. Система EcoTronicPlus, базируется на работе через систему CAN-Bus, обеспечивая взаимодействие оператора с машиной. Это позволяет получать информацию о системе управления двигателем, обеспечивает мониторинг рабочего процесса и диагностику машины. При переходе в транспортный режим на дисплее автоматически появляется соответствующая информация, которая необходима во время движения: скорость движения, частота вращения коленчатого вала, температура двигателя и гидравлического масла, уровень топлива, а также время и дата.

Рис. 126. Система обработки данных CCI.Control Mobile

Для свеклоуборочного комбайна «MAXTRON 620» и всех моделей комбайнов «REXOR-Modelle» фирмой «Grimme» предлагается система обработки данных CCI.Control Mobile (рис. 126) [144]. Также благодаря коммуникации с ISOBUS-совместимыми машинами независимо от производителя осуществляется документирование данных о

тракторах, навесной технике и других самоходных комбайнах: потребление топлива, обработанная площадь, производительность и др. Программное обеспечение визуализирует и сохраняет текущие значения. Посредством онлайн-коммуникации (электронная почта, сервер FTP, порталы управления данными) приложение получает данные заказа из электронной картотеки (Hof-PC) в стандартном формате ISO-XML. Выполненные заказы, включая данные о машинах и технологическую документацию, отправляются обратно.

Для свеклоуборочных и картофелеуборочных комбайнов фирма «Grimme» предлагает как опцию систему видеонаблюдения Visual-Protect, управляемую посредством шины CAN-bus и дающую возможность следить за всеми функциями. В случае возникновения проблемы экран видеонаблюдения автоматически переключается на соответствующую камеру и механизатор получает представление о возникшей неполадке. Максимальное количество подключаемых камер с программируемой последовательностью включения изображений на монитор – восемь.

Свеклоуборочные комбайны фирмы «Grimme» серий «Rexor» и «MAXTRON» в дополнительном оснащении оборудованы новой цифровой системой видеообзора ProCam, состоящей из двух современных широкоугольных фотокамер с низким уровнем искажения и монитора с высоким разрешением и полиэкранным режимом. При использовании традиционных систем механизатор может наблюдать за задней частью посредством камеры заднего хода, но при этом не видит задние боковые участки. С помощью этой системы видеоконтроля механизатору обеспечивается круговой обзор в 360°.

Разработанное компанией «HOLMER» программное обеспечение TerraDAT для управления и учёта данных по земельным участкам, клиентам и эксплуатации комбайнов с использованием ПК позволяет создавать базы данных клиентов и передавать их на машину с помощью USB-накопителя, анализировать информацию о работе водителя, эксплуатации комбайна и показателях урожая, выполнять общий обзор эксплуатации оборудования и отдельных параметров, осуществлять просмотр информации по выполненному ТО, отслеживать в режиме онлайн текущую информацию о процессе уборки с помощью модуля GSM (опция).

Система EasyHelp, разработанная компанией «HOLMER», обеспечивает дистанционное обслуживание. Через установленный в комбайне «Terra Dos T4» модуль GSM клиенты, а в случае необходимости и специалисты сервисной службы компании, могут выполнить загрузку соответствующих данных, находясь при этом в другом месте [145].

На свеклоуборочном комбайне «Terra Dos T3» компании «HOLMER» всем процессом работы управляет компьютер, поэтому основные настройки и параметры машины отображаются на цветном терминале. Имеются темпомат для движения по полю и дороге, три цветные камеры наблюдения (в зоне сепарирующего транспортера, выгрузного элеватора и камера заднего вида), USB-разъем для передачи данных клиентов и машины, в том числе с помощью TerraDAT, принтер для составления нарядов, система круиз-контроля для движения комбайна по полю и дорогам [146].

Управляющее устройство Smart Turn фирм «Holmer Maschinenbau GmbH» и «Reichhardt GmbH Control Technology» предназначено для автоматического управления движением свеклоуборочного комбайна на разворотной полосе поля (рис. 127).

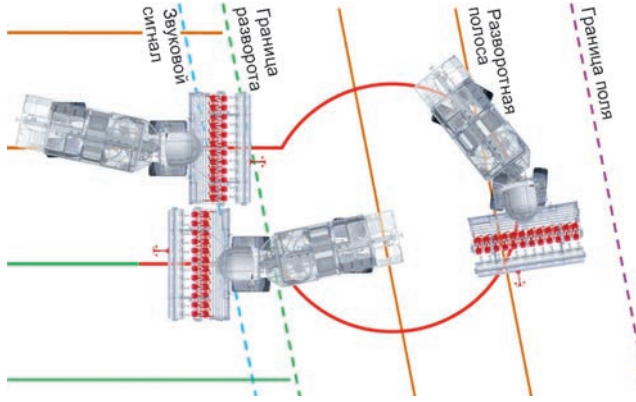


Рис. 127. Управляющее устройство Smart Turn

Интегрированное программное решение объединяет в одно цифровое поле систему механического рулевого управления, ме-

неджмент управления на поворотной полосе и GNSS-управление (Global Navigation Satellite System). В конце убираемого рядка даётся акустический сигнал оптимального времени разворота, механизатор активирует разворот, прекращается технологический процесс копки свеклы и поднимаются рабочие органы. Управление машиной перенимает на себя GNSS и осуществляет процесс разворота, после окончания которого автоматически опускаются рабочие органы, начинается технологический процесс, управление движением комбайна передается автопилоту. Кроме того, система REICHHARDT SMART CONTROL, входящая в Smart Turn, записывает и визуализирует информацию разворота. Сохраненные данные используются для документирования и последующей оценки. Управляющее устройство Smart Turn способствует меньшему повреждению почвы (выбирается оптимальная траектория движения), уменьшает потери урожая (поднятие и опускание рабочих органов происходят автоматически в идеальной точке), увеличивает скорость уборки и снижает утомляемость водителя [147].

На свеклоуборочных комбайнах фирмы «ROPA» 12,1-дюймовый сенсорный экран с WLAN-интерфейсом представляет собой информационный и командный центр машины. Отсюда водитель получает информацию о рабочем состоянии и данные о производительности, управляет функциями, а следовательно, и результатом работы комбайна. Управление производится двумя способами: либо пальцем на сенсорном экране, либо вращением и нажатием поворотных кнопок «R-Select» и «R-Direct», расположенных на панели управления в области ручки многофункционального джойстика.

Движением по рядкам на свеклоуборочном комбайне «ROPA euro-Tiger V8-3» управляет автопилот. Датчики на корпусах лемехов управляют передним мостом, копир по ботве – задним. С помощью темпомата машина сохраняет предварительно заданную скорость. При включенном темпомате джойстик используется как рычаг для движения. «ROPA euro-Tiger V8-3» оснащен джойстиком с тремя индивидуально программируемыми кнопками, предназначенными для разнообразных комбинации функций машины. Одним нажатием кнопки можно автоматически изменить выбранную настройку. На практике водитель комбайна обычно назнача-

ет программируемые кнопки по следующей схеме: «Стандартное состояние – сильное зарастание сорняками – слабая прочность», «Корчевание на горку – корчевание под горку – стандартное корчевание», «Хорошая прочность – средняя прочность – слабая прочность», «Тяжёлая почва – нормальные грунтовые условия – песчаная почва».

На свеклоуборочном комбайне «ROPA Panther» фирмы «ROPA» установлена автоматика раскладывания для автоматического переключения из режима движения по дорогам в рабочий режим. Нажатием кнопки «ROPA Panther» автоматически переходит из режима движения по дорогам в режим работы на поле. Выгрузной транспортер, кольцевой элеватор шириной 1 м, шнек бункера и другие группы раскладываются друг за другом или одновременно. Благодаря системам контроля с сенсорным управлением исключается возникновение ошибок управления. Уникальной среди свеклоуборочных комбайнов является автоматическая система выравнивания комбайна с помощью четырех гидравлических цилиндров и датчиков. На склонах выравнивается весь комбайн, продолжая находиться в горизонтальном положении, а копатель самостоятельно копирует поверхность почвы. В силу увеличения устойчивости в экстремальных ситуациях, когда другие комбайны могут опрокинуться, он сохраняет стабильное положение. При этом обеспечены комфортные условия работы водителя. Место водителя постоянно находится в вертикальном положении, что предотвращает соскальзывание с сиденья.

В процессе работы программное обеспечение комбайна обеспечивает возможность сохранения и передачи его настроек; при смене водителя предусматривает возможность сохранения индивидуальных настроек для каждого водителя (настройки сбора, очистки системы кондиционирования) на USB-флеш-накопителе. Следующий водитель просто вставляет свой USB флеш-накопитель и устанавливает свои последние настройки. Благодаря этому он не теряет время на настройку машины «под себя», что также повышает производительность [148].

На погрузчиках euro-Maus 3 фирмы «ROPA» в качестве дополнительного оборудования может быть установлена полностью интегри-

рованная система взвешивания. Масса перегруженной свеклы определяется по трем параметрам: весу, наклону и скорости (рис. 128).

Рис. 128. Расположение датчиков на погрузчике «ROPA euro-Maus 3»: 1 – датчик числа оборотов; 2 – датчик веса; 3 – датчик наклона

На стойке перегрузчика с обеих сторон вмонтированы датчики веса, которые определяют его фактическое давление на ленту перегрузчика. Датчик наклона на процессоре весов фиксирует угол наклона перегрузчика. Скорость ленты измеряется с помощью датчика числа оборотов, встроенного в масляный двигатель.

Благодаря системе передачи данных GIS (опция) погрузчик свеклы «ROPA euro-Maus 3» может осуществлять связь с внешними системами. Все участники рабочего процесса (руководитель, водители погрузчика, свеклоуборочного комбайна и транспортного средства) имеют одинаковый доступ к информации и связь друг с другом. Посредством установленного интерфейса данные могут вызываться и обрабатываться на терминале. Одновременно данные заказчика могут быть импортированы в базу данных машины. Интерфейс данных в сочетании с системой GIS дает возможность с помощью аэроснимков координировать работу комбайна. Возможности управления при уборке сахарной свеклы: представление данных о текущем состоя-

нии сборки урожая или погрузке, собранных или погруженных частях урожая; демонстрация положения свекловичного бурта; определение положения комбайна или погрузчика благодаря встроенному GPS-передатчику; оптимизация ежедневных маршрутов и/или всей кампании; постоянный источник информации от центрального блока (внешний ПК, руководитель) на мобильный бортовой компьютер машины; передача данных на все транспортные средства при изменении маршрута.

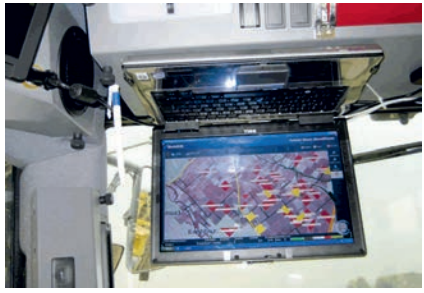


Рис. 129. Бортовой компьютер на погрузчике «ROPA euro-Maus 3» с программным обеспечением mobGis

Данная логистическая система делится на центральную MR Logistik и мобильную mobGIS (рис. 129).

Центральная система отвечает за управление и оценку участка поля, бурта, техники и водителей, планирование маршрутов для транспортных средств, передачу заданного маршрута на каждый комбайн или погрузчик и управление оценочной информацией завершенного задания комбайна или погрузчика. Сначала участки поля формируются в GIS и банке данных. Существует также возможность импорта этих данных, если они были заранее подготовлены. На следующем этапе маршрут планируется на внешнем ПК руководителя для каждого транспортного средства. Для этого участки выбираются в той же последовательности, в которой были заготовлены. Маршрут можно визуализировать на карте, на которой выбранные участки поля будут показаны соединительными линиями.

После планирования маршрут отправляется на мобильные единицы (комбайн, погрузчик и транспортное средство). Данные сохраняются на интернет-сервере и становятся доступными для выбранной мобильной единицы. На бортовом компьютере можно увидеть текущие позиции и соответствующий участок в цвете. Кликнув на выделенном цветом участок, водитель может ввести необходимые данные, которые бортовой компьютер отправляет на интернет-сер-

вер. Каждые 20 с сервер сверяет данные с соответствующими машинами. После окончания задания бортовой компьютер также обрабатывает и данные (например, водитель, время движения на участке, общее время движения, положение бурта и т.д.). По этим данным планируются маршруты для погрузчиков и транспортных средств. При этом оператор погрузчика видит текущее положение комбайна и буртов. Аэрофотосъемка обеспечивает эффективную работу без ненужных объездов [149].

Компания «ROPA» совместно с «Farmpilot» разработала системное решение R-Connect Farmpilot для сетевого соединения всех сторон, участвующих в управлении при сборе и транспортировке урожая сахарной свеклы. Это интеллектуальная сетевая система управления, охватывающая различные предприятия, для повышения эффективности логистики сахарной свеклы. Благодаря межсистемному сетевому соединению данные планирования и заданий доступны непосредственно всем сторонам.

Фермер заносит данные своих участков с сахарной свеклой в фермерский портал сахарного завода (размер площади, желаемая позиция бурта и дата уборки, подрядчик/сообщество по уборке). Диспетчер погрузчика создает в системе логистики свеклы сахарного завода план по транспортировке. Сахарный завод передает данные (имя и номер клиента, название и номер поля), включая план транспортировки, на сервер Farmpilot. План транспортировки автоматически передается выполняющим сбор урожая подрядчикам и сообществам в качестве основы для составления плана сбора урожая. Диспетчер комбайна может в любой момент изменить переданный план уборки в портале Farmpilot и дополнить другие задания. Водитель комбайна начинает задание в приложении Farmpilot. Приложение автоматически передает по Wi-Fi имя и номер клиента, название и номер поля, имя и номер водителя на терминал ROPA R-Touch, на котором одновременно начинается новое задание. При этом не требуется ручного ввода данных или работы на втором дисплее, что исключает ошибки передачи. Диспетчер имеет возможность в любое время отслеживать ход выполнения заданий на веб-портале Farmpilot, даже в дороге с помощью планшета. Благодаря GSM-соединению от терминала R-Touch к серверу ROPA R-Connect все важные состояния машины

во время выполнения технологического процесса отображаются в режиме реального времени и документируются в доступном виде. Как только водитель комбайна завершает текущее задание в приложении Farmpilot, автоматически завершается и задание на терминале R-Touch – не требуется ввода данных на терминале R-Touch вручную.

Все требующие расчета данные завершенного задания (убранная площадь, производительность, расход, доля холостого пробега, скорость копки) передаются с сервера R-Connect на Farmpilot. Также записываются и передаются данные о количестве свеклы, собранной в поле, включая позиции буртов, в которые выгружался бункер. Лицо, эксплуатирующее комбайн, отмечает в Farmpilot, какие данные будут передаваться диспетчерам по планированию транспортировки. На основании этих данных с комбайна в Farmpilot возможны детальное планирование транспортировки (также предварительное укрытие буртов) и корректировка плана уборки урожая. Преимущества: удобное и экономичное управление комбайном; выбор задания на карте местности без риска путаницы клиентов и полей; актуальный результат выполнения технологического процесса доступен в любой момент; расчетные данные открыты для диспетчера в короткие сроки после завершения задания; документация по убранному объему свеклы доступна для дальнейшего планирования транспортировки и подготовки к продаже.

6. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

6.1. Цифровые технологии мониторинга сельскохозяйственной техники

Некорректная техническая и технологическая настройка современной сельскохозяйственной техники, представляющей собой сочетание сложных механических и электронных систем, может привести к значительному недоиспользованию ее потенциальных возможностей. Следует учитывать и человеческий фактор, так как производительность труда разных механизаторов в одних и тех же условиях может отличаться на 40% [27]. Повысить эффективность использования техники, снизить материальные и временные затраты на организацию контроля за ее работой, сбор, обработку и анализ данных о ходе выполнения технологических процессов позволяют системы автоматического сбора и анализа информации и передачи на основе этого управляющих команд. Такие системы предлагаются рядом производителей тракторов и мобильной сельскохозяйственной техники [45]. Основная задача системы Telematics фирмы «Claas» заключается в том, чтобы повысить производительность всего парка техники. Это достигается за счет оптимизации выполнения технологического процесса на основе анализа рабочего времени, внесения корректив в настройки используемой техники, сбора, учета и документирования данных, повышения эксплуатационной надежности машин, улучшения планирования работ по техобслуживанию. С помощью спутников GPS (рис. 130) определяется местоположение машин, а по мобильной связи через регулярные промежутки времени к единому серверу передаются более 200 различных параметров о GPS-координатах, времени и характере выполняемых работ, технических показателях.

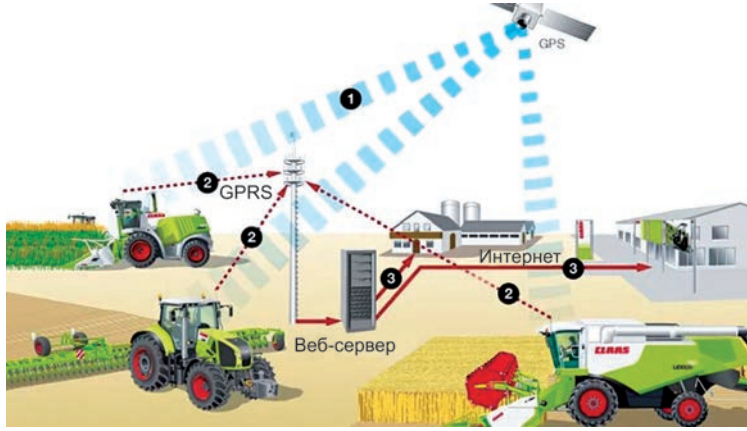


Рис. 130. Схема функционирования телеметрической системы Telematics:
1 – прием данных о местоположении через спутник;
2 – передача данных и настроек машины по мобильной сети на сервер;
3 – вызов данных фермером или удаленная диагностика дилером

Результаты исследования применения системы на зерноуборочных комбайнах в Германии и Великобритании показали, что она позволяет сократить время уборочной кампании на три дня, повысить производительность на 10%, а коэффициент использования рабочего времени – на 7%. Сокращение затрат составляет не менее 0,5%. Эффективность системы проявляется также в возможности удаленной диагностики, выявлении на ранней стадии узлов и компонентов, нуждающихся в срочном сервисном обслуживании. Через главное меню компьютера (пункты: панель приборов, машины, карта, сообщения, анализ, документация, управление, обучение, мой профиль) потребитель попадает в отдельные информационные разделы. С начальной страницы можно перейти к детальному отображению всех подключенных к системе машин. Интуитивное меню и навигация сайта открывают доступ ко всем возможным функциям. Функция *анализа времени* работы предоставляет данные о том, как и когда работала машина. Каждый день составляется отчет с данными за предыдущий день и анализом времени работы. Выявляются такие источники дополнительных затрат, как вынужденные простои и

слабые места логистики. С помощью индикатора полосы движения на карте можно просматривать полосы движения машин. Функция *оптимизации производительности* позволяет сравнивать значения параметров и показатели производительности до трех машин в режиме реального времени и вносить необходимые изменения. Функция *Claas Combine League* предоставляет возможность просмотра и сравнения анонимных показателей производительности и значений параметров машин других предприятий. Сравнивая эти параметры, можно дополнительно оптимизировать работу собственных машин. Функция *автоматическое документирование* документирует, интерпретирует и обрабатывает данные. Для этого используются заранее загруженные границы участков. Полученные данные можно экспортировать в формате IsoXML для дальнейшей обработки. Функция *TONI (Telematics on Implement)* в дополнение к данным трактора фиксирует также данные агрегатируемого орудия, для чего используется интерфейс ISOBUS между ним и трактором. Система Telematics может интерактивно отображать текущие сообщения о неполадках и сигналы тревоги машины. Их анализ позволяет делать выводы о возможных ошибках в управлении или объеме предстоящего ремонта. Программное обеспечение CDS REMOTE позволяет проводить подробную удаленную диагностику. Система Telematics в зависимости от объема решаемых задач предлагается в одном из трех вариантов: Telematics basic, Telematics advanced и Telematics professional. Чтобы пользоваться функциями системы вне офиса фирма «Claas» разработала мобильное приложение для смартфонов и планшетов на базе операционных систем iOS и Android. Приложение построено по той же схеме, что и сайт, и следует принципу «информировать, анализировать, оптимизировать».

Корпорация «AGCO» разработала телеметрическую систему для управления парком сельхозмашин AGCOMMAND, которая собирает данные, относящиеся к местоположению, настройкам и рабочим характеристикам машины. Это комплексное беспроводное информационное решение для сельхозпроизводителей и дилерских центров, позволяющее оценить в режиме реального времени до 25 основных параметров машины, а также сравнить эффективность использования до 5 ед. техники. На комбайнах производства кор-

порации «AGCO» количество параметров может доходить до 28. AGCOMMAND использует модуль записи данных, установленный на машине, подключенный к антенне GPS и модему GSM. Данные, собранные этим модулем, передаются через сеть GSM на сервер «AGCO», где зарегистрированный пользователь может получить доступ к ним через Интернет и защищенный веб-портал. Сайт позволяет просматривать собранные данные в реальном времени или анализировать их позже, а также управлять техническим обслуживанием машин. AGCOMMAND можно настроить на отправку сообщений электронной почтой или отправку предупреждений в виде текстовых сообщений SMS на мобильный телефон. Эти предупреждения можно использовать для уведомления владельца о въезде или выезде машины за предварительно определенные границы или определенную зону. Возможно ведение подробных журналов со сведениями о сервисном обслуживании. Если техника находится вне зоны уверенного приема сигнала GPRS, то встроенная память не допустит потери информации и передаст ее на сервер в случае перемещения машины в зону лучшего приема сигнала в течение 50 ч. Для работы с системой установки программного обеспечения на персональный компьютер не требуется, так как доступ к данным производится через любой веб-браузер. Требуется только наличие подключения к сети Интернет (www.myagcommand.com). Кроме того, разработано бесплатное приложение для пользователей мобильных устройств. Предлагается одна из двух версий, отличающихся перечнем считываемых по шине CAN данных: AGCOMMAND Standard+ или AGCOMMAND Advanced. Также корпорация «AGCO» предлагает универсальное исполнение системы, которое может быть установлено практически на любую технику любых производителей. Базовая версия AGCOMMAND Standard+ собирает следующие данные: местоположение, дату, время, состояние двигателя, наработку в моточасах, рабочее состояние, скорость переднего хода, частоту вращения коленчатого вала двигателя, расход топлива в режиме реального времени. Расширенная версия AGCOMMAND Advanced собирает данные по шине CANBUS машины для передачи более полных сведений на веб-сайт и более подробного анализа ее производительности. AGCOMMAND Advanced обеспечивает доступ к виртуальной

приборной панели машины, т.е. к настройкам и параметрам машины в режиме реального времени. Узнать о том, что машина вошла или покинула определенную зону, можно с помощью функции Geo-fence («Геозоны»).

Телематическая система AFS Connect фирмы «Case IH» позволяет владельцам и управляющим ферм отслеживать производительность машин и управлять ими в реальном времени, проводить удаленную диагностику с помощью компьютера из офиса, используя сигналы GPS и беспроводные сети передачи данных [3]. Анализ полученных данных позволяет улучшить логистику, сократить потребление топлива и повысить производительность. В AFS Connect используется комбинация спутников GPS и технологии сотовой связи для беспроводного соединения оборудования от дисплеев Case IH AFS Pro 300 или Pro 700 до офисных компьютеров в режиме реального времени. Предоставляемая в реальном времени информация помогает руководить парком машин, составлять отчеты об эффективности, удаленно управлять файлами и осуществлять двустороннее общение. Отчеты можно экспортировать в формате файлов Microsoft Excel, а информацию – отфильтровать по полю, оператору или задаче. Можно создавать статистические отчеты о работе всех требуемых машин и их операторов, а также сравнить и сопоставить показатели по уборке урожая для различных машин. Доступны две конфигурации AFS Connect. Первая – AFS Connect Manager, обеспечивает управление парком машин, отслеживание местоположения и просмотр рабочего состояния. Вторая – AFS Connect Executive, кроме компонентов AFS Connect Manager, содержит дополнительные функции: двустороннего общения; сравнение данных, поступающих от разных машин.

Телематическая система JDLink фирмы «John Deere» позволяет отслеживать работу машин непосредственно из офиса и любого места с доступом в Интернет или с мобильного телефона [4]. В зависимости от набора функций подразделяется на JDLink Select, JDLink Ultimate и JDLink Harvest Modules (табл. 14). Информация о местоположении машин предоставляется на цветной карте Google.

Таблица 14

Возможности модулей телеметрической системы JDLink

Показатели	JDLink Select	JDLink Ultimate	JDLink Harvest Modules
Расположение машин	+	+	+
Геограницы	+	+	+
Наработка	+	+	+
Планирование ТО	+	+	+
Потребление топлива	–	+	+
Использование машины:	–	+	+
диагностика	–	+	+
настройки	–	–	+
производительность	–	–	+
Service ADVISOR Remote	+	+	+

Функция Service ADVISOR Remote – дополнительная, предназначена для использования дилерами «John Deere» при диагностике и обновлении настроек машин.

Телематическая система PLM Connect компании «New Holland» дает возможность постоянного слежения за машинами из офиса, отправление и получение информации в режиме реального времени [5]. В зависимости от индивидуальных потребностей можно выбрать пакет начального уровня PLM Connect Essential или улучшенный профессиональный PLM Connect Professional. Основные возможности первого пакета: отслеживание движения машин по интерактивной карте; просмотр пройденного пути каждым мобильным средством; создание геозон для ферм и полей и настройка уведомлений о комендантском часе; получение уведомлений по электронной почте или SMS, когда техническое средство покидает границы геозоны или при включении зажигания в нерабочее время; создание индивидуальных отчетов о местоположении машин и часах работы двигателя. Пакет PLM Connect Professional содержит все функции пакета начального уровня, а также функцию отображения различных дисплеев для отслеживания рабочих параметров и кодов ошибок машин.

Разработкой телеметрических систем для мониторинга работы сельскохозяйственной техники занимаются также отечественные

компании. Компания «Ростсельмаш» для своих машин разработала систему дистанционного мониторинга и телеметрии AGROTRONIC, предназначенную для удаленного контроля над технологическими процессами с целью оптимизации режимов эксплуатации техники и использования рабочего времени, профилактики нарушений, обеспечения логистики [6]. При этом информация, которой оперирует система, доступна для просмотра и анализа как в режиме реального времени, так и виде отчетов за определённый период. Система AGROTRONIC позволяет контролировать сливы топлива, несанкционированные выгрузки уборочных машин, все виды простоев, рост эффективности применения техники в хозяйстве за счет анализа времени работы, оптимизировать настройки через дистанционный контроль параметров работы машин, максимально использовать мощность машин благодаря сравнению показателей производительности и оптимизации настроек, сократить время на техническое обслуживание, проводить анализ технологических процессов, улучшить планирование и логистику, снизить стоимость владения парком техники и улучшать показатели эффективности сельскохозяйственных работ. Компоненты системы: встроенный в бортовой компьютер модуль связи (GPRS-модем) (рис. 131а), внешняя ГЛОНАСС/GPRS-антенна (рис. 131б), карта памяти SD (рис. 131в), SIM-карта (рис. 131г).

а *б* *в* *г*

Рис. 131. Компоненты системы дистанционного мониторинга

В систему можно заходить как с планшета или мобильного телефона, так и ноутбука или стационарного компьютера. Разделы меню (слежение, уведомления, анализ, управление) отображаются на всех страницах веб-сайта дистанционного мониторинга в верхней части страницы. На главной странице отображается общая и сравнительная информация по всей технике, доступной пользователю для вывода за текущие сутки.

Система мониторинга техники АвтоГРАФ группы компаний «ТехноКом» предназначена для контроля расходования средств производства (топливо, удобрения, средства защиты растений, время), оказания помощи в организации рациональной логистики, контроля соблюдения технических требований к выполнению работ и контроля количества собранного урожая (при использовании специальных датчиков). На трактор, комбайн или другую мобильную технику устанавливается контроллер АвтоГРАФ (передающее и обрабатывающее информацию устройство). К нему подключаются необходимые датчики. В устройство вставляется SIM-карта местного оператора сотовой связи стандарта GSM и подключаются внешние GPS и GSM антенны. По GPRS-каналу информация о положении техники, уровне топлива в баке и других параметрах отправляется на сервер АвтоГРАФа или хозяйства. При потере связи контроллер начинает запись информации в свою внутреннюю память (до 60 суток). Для того чтобы обрабатывать полученную информацию, достаточно подключить любой компьютер к сети Интернет, установить специальную бесплатную программу и ввести пароль для входа в систему. Программа предоставляет широкий набор возможностей по отображению данных на электронной карте и в виде графиков, их анализу и формированию отчетов. Результаты использования системы: уменьшение расходов на топливо, удобрения, средства защиты растений, семена; повышение урожайности и качества продукции, оперативности управления растениеводством; наглядность результатов труда; оперативное формирование отчетов по всем этапам производственного процесса; повышение дисциплинированности сотрудников.

Компания «ГЛОНАСС Телематика» – поставщик услуг по интеграции и обслуживанию систем спутникового мониторинга автотранспорта (в том числе мобильной сельскохозяйственной техники). Компания оснащает мобильные средства оборудованием ГЛОНАСС/

GPS для спутникового мониторинга, оказания полного спектра телематических услуг в области мониторинга, услуг технической и сервисной поддержки. Программный продукт компании – система спутникового мониторинга Wialon Hosting. Мониторинг объектов включает в себя наблюдение за местонахождением объектов и их передвижениями на карте; отслеживание изменений определенных параметров объектов, таких как скорость движения, уровень топлива, температура и другие; управление объектами (выполнение команд, автоматическое выполнение заданий) и водителями (SMS, звонки, назначения); получение уведомлений об активности объекта; отслеживание движения объекта по заданному маршруту; интерпретация полученной от объекта информации в разнообразных отчетах (таблицы, графики) и др. Установка системы спутникового мониторинга на сельскохозяйственную технику помогает в решении следующих задач:

- определение географического местоположения, направление и скорость движения техники;
- контроль:

- погрузка, транспортировка, разгрузка грузов;
- расход топлива и несанкционированных сливов;
- время начала и окончания выполнения сельскохозяйственных работ;

соблюдение скоростного режима при выполнении сельскохозяйственных работ;

- нахождение объекта в пределах обозначенного участка (поля) с контролем времени входа/выхода объекта;
- соблюдение маршрута, вскрытие фактов его нарушения и необоснованных остановок;

- учет обработанных сельскохозяйственной техникой земельных угодий.

Основными устройством, устанавливаемым на мобильное средство, является блок спутникового мониторинга ГЛОНАСС/GPS, который предназначен для фиксации координат и показателей дополнительных датчиков, подключенных к нему, передачи этих данных на серверы для дальнейшей обработки и визуализации. За объектами мониторинга можно наблюдать на экране компьютера. Данные,

полученные в ходе мониторинга этих объектов, можно экспортировать в файлы различных форматов

Группа компаний «СКАУТ» предлагает систему СКАУТ – комплексное решение для спутникового контроля, аналитики и управления транспортом. Основные задачи системы: получить полную информацию о том, как используется и где находится каждая единица транспорта или спецтехники; предотвращать хищения горюче-смазочных материалов, несанкционированное использование и угоны; обеспечить эффективность и безопасность работы автотранспорта, контролировать основные затраты на его обслуживание и эксплуатацию.

Система работает на базе спутниковых GPS- и ГЛОНАСС-технологий и позволяет контролировать работу водителей, транспортных средств и спецтехники. На мобильное средство устанавливаются модули ГЛОНАСС/GPS-мониторинга. К модулям в зависимости от решаемых задач подключаются дополнительные датчики уровня, расхода топлива, моточасов, состояния навесного оборудования и др.

Информация от модулей поступает на сервер и обрабатывается в программном обеспечении СКАУТ-Платформа. Пользователи могут просматривать данные мониторинга на стационарных компьютерах и мобильных устройствах через Интернет. В программном обеспечении реализована система подробных отчетов. Это позволяет анализировать поступающую информацию и вовремя принимать грамотные управленческие решения.

Одно из решений «Контроль сельхозтехники» в составе системы позволяет определять площадь обработанного участка поля, следить за качеством обработки, фиксировать скорость обработки для разных типов работ, пресекать непроизводственные простои сельхозтехники, выявлять «левые» рейсы, повышать дисциплину водителей.

На сельскохозяйственную технику устанавливаются модули спутникового мониторинга, а в программном обеспечении реализован отчет «Площадь обработанного участка», который позволяет анализировать поступающую информацию. В отчёте содержится информация о каждом заезде на поле, обработанной площади и виде работ, скорости движения по полю, расходе топлива. В подробной части отчета доступно интерактивное построение трека работы на поле.

Используя уведомление «Контроль стоянок», пользователь может пресекать непроизводственные простои сельхозтехники. Уведомление «Срабатывание универсального датчика» позволяет выявлять и пресекать работу техники вне разрешенных полей. Уведомление «Выход из геозоны» поможет быть в курсе неразрешенных выходов из зоны обрабатываемого поля в рабочее время. Пользователь может также определить работу, выполненную с нерегламентированной скоростью. Например, вспахивать поле допускается со скоростью не более 10 км/ч. Если же оно было обработано с более высокой скоростью, то работу придется переделать.

Программное обеспечение ГИС «Агроаналитика» компании «Mielta» интегрирует воедино работу агрономического, инженерного и экономического отделов сельскохозяйственного предприятия с учетом индивидуальных потребностей. Задачи, решаемые ГИС:

- создание электронных карт полей в системе мониторинга: сбор информации для составления паспорта поля, определение точных границ полей, измерение площади сельхозугодий, картирование урожайности (плотность урожая) и др.; контроль работы техники в границах конкретного поля, время входа/выхода на объект; планирование и контроль графика работы техники, соблюдение маршрута движения, следование техники с урожаем строго на место разгрузки;
- контроль за ходом и качеством выполнения работ в рамках посевной/уборочной кампании: соблюдение скоростных характеристик мобильных средств и агрегатов при выполнении полевых работ и технологических операций; выполнение технологических операций без пропусков; контроль объема намолота комбайнами; ведение управленческого учёта по фактическим данным, а не по общим нормативам; автоматизированный расчёт объема выполненных работ; автоматическое определение типа операции, выполняемой техникой; ведение оперативной сводки статистики по ходу выполнения полевых работ;
- обеспечение сохранности и безопасности: идентификация техники – комбайны, тракторы, грузовая и легковая техника (система «свой-чужой»); контроль прибытия техники на объект для разгрузки; получение информации о точном месте выгрузки урожая.

Экономический эффект от использования ГИС: повышение урожайности; увеличение выработки на единицу техники, контроль ло-

гистических цепочек движения ГСМ, экономия гербицидов и минеральных удобрений.

6.2. Цифровые технологии диагностирования мобильной техники

Анализ и обобщение передовых решений в конструкциях машин, выпускаемых крупнейшими отечественными и зарубежными производителями, показал увеличение использования различных элементов, управляемых электронными блоками или бортовыми компьютерами в соответствии с заданной программой. Электронные базы данных и программные продукты могут применяться для организации работы предприятия на основе электронной системы обработки и хранения данных по парку машин, организации и проведения ремонтно-обслуживающих работ различных машин, узлов, систем, в том числе непосредственно в процессе их диагностирования. Ведущими фирмами-производителями техники разработаны электронные каталоги и инструкции по эксплуатации. Как правило, сервисная информация объединяется с диагностической программой. Использование электронной сервисной информации обеспечивает наиболее полное и оперативное представление информации для управления техническим состоянием машин. Пакет программного обеспечения содержит сведения и данные по диагностированию машины. В процессе обслуживания имеются различные возможности для поиска неисправности [150].

Мобильные машины используют большое количество электронных систем, которые интенсивно обмениваются данными и информацией в процессе работы. В некоторых тракторах и комбайнах задействовано до 80 электронных систем, которые осуществляют также функции диагностирования, например у трактора «John Deere» серий 8000 и 9000. В качестве основных можно отметить следующие системы: управления работой дизеля, управления гидроприводом трансмиссии, управления рабочими органами (может быть несколько), активной безопасности, комфорта и климат-контроля, навигации, связи и другие мультимедийные системы. Сбор, обработка данных, подготовка алгоритмов и формирование управляющих сигналов для работы отдельных систем, агрегатов и всей машины в целом проис-

ходят в электронных блоках управления (ЭБУ). Как правило, каждая электронная система имеет собственный ЭБУ. Входные сигналы, передаваемые датчиками и иными системами, служат в качестве входных величин. При поступлении в блок эти сигналы сравниваются с эталонными значениями и идентифицируются. На рис.132 показана схема боковой панели управления, а на рис. 133 – контрольные лампы дисплея трактора «Кировец К-424» [151].

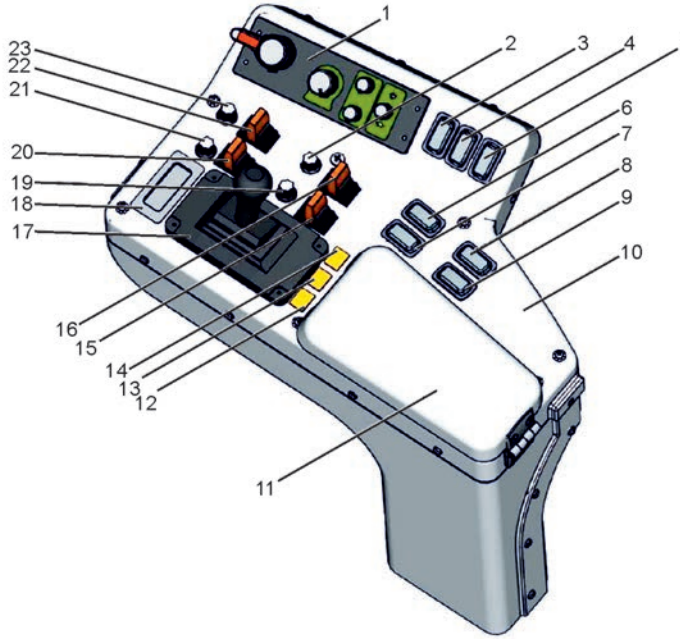


Рис. 132. Боковая панель управления трактора «Кировец К-424»: 1 – пульт EHR; 2, 19, 21, 23 – регуляторы потока; 3 – выключатель стояночного тормоза; 4 – выключатель аварийного останова ГНС; 5 – вызов диагностики ДВС; 6 –активация круиз-контроль; 7 – обороты ДВС; 8 – включение МОМ; 9 – дорога в поле; 10 – боковая панель; 11 – подлокотник; 12 – лампа диагностики КП ZF; 13 – лампа «холодный пуск»; 14 – лампа «масло ДВС»; 15, 16, 20, 22 – джойстики управления EHS; 17 – джойстик управления КП ZF; 18 – дисплей включенной передачи и индикации ошибок (ZF)

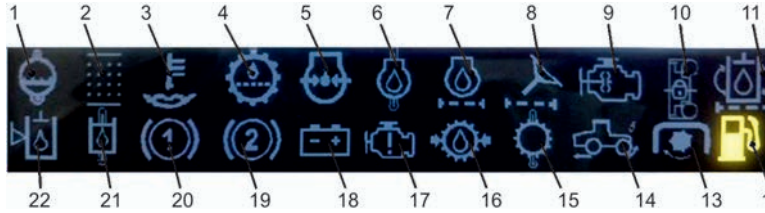


Рис. 133. Контрольные лампы дисплея трактора «Кировец К-424»: 1 – аварийная температура охлаждающей жидкости; 2 – засоренность воздушного фильтра; 3 – аварийный уровень охлаждающей жидкости; 4 – аварийное давление масла в КП; 5 – аварийное масло в ДВС; 6 – аварийная температура масла в двигателе; 7 – засоренность фильтра двигателя; 8 – засоренность фильтра рулевого управления; 9 – включение вентилятора двигателя; 10 – блокировка ГТР; 11 – засоренность фильтра ГНС; 12 – низкий уровень топлива; 13 – включение МОМ (опция); 14 – не используется; 15 – аварийная температура масла в КП; 16 – аварийное давление масла в КП; 17 – неисправность двигателя; 18 – низкий уровень заряда АКБ; 19 – аварийное давление воздуха во втором контуре пневмосистемы; 20 – аварийное давление воздуха в первом контуре пневмосистемы; 21 – аварийная температура масла в гидросистеме; 22 – аварийный уровень масла в гидробаке

Рис. 134. Статус прохождения технического обслуживания трактора «Кировец К-424»

Электронный блок управления трактора имеет экран статуса прохождения технического обслуживания (ТО). Для входа в данное окно необходимо в правом всплывающем меню выбрать пункт «Техническое обслуживание». Экран позволяет следить за состоянием статуса прохождения ТО. Значения цветовых индикаторов обозначают следующие действия: зеленый – ТО не требуется; желтый – приближается время прохождения очередного ТО; красный – необходимое ТО не пройдено (рис. 134) [151].

Электронные бортовые системы машин оснащаются системами самодиагностики. Эти системы необходимы для управления исполнительными механизмами машины, непрерывного тестирования в момент запуска и работы двигателя. Системы самодиагностики снабжают информацией о работе машины в целом, возможных дефектах, неисправностях узлов и агрегатов, а также отслеживают межсервисные интервалы, которые, в свою очередь, напоминают о необходимости своевременного прохождения технического обслуживания. Для комплексной оценки технического состояния машин используют технологии компьютерного диагностирования (рис. 135). На первом этапе происходит считывание всей информации при поиске неисправности. На втором – проверяются полученные данные. Далее – все полученные результаты анализируются, и делаются выводы о работе систем, наличии и характере предполагаемых неисправностей [152].

Рис. 135. Компютерное диагностирование двигателя автомобиля

Анализ передовых решений в сфере сельскохозяйственного машиностроения и технического сервиса показал, что идет развитие технологий удаленного диагностирования машин [27, 152-154]. Например, система Claas Remote Service используется для удаленного диагностирования и планирования технического обслуживания самоходной сельскохозяйственной техники. При работе комбайна или трактора системой по сотовой связи в режиме реального времени на диспетчерский пункт передаются эксплуатационные и диагностические сведения о состоянии машины и данные о ее местоположении. Специалист Claas видит эти сведения на сайте и может оказать удаленную поддержку клиенту, не выезжая непосредственно к машине. Также можно спланировать сроки технического обслуживания, вовремя заказать запчасти, основываясь на реальных данных.

6.3. Перспективы применения аддитивных технологий

Одним из наиболее динамично развивающихся и перспективных направлений является применение аддитивных технологий (АТ) для цифрового производства деталей по трехмерной компьютерной модели путем последовательного нанесения материала. Детали изготавливаются непосредственно по компьютерному файлу, содержащему 3D-модель, виртуально нарезанную на тонкие слои, которая передается в АТ-систему для послойного формирования конечного изделия.

Основными преимуществами аддитивных технологий перед традиционными являются сокращение трудоемкости изготовления, сроков и себестоимости проектирования и изготовления детали, экономия материалов. Мировой опыт указывает на большие возможности применения АТ в сельскохозяйственном машиностроении, в том числе для изготовления прототипов (макетов) и литейных форм, 3D-печати деталей из полимерных, металлических и керамических деталей, при восстановлении и упрочнении деталей [155-159]. По данным исследовательской компании «Frost & Sullivan», объем рынка АТ превышает 5 млрд долл. США, после 2025 г. он будет составлять более 21 млрд долл. В 2018 г. объем мировых инвестиций в этот сегмент рынка составил 13,8 млрд долл., к 2022 г. планируется порядка 22,7 млрд долл. [160].

Страны – технологические лидеры, такие как США, Германия, Великобритания, Япония и другие, суммарно контролируют более 50% мирового рынка аддитивного производства. Рынок установок 3D-печати делится на три сегмента. Самые высокие темпы роста отмечаются для дешевых 3D-принтеров, ориентированных на создание концептуальных макетов и пригодных для эксплуатации в офисной среде. Второй набор технологий предназначен для создания прототипов деталей. Дешевые и средние по стоимости установки обычно ориентированы на полимерные материалы. Установки высокого класса, составляющие третий сегмент, позволяют изготавливать полимерные, металлические и керамические детали [161]. Подавляющее большинство реализованных принтеров работает с полимерами. По данным «Микромет», больше всего адди-

тивных машин установлено в США, Японии и Германии. Анализ показал, что в больших объемах используют 3D-печать деталей из полимерных материалов [155, 162]. Для этого необходимы принтеры SLA, FDM и PoLyJet и др. [163, 164]. Технологию SLA (Stereolithography Apparatus) реализуют промышленные стереолитографические 3D-принтеры на фотополимерной смоле [165]. В них использован ультрафиолетовый лазер со светодиодной накачкой. Технологию SLS (Seiective Laser Sintering – селективное лазерное спекание) реализуют промышленные 3D-принтеры для печати деталей порошком нейлона (полиамида) и полипропилена [165]. Техническая характеристика некоторых промышленных 3D-принтеров SLS-N для печати деталей порошком нейлона (полиамида) и полипропилена приведены в табл. 15.

Таблица 15

Техническая характеристика некоторых промышленных 3D-принтеров SLS-N для печати деталей порошком нейлона (полиамида) и полипропилена

Показатели	SLS-320N	SLS-420N
Мощность лазера, Вт	30	55
Толщина слоя печати, мм	0,08-0,2	0,08-0,2
Потребляемая мощность, кВт	2	3
Габаритные размеры, мм	1950x1150x2350	1950x1250x2200

Группа компаний «Солвер» (официальный дилер фирмы «Stratasys» в России) рекомендует для 3D-печати полимерных деталей принтеры FDM и PoLyJet (табл. 16) [163, 164].

Таблица 16

Техническая характеристика некоторых 3D-принтеров PoLyJet

Показатели	Objet 24	Objet 1000 Plus
Максимальный размер создаваемой модели, мм	234+192+148,6	1000+800+500
Точность, мм	0,1	До 0,6
Габаритные размеры, мм	825x620x590	1960x2868x2102
Масса, кг	93	2200

Технологию SLM (Seiective Laser Melting – селективная лазерная плавка) реализуют промышленные 3D-принтеры для печати металлом, где применяется оптоволоконный лазер непрерывного действия (табл. 17) [165].

Таблица 17

Техническая характеристика некоторых промышленных 3D-принтеров SLM для печати металлом

Показатели	SLM-100	SLM-150	SLM-280
Размеры камеры построения, мм	100x1000x100	150x150x200	250x250x300
Потребляемая мощность, кВт	4	5	6
Толщина слоя печати, мкм	10-40	20-60	20-80
Габаритные размеры, мм	1600x1100x x2100	2000x1250x x2100	2100x1300x x2250
Масса, кг	850	1500	2000

Технологию LDM-LDM (Laser Metal Deposition – лазерное осаждение металла) реализуют промышленные 3D-принтеры печати металлом LDM [11]. Российский рынок аддитивного оборудования только начинает формироваться [166]. В 2018 г. по сравнению с 2017 г. он увеличился на 15% и составил 6 млрд руб., ожидаемое увеличение в 2019 г. – 20%, что соответствует мировым тенденциям [156].

Появились первые отечественные модели высокопроизводительных аддитивных машин, где наряду с импортными комплектующими используется российское программное обеспечение. Российская компания «Анизопринт» начала продажу 3D-принтеров Composer. Специальная печатная головка с двумя соплами позволяет не только печатать обычным пластиком, но и армировать его во время печати непрерывными углеродными волокнами, что делает материал в 25 раз прочнее и жестче по сравнению с чистым пластиком. Composer позволяет армировать различные пластики. Подготовка моделей и запуск печати могут осуществляться с локального компьютера [167].

Компания «Лазеры и Аппаратура» совместно с научным центром АО «НПЦ газотурбиностроения «Салют» разработала машину

МЛ7-1 для аддитивного производства изделий из металлического порошка МЛ7-1. В машине применяется волоконный лазер мощностью 1500-4000 Вт. Скорость построения детали – до 0,6 м/мин. В качестве расходных материалов могут использоваться материалы в порошковой форме, в том числе хромоникелевые сплавы, кобальт-хромовые сплавы и др. МЛ7-1 может быть использована для ремонта деталей двигателей, пресс-форм, изготовления изделий сложной формы [168].

ООО «Титан-Авангард» разработало 3D-принтер Additive Solutions D250. ООО «Русские механизмы» приступили к выпуску принципиально нового SLS-принтера, который позволит увеличить скорость печати в несколько раз [160, 169]. ООО «Эксклюзивные Решения» разработаны SLM-принтер Russian SLM FACTORY и программное обеспечение Triangultica.

В АО «ОДК-Авиадвигатель» в 2018 г. внедрена новая аддитивная технология микроплазменной наплавки для ремонта деталей авиадвигателя. В АО «ПОЛЕМА» получены новые порошки CompoNiAl-M5-3, суперинварные сплавы, сплавы высокой энтропии, жаропрочные и жаростойкие сплавы. В Кабардино-Балкарском государственном университете им. Х.М. Бербекова разрабатываются суперконструкционные полимеры, в том числе наполненные рублеными углеволокнами [160].

Для упрощения и ускорения процесса контроля применяются бесконтактные лазерные сканеры компании «KREON Technologies». Такие системы дают погрешность от ±15 мкм и выше. Комплексное использование данного оборудования существенно упрощает процесс измерения. Принцип работы лазерного сканера следующий: он крепится и подключается к контрольно-измерительной машине (КИМ). По заданной программе каретка КИМ осуществляет перемещения сканера вдоль детали. Лазерный луч, отражаясь от измеряемой поверхности, фиксируется оптической камерой и оцифровывается с помощью программного обеспечения в облако точек, по которому в дальнейшем строится 3D-поверхность [170].

В Центре технологий НАМИ для контроля отклонений геометрии деталей сначала проводится 3D-сканирование поверхностей (рис. 136). Затем данные сканирования сопоставляются с исходной

CAD-моделью, по которой была изготовлена деталь. Отклонения по всей поверхности отображаются в виде цветовой карты, на которой цветом наглядно обозначены отклонения. Карты отклонений позволяют сделать вывод об отклонении геометрии детали от CAD-модели и удобны при выборе стратегии дальнейшей механической обработки, поскольку позволяют «вписать» деталь в существующие припуски. Отчет о сопоставлении геометрии поверхностей сохраняется в PDF-файле [171].

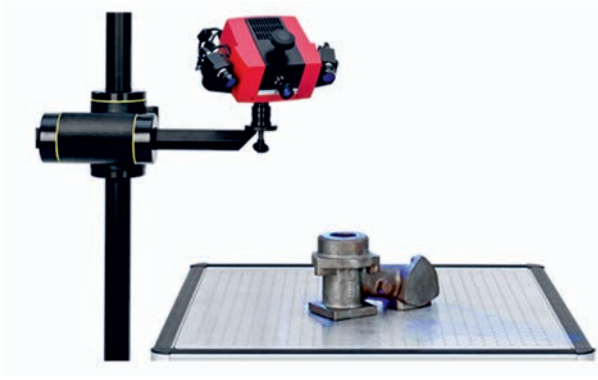


Рис. 136. Контроль геометрии поверхности детали бесконтактным 3D-сканером

Сканирование поврежденных поверхностей деталей и комплектующих сборочных единиц машин, используемых в лесном и агропромышленном комплексах с помощью 3D-сканера (реинжиниринг) с последующей компьютерной обработкой и 3D-печатью, открывает перспективы использования таких технологий в ремонтном производстве [155, 172]. Сканирование существенно увеличивает скорость и точность производства детали, а также снижает расходы на измерительный инструмент.

3D-сканер применяется при проведении контроля качества деталей на передовых ремонтных предприятиях [158, 173-175]. Одним из перспективных направлений внедрения 3D-технологий в ремонтное производство является комплексное применение аддитивных технологий и 3D-сканирования. При дефектации деталей после разборки ремонтируемых агрегатов машины с помощью 3D-сканера определяют величину износа, а 3D-принтера – восстанавливают изношенную поверхность с учетом неравномерности износа. К преимуществам

такой технологии ремонта следует отнести: повышение точности измерения за счет исключения человеческого фактора, уменьшение номенклатуры используемых средств измерения, возможность восстановления деталей сложной геометрической формы; нанесение слоя присадочного материала производится точно на место износа. Таким образом, снижается расход материала от 20 до 90%.

Существенным преимуществом перед традиционной технологией является возможность автоматизации технологического процесса ремонта [162, 163]. Аддитивные технологии для восстановления и упрочнения деталей с использованием сканирования применяют за рубежом. Лаборатория в Окридже (Oak Ridge National Laboratory) разработала новый процесс 3D-печати для ремонта деталей при ремонте дизельных двигателей. Технология реализована в компании «Cummins Inc». Процесс заключается в удалении изношенной части головки и последующей печати высокотемпературного сплава на это место. Износостойкость нанесенного материала выше, чем у материала серийной головки [175].

7. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ

Современная модель технологического развития предусматривает опережающее развитие и модернизацию российской экономики путем широкого освоения базисных инноваций пятого и ускоренного перехода на шестой технологический уклад, ядро которого составляют нано, био и информационно-телекоммуникационные (цифровые) технологии [176].

Переход на цифровое земледелие путем применения современных управленческих технологий, построенных на перспективных моделях организации сельскохозяйственных предприятий, а также внедрение подключенных производственных систем с интегрированными базами знаний по всем рабочим процессам становится неотъемлемой частью современного аграрного бизнеса России [22].

В цифровой экономике ключевым фактором оценки хозяйственной деятельности и состояния производства, на основе которого осуществляются управляющие воздействия, являются оцифрованные данные, полученные путем обработки больших объемов информации. Их результаты анализа позволяют повышать эффективность производственной деятельности, совершенствовать технологические решения, развивать системы хранения, реализации и доставки готовой продукции потребителям.

Согласно опросу BCG (Boston Consulting Group «Lessons from the Frontlines of the AgTech Revolution»), приоритетом № 1 для ¾ опрошенных руководителей международных агрохолдингов являются «технологии сельского хозяйств с поддержкой данных». Связано это с тем, что извлечение ранее недоступных данных и получение полезной для принятия решения информации позволяют агробизнесу оптимизировать ресурсы и снижать себестоимость.

Технологии с поддержкой данных включают в себя сенсоры, коммуникационную составляющую, хранение и агрегацию данных, оптимизационное оборудование, большие данные и аналитику, ПО, мобильные платформы и приложения для управления дронами, мо-

ниторинга и защиты растений, обработки изображений, фотоснимков [177].

Анализ отечественного и международного опыта показывает, что применение цифровых технологий – одна из основных особенностей современного периода развития мирового сельского хозяйства, важный фактор, обеспечивающий рост производительности труда, ресурсосбережения, устойчивость производства продуктов питания и сельскохозяйственного сырья, уменьшение техногенной нагрузки на окружающую среду, снижение потерь продукции в процессе производства, транспортировки и хранения.

Сельское хозяйство становится сектором с очень интенсивным потоком данных. Информация поступает от различных устройств, находящихся в поле, на ферме, от датчиков, агротехники, метеорологических станций, дронов, спутников, внешних систем, партнерских платформ, поставщиков. Общие данные от различных участников производственной цепочки, собранные в одном месте, позволяют получать информацию нового качества, находить закономерности, создавать добавочную стоимость для всех вовлеченных участников, применять современные научные методы обработки (Data Science) и на их основе принимать правильные решения, минимизирующие риски, улучшающие бизнес производителей и работу с потребителями [178].

Специалистам сельского хозяйства, консультантам становятся доступны мобильные или онлайн-приложения, которые при загрузке данных о своем поле (координаты, площадь, тип культур, прошлая урожайность) предоставляют точные рекомендации и последовательность действий с учетом анализа многих исторических и текущих факторов как на своем участке, так и во внешнем окружении, сравнивая данные, полученные от сельскохозяйственной техники, датчиков, дронов, спутников, других внешних устройств.

Программное обеспечение помогает определить лучшее время для посадки семян, удобрения, увлажнения или сбора урожая, просчитать время погрузки и доставки груза до покупателя; следить за температурой в зоне хранения и транспортировки, чтобы избежать потерь и доставить свежую продукцию; прогнозировать урожай и доход и получать советы по улучшению обработки растений в сравнении с прошлыми показателями.

Таким образом, основа «цифрового АПК» – не только статистические данные и информация от датчиков, а готовые математические модели процессов производства и сбыта, которые помогают не только анализировать производственный процесс, но и автоматически модерировать всю цепочку создания стоимости товара, планировать его объемы, качество, доходность в географическом и временно́м измерениях.

По экспертной оценке «J'son & Partners Consulting», крупные вертикально интегрированные агрохолдинги, создающие значительную добавленную стоимость, будут являться главной «индустриальной средой» для внедрения IoT-инноваций в сельском хозяйстве. В ближайшей перспективе большой бизнес и передовые средние хозяйства станут основными потребителями технологий AIoT в России в связи с возможностью привлекать инвестиции и готовностью к технологическим новациям. Крупные агропредприятия могут выступать пионерами во внедрении автоматизированных систем управления фермой на базе IoT, автономных агроботов, освоении методов инновационного программного обеспечения, необходимых для обработки больших сельскохозяйственных данных, а также в организации обучения, повышении квалификации кадров, планировании бизнес-командировок для знакомства с достижениями передовых зарубежных компаний.

Перспективным сегментом по применению AIoT-решений в отечественном агросекторе могут выступать также средние частные сельскохозяйственные предприятия. Они обладают достаточной гибкостью в вопросе выбора, апробации и активного использования новых технологий в производственном процессе, имеют достаточные финансовые ресурсы для вложения в ИТ-инфраструктуру.

Чтобы успешно управлять урожайностью, сельхозтоваропроизводителю необходимо [179]:

- организовать сбор подробных исторических данных по предыдущим урожаям, погоде, эффекту от каждого примененного химиката/ удобрения;
- получить непрерывный доступ к информации о погоде, температуре и содержании веществ в почве через систему полевых или встроенных в сельскохозяйственную технику датчиков и телекоммуникационные сети;

- интегрировать всю информацию в систему управления данными;
- внедрить систему бизнес-аналитики для обработки этих данных и разработки алгоритмов для подготовки инструкции;
- запрограммировать автоматическое управляющее воздействие в случае поступления команды на периферийные компоненты системы, такие как датчики полива, радиоуправляемые тракторы, БПЛА, распыляющие химикаты или проводящие аэрофотосъемку для оценки уровня вегетации, регуляторы температуры и влажности в теплицах и др.

Дальнейшая автоматизация представляет собой более высокий уровень цифровой интеграции, который затрагивает сложнейшие организационные изменения в бизнесе, однако их реализация способна кардинально повлиять на прибыль и конкурентоспособность производимой продукции.

Интеграция получаемых данных с различными интеллектуальными ИТ-приложениями, производящими их обработку в режиме реального времени, осуществляет революционный сдвиг в принятии решений для фермера, предоставляя результаты анализа множественных факторов и обоснование для последующих действий. При этом чем больше партнеров подключены в единую сеть и обмениваются данными через облако, тем более умной становится информационная система и больше полезной информации для пользователя она способна предоставить [179].

Длительное время использование ИТ в сельском хозяйстве ограничивалось применением компьютеров и ПО в основном для управления финансами и отслеживания коммерческих сделок. Резкий скачок в цифровизации сельского хозяйства произошел, когда технологические компании совместно с партнерами разработали системы и научились контролировать полный цикл растениеводства или животноводства за счет умных устройств, передающих и обрабатывающих текущие параметры каждого объекта и его окружения (оборудование и датчики, измеряющие параметры почвы, растений, микроклимата, характеристики животных и др.), а также бесшовных каналов коммуникаций между ними и внешними партнерами.

Благодаря включению в единую сеть объектов, обмену и управлению данными на основе интернета вещей, возросшей произво-

дительной мощности компьютеров, развитию программного обеспечения и облачных платформ стало возможным автоматизировать максимальное количество сельскохозяйственных процессов за счет создания виртуальной (цифровой) модели всего цикла производства и взаимосвязанных звеньев цепочки создания стоимости и с математической точностью планировать график работ, принимать экстренные меры для предотвращения потерь в случае зафиксированной угрозы, просчитывать возможную урожайность, себестоимость производства и прибыль [180].

Цифровизация и автоматизация максимального количества сельскохозяйственных процессов являются стратегией развития ведущих агропромышленных компаний мира. С помощью IT-технологий и автоматизации можно решить многие задачи, постоянно возникающие в длинной цепи создания стоимости и реализации сельскохозяйственной продукции.

В процессах управления производством продукции АПК постоянно растут объем и качество применяемых ИТ-технологий, в том числе систем сбора, хранения и обработки информации, источником которых являются данные, поступающие со спутников, специализированных датчиков и сенсоров, а также различных информационных систем управления. При этом значительно увеличиваются объем получаемых данных, потребность в их качественной обработке и достоверных выводах, на которые можно полагаться в процессе принятия управленческих решений.

Разработанная модель комплексной автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений в управлении технологическими процессами растениеводства имеет модульную структуру и базируется на комплексе математических моделей и методик (рис. 137). База данных модуля истории полей является основой для проведения интеллектуального анализа данных и создана с использованием технологии «BigData».

Цифровое планирование предполагает рациональное построение системы управления производством, призванное исключить негативное влияние человеческого фактора, связанного с ограничением знаний, неадекватностью мотиваций деятельности и ответственности при принятии управленческих решений на результаты производства.

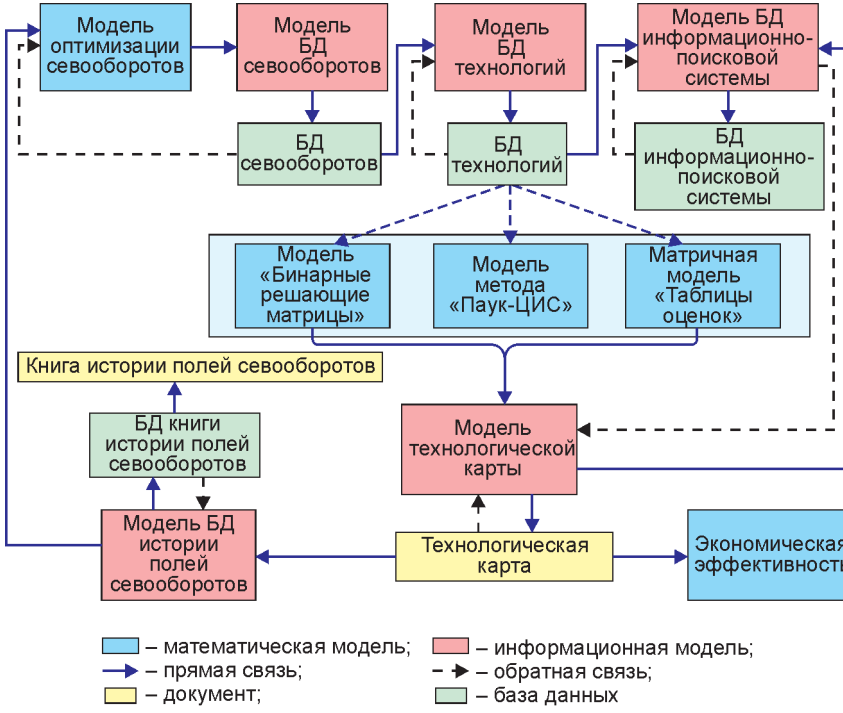


Рис. 137. Модельное обеспечение комплексной АИС управления технологическими процессами растениеводства

Это связано с тем, что с увеличением объема данных растет потребность в их качественной обработке и обосновании выводов, на основе которых принимаются решения. Сегодня 40% топменеджеров сельхозпредприятий озабочены необходимостью анализа больших данных [181].

Специалисты сервиса AgroNote строят свои решения на основе ретроспективного мониторинга: по накопленным данным дистанционного зондирования выделяют устойчивые внутриполевые зоны плодородия и готовят карты-задания на дифференцированное внесение удобрений для «умной» сельхозтехники. Это позволяет экономить 10-15% химикатов, повышает урожайность зерновых и качество продукции, а также сокращает пестицидную нагрузку на окружающую среду.

Как правило, в авангарде цифровой трансформации находятся крупные предприятия АПК, такие как агрохолдинг «Русагро», обрабатывающий почти 1% всех сельхозземель страны. Цифровизация компании началась с внедрения системы управления ресурсами – сегодня 1,5 тыс. сотрудников выходят в поле с заданиями, сформированными в SAP ERP (Enterprise Resource Planning – Система Планирования Ресурсов Предприятия компании SAP).

Поскольку в сельском хозяйстве многое зависит от природных условий, в «Русагро» агрегируются большие данные о развитии всех культур, детальные сведения о работе техники, свойствах гибридов и характеристиках полей, состоянии почв, применяемых технологиях и погодных условиях. Данные поступают как с собственных метеостанций, так и погодных сервисов, спутникового мониторинга и GPS-трекинга, контрольно-измерительных датчиков в полях. Анализируя их, компания корректирует свои производственные программы.

Особенно полезны для сельхозтоваропроизводителей системы контроля предприятий в режиме реального времени. Например, российский проект Агросигнал показывает все, что происходит с техникой. Это отражается на мониторах – любые сбои в работе легко заметить и оперативно исправить. Основное внимание компании сконцентрировано на контроле за посевами.

К системе подключено свыше 150 хозяйств, обрабатывающих более 2 млн га земли. Агросигнал позволяет планировать весь производственный цикл, корректировать планы по ходу их выполнения: приборы и датчики автоматически регистрируют факт выполнения работ. Опыт применения системы показывает, что производительность может быть увеличена на 100%, экономия материальных ценностей благодаря сокращению их потерь достигать 50%, а урожайность в ряде случаев повышаться на 10-15% [181].

Российской компанией «ExactFarming» разработан онлайн-сервис мониторинга полей и управления сельским хозяйством. В системе отражаются данные о погоде, индекс вегетации, севооборот за все годы, состояние почвы, информация о расходах и остатках продукции на складах. Сервис также позволяет вести учет и контроль хода полевых работ. ExactFarming помогает банкам принимать ре-

шения о выдаче кредитов аграриям благодаря более точной оценке различных рисков.

Компанией «Алан-ИТ» (Россия) разработана система Smart4agro – облачный геоинформационно-аналитический сервис для поддержки принятия управленческих решений в области сельского хозяйства, контроля, анализа и прогноза состояния сельхозугодий, обеспечивающий достоверную информацию о том, что происходит на каждом поле, что позволяет спрогнозировать урожай.

Компанией «ANT» накоплен значительный опыт по автоматизации процессов управления сельским хозяйством. Она является разработчиком комплекса специализированных программных решений в области растениеводства для агробизнеса и государственного сектора.

Одно из решений – учетная система со встроенной бизнес-аналитикой, которая позволяет вести учет, оптимально планировать работы, в том числе транспортно-элеваторную цепь, прогнозировать урожайность, контролировать ход работ – посевных и уборочных с помощью интерактивных дэшбордов в режиме реального времени, отслеживать отклонения от плана и видеть их причины и влияющие на конечные результаты факторы. Это позволяет управляющему персоналу агропредприятий и производственных подразделений повысить эффективность применения агротехнологий, сделать прозрачным процесс производства в растениеводстве.

По данным исследований ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, садоводство является одной из наиболее трудоемких отраслей сельского хозяйства, уровень механизации которой составляет порядка 15-20%, что служит основной сдерживающей причиной внедрения современных высокоэффективных технологий в производство плодово-ягодной продукции, вынужденного упрощения агротехнологий, снижения производительности труда и недобора урожая до 40-50%.

Получение высоких урожаев требует наличия большого объёма точной, полной и оперативной информации о параметрах жизнедеятельности растений на всех этапах их развития. Отсутствие или недостаточность исходных данных являются существенным ограничением при принятии рациональных производственных управленческих решений по корректировке технологий возделывания культур,

оптимальному распределению производственных возможностей и обеспечению уровня качества получаемой продукции.

Для реализации интеллектуальных технологий возделывания ягодных кустарников в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ обоснована структура системы управления продукционными процессами, включающая в себя:

- блок контроля параметров продукционного процесса (параметры жизнедеятельности растений с комплектом датчиков для сбора информации о состоянии растений и окружающей среды);
- информационно-аналитический блок для обработки и анализа информации;
- блок реализации управляющих воздействий, включающий в себя контроллеры стационарных систем орошения и контроллеры машин для выполнения технологических операций, в том числе подкормки и локального внесения удобрений и средств защиты растений, работающих с системами спутникового позиционирования.

Разработаны требования к автоматизированной системе управления продукционными процессами (АСУПП), обеспечивающей контроль и учёт внешних климатических факторов, показателей роста и состояния ягодных кустарников в критические фенофазы развития. Регистратор работает в режиме реального времени и постоянно производит сбор, хранение и передачу информации в автономном режиме. Метеомодуль обеспечивает беспроводную передачу данных в базу данных системы. Графическое представление данных о параметрах окружающей среды размещается в сети Интернет.

В процессе работы пользователю предоставляется возможность вводить и корректировать условия производства, тем самым адаптируя систему для формирования оптимизированных управленческих решений [182].

Рассматривая процессы цифровизации управления в животноводстве, которые связаны с живыми организмами, следует отметить, что почти все они интегрируются в системах управления стадом.

Исследования показывают, что основными требованиями к системе управления стадом являются [183]:

- необходимость перехода от визуального контроля к контролю через измеряемые параметры;

- уменьшение влияния человеческого фактора при выполнении рутинных производственных операций, а также при вводе информации о производственных процессах с животным в информационную систему, решение кадровых проблем и сокращение затрат на персонал;
- необходимость перехода от реактивного управления (меры принимаются как ответная реакция на происшедшее отклонение параметров от нормы) к активному управлению (такое отклонение только намечается с целью активного предотвращения негативных событий);
- минимизация влияния отрицательных индивидуальных особенностей животных на результаты производственного процесса.

Создание интеллектуальных цифровых систем управления производством в животноводстве предусматривает разработку и внедрение [184]:

- автоматизированной централизованной системы управления «умной» фермой;
- автоматизированных подсистем управления кормопроизводством, воспроизводством стада и зооветеринарным обслуживанием животных и др.;
- локальных цифровых подсистем управления технологическими процессами (доение, кормление, микроклимат, навозоудаление и др.);
- автоматизированных рабочих мест (АРМ) ведущих специалистов (ветеринарный врач, зоотехник, инженер);
- информационно-аналитических блоков по оценке качества продукции, взаимодействию с потребителями и др.

В молочном животноводстве цифровые технологии способны объединить и систематизировать данные, поступающие от чипированных животных; «умных» систем доения; приборов, детально анализирующих качество молока (например, Хёрд-навигатор); «сканеров упитанности»; «датчиков активности» животных; кормостанций, миксеров-кормораздатчиков или кормоцехов; систем микроклимата в помещениях и поения животных, автоматических цифровых весов, других видов техники, оборудования и «умных» устройств.

Роботизация процессов производства молока (Robotic Process Automation, RPA), сбор информации в режиме онлайн, формирование баз данных (Big Data), перманентная разработка и уточнение алгоритмов и цифровых моделей обеспечивают объективное, полное и оперативное «цифровое» отображение объектов управления. Минимизируется потребность в постоянном визуальном наблюдении и контроле. Оперативно, в полуавтоматическом или автоматическом режиме производится корректировка управленческих воздействий.

Например, измерение, сбор, хранение и анализ больших объемов данных электропроводности и показателей биохимии молока в процессе доения, упитанности и живой массы, температуры различных частей тела животных, их активности позволяют оперативно корректировать рацион, выявлять и диагностировать на ранних стадиях мастит, кетоз, ацидоз, другие болезни, связанные с обменом веществ, гинекологией, патологией конечностей, определять не дни, а часы, наиболее благоприятные для осеменения высокопродуктивных коров. Обеспечивается рост производственных и экономических результатов – выхода телят и молочной продуктивности, улучшается конверсия корма, снижаются расходы на осеменение, убытки от выбраковки коров и издержки на лечение животных [185].

Использование цифровых, автоматизированных технологий производства и управления в свиноводстве и птицеводстве позволило в сложных экономических условиях и при росте ветеринарных рисков динамично наращивать объемы производства продукции. В молочном животноводстве темпы использования цифровых технологий существенно ниже, однако уже есть хозяйства, объединяющие информацию со всех этапов сложных производственных процессов на базе единой «цифровой платформы» [186].

Примером компьютеризированной системы управления молочной фермой является созданная израильской компанией «S.A.E. AFIKIM» система AFIMILK, которая позволяет получать точную в режиме реального времени информацию о каждом животном в отдельности и стаде в целом, оценивать надои, состояние здоровья, репродуктивное поведение. С помощью AFIMILK можно контро-

лировать работу доильного оборудования, соблюдение технологии доения и др. Благодаря компьютеризированной системе ощутимо уменьшаются потери молока и выбраковка животных, снижаются трудозатраты [187].

Модульность системы AFIMILK позволяет двигаться от простого к сложному, поэтапно расширяя возможности, вплоть до полной компьютеризации молочного комплекса.

Из-за несвоевременно обнаруженного мастита резко снижаются надои, которые могут составлять 7-15%. Применяемый в системе интегрированный молокомер регистрирует электропроводность молока, что позволяет выявить субклинический мастит, т.е. заболевание до появления клинических признаков. Сопоставляя, анализируя и сводя в единую базу данные, полученные от каждого животного, система AFIMILK дает возможность своевременно распознать такие болезни, как кетоз, ламинит и др.

Система определяет продуктивность животного, измеряя удой каждой коровы, и управляет работой каждого доильного поста в отдельности и доильного зала в целом. Молокомер контролирует процесс доения, отвечает за действие вакуумного клапана, пульсацию, додаивание, регистрирует скорость молокоотдачи и обеспечивает своевременное снятие подвесной части доильного аппарата. Устройство можно использовать вне зависимости от конфигурации доильного зала без необходимости внесения конструктивных изменений в существующее оборудование.

Разработанное программное обеспечение AFIFARM является своеобразным центром, в который стекаются данные от всех функциональных модулей системы AFIMILK. Имея полный доступ ко всей базе, используя данные, предлагаемые программой, руководители и специалисты молочных ферм получают инструмент принятия решений как оперативных, тактических (в вопросах воспроизводства стада, производительности, сохранения здоровья кормления), так и долгосрочных, стратегических (прогнозирование уровня производства молока, селекция и др.).

Для проведения обследования, лечения или осеменения животных, а также взвешивания, определения моторной активности и маркировки разработаны соответствующие модули.

В отечественных разработках автоматизированной системы управления фермой также принят принцип модульности, так как в таких системах при выходе из строя одного модуля другие продолжали функционировать. Разрабатываемая автоматизированная система включает в себя систему модулей, спроектированных на платах Arduino [188]:

- сортировочных ворот;
- мониторинга массы каждого отдельного животного, совмещенная с системой сортировочных ворот;
- мониторинга температуры тела животных;
- учета численности вошедших и вышедших на ферму животных с помощью радиометок;
- индивидуальной подкормки микроэлементами и витаминами;
- измерения индивидуального объема надоенного молока у каждой особи;
- гашения пены молока ультразвуком во время доения;
- индивидуального определения жирности молока у каждой особи в процессе доения;
- круглосуточного контроля температуры и влажности помещения фермы, совмещенных с системой вентиляции;
- управления базами данных.

С помощью данной системы управления будут достигнуты автоматизация производства, увеличение производительности труда, прогнозируется экономия на заработной плате за счет уменьшения числа работников, снижения отрицательного влияния человеческого фактора в деятельности предприятия, так как ветеринарные мероприятия будут проведены вовремя, подобрана индивидуальная правильная подкормка и др.

При привязном содержании животных надежная фиксация в стойле позволяет оптимизировать все технологические процессы и ветеринарные мероприятия, сопутствующие привязному содержанию. При этом стойла оборудуются автоматизированной привязью, которая позволит сокращать затраты труда работников и повысит их безопасность, а также обеспечит свободный выход животных из помещений на активные моционы и при возникновении пожаров.

На основании анализа конструкций устройств и систем автоматизированного привязывания и отвязывания животных при их содержании в стойлах разработана автоматизированная система управления привязным содержанием. В целях дальнейшего развития автоматизации содержания животных и улучшения условий труда работников ферм, кроме автоматической системы привязи, разработаны инженерно-технические решения по оснащению помещений животноводческих комплексов раздвижными воротами и устройствами подачи звуковых сигналов, включение которых совпадает с активацией электроприводов привязи и ворот. Помещения животноводческих комплексов (стойловые, кормоприготовительные, молочные, подсобные и др.) оснащаются системами автоматической пожарной сигнализации.

Разработана структурная схема системы, доступная для применения специалистами соответствующей квалификации, целевая функция системы для выбора наилучшего из возможных вариантов. Показано решение задачи по определению соотношения между такими параметрами, как время обнаружения и тушения пожара и надежность и стоимость системы для животноводческого комплекса, при котором общие потери от пожара и стоимость системы минимальны [189].

Фирмой ООО «КОНЦЕПТ» (Россия) разработан программный модуль «Оперативный учет на фермах КРС» для «1С: Управление производственным предприятием» на базе «1С: Предприятие 8» [190]. Подсистемы модуля позволяют решать следующие задачи:

- количественно-весовой учет КРС;
- управление воспроизводством стада;
- учет надоя, реализации и расхода молока;
- учет ветеринарных мероприятий и анализ здоровья стада;
- учет кормов и рационов кормления животных;
- расчет заработной платы сотрудников с учетом производственных показателей предприятия.

Подсистема «Учет молока» (рис. 138) предназначена для учета валового надоя, его реализации, в том числе сотрудникам предпри-

ятия, и расходов на выпойку телят. Программа позволяет вести учет надоев как индивидуально по каждой корове, так и сводным показателем валового надоя молока на ферме. В зависимости от технической оснащенности предприятия и возможности доильного оборудования к интеграции со сторонними системами ввод информации о надоях молока производится либо по каждому животному, либо сводным значением.

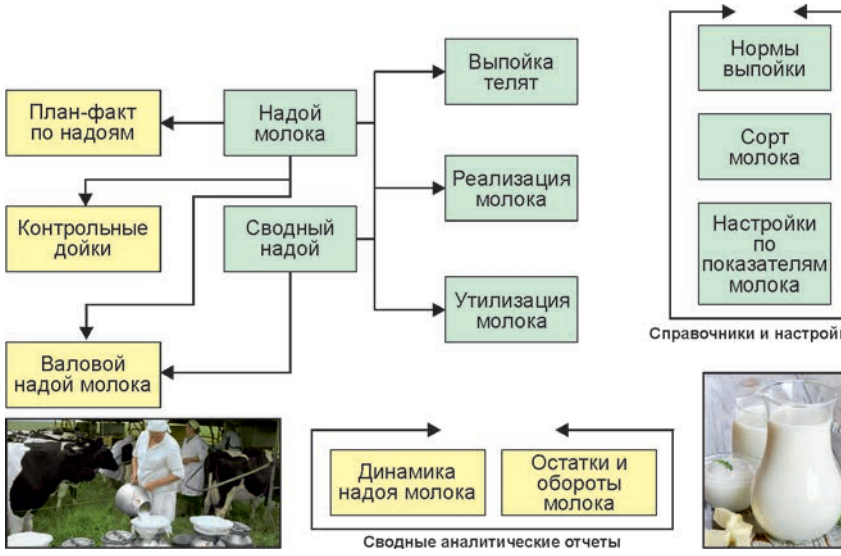


Рис. 138. Структура подсистемы «Учет молока»

Подсистема «Ветеринария» (рис. 139) включает в себя следующие ветеринарные мероприятия:

- осмотр животных;
- лечение животных;
- лабораторно-диагностические исследования;
- ветеринарные обработки;
- профилактические мероприятия.

Рис. 139. Структура подсистемы «Ветеринария»

При вводе данных подсистема «Ветеринария» позволяет учесть плановый и фактический расход ветеринарных препаратов. На основе введенной информации можно отслеживать здоровье стада, а также статистику по заболеваниям.

Подсистема «Учет кормов» (рис. 140) позволяет вести в программе учет рационов кормления животных, отслеживать движение ингредиентов для приготовления кормов, производство кормов и их списание (кормление животных). Система также позволяет учесть суточную потребность животных в корме.

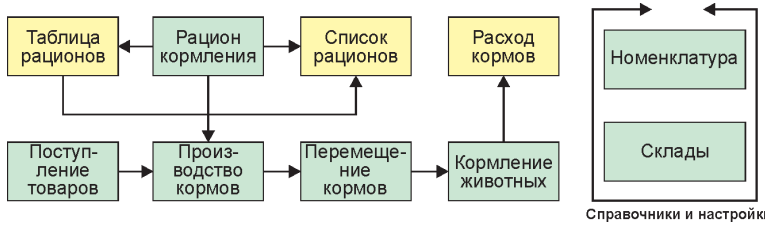


Рис. 140. Структура подсистемы «Учет кормов»

Модуль «Оперативный учет на фермах КРС» интегрирован в комплексную отраслевую ERP-систему – «ЦПС: АгроХолдинг», что является существенным преимуществом в сравнении со специализированными самостоятельными программами. Интеграция оперативного контура учета с другими подсистемами комплексной системы управления предприятием позволяет:

- проводить план-фактный анализ;
- осуществлять контроль производственных показателей;
- переносить данные в подсистему бухгалтерского учета.

Работа с программным модулем «Оперативный учет на фермах КРС» возможен в режиме обычного и управляемого приложений (в том числе через Web-браузер). При работе в обычном приложении доступ к документам, справочникам и отчетам системы осуществляется через интерфейс «Индивидуальный учет на фермах КРС».

В России ежегодно из-за «субъективного фактора» (потери во время транспортировки, недостаточное качество учета сельхозпродукции и др.) теряется около 1 млн т зерновых. Поэтому заслуживает внимания IoT-решение для сельского хозяйства, представленное компанией «Cognitive Technologies» (когнитивные технологии) для контроля перевозки зерна с поля до элеватора и сокращения потерь зерновых [178, 191].

Среди цифровых технологий в последнее время пользуется популярностью радиочастотная идентификация (RFID) как со стороны ее производителей, так и потребителей. Решения на основе ее использования постепенно распространяются во всех новых направлениях.

Технология уникальной идентификации физических объектов с использованием радиометок содержит в себе микрочип, который хранит уникальный идентификатор, а также антенну, способную передавать эту информацию на специальные радиосчитыватели.

Для оценки ее перспективности среди потребителей европейскими учеными было проведено исследование 55 компаний различных стран Евросоюза, занимающихся разнообразными видами предпринимательской деятельности. По результатам данного исследования было выявлено, что 79% из опрошенных компаний уже инвестировали в проекты на базе RFID-технологии, оставшиеся (21%) планируют это сделать в ближайшие один-три года. [191].

Наиболее активно происходит внедрение RFID-технологии с целью отслеживания перемещения продукции, а также упрощения

контроля за активами компании. Самыми востребованными его направлениями в Европе считаются розничная торговля (17%), логистика (15,1%), производство (15,1%).

С помощью технологии радиочастотной идентификации эффективно решаются задачи точного учета, приема и отгрузки продукции, значительно снижаются временные затраты и трудоемкость процесса инвентаризации.

Технология радиочастотной идентификации (RFID-технология) используется в программно-аппаратном комплексе Cognitive Agro Control, который позволяет организовать онлайн-обмен основными параметрами процесса уборки зерновых, их передачу на сервер центра управления уборкой, а также накопление с целью ведения статистического анализа. Для этого на рабочие элементы комбайнов, грузовиков, пунктов отгрузки зерновых культур (накопительные бункеры), элеватора установлены датчики и RFID-метки [192].

Таким образом, система может определить, с каким оборудованием работает комбайн. Поскольку жатки бывают разной ширины и во время уборки могут использоваться их разные модели, полученные данные позволяют идентифицировать тип жатки, следовательно, и ее ширину, что даст возможность при знании пройденного пути (определяется с использованием данных GPS) точно подсчитать обработанную площадь.

Установленный на комбайне считыватель видит RFDI-метки подъезжающих к нему грузовиков для отгрузки зерна. Он считывает их ID и передает на сервер. По номеру метки (в систему введен справочник ID и техники) система определяет, какой грузовик находится рядом с комбайном. По данным с датчиков, установленных на бункере комбайна, определяется масса отгруженного в грузовик зерна. Когда грузовик приезжает на элеватор, используются весы и считыватель меток. Такой подход обеспечивает полную прозрачность основных бизнес-процессов.

Применение RFID-технологии в животноводстве решает весь комплекс производственных и управленческих задач от учета поголовья скота, контроля его перемещения и всех текущих показателей до вакцинации и оптимизации селекционной работы, что обычно остается за периметром стандартных ИТ-решений умной фермы, но

легко реализуемо в RFID-решении. Таким образом, значительно сокращаются трудозатраты, ликвидируется возможность ошибок, вызванных человеческим фактором, ускоряется обработка информации даже в крупных хозяйствах, упрощается выявление положительной и отрицательной наследственности. Все это позволяет значительно повысить доходность сельскохозяйственных предприятий и их конкурентоспособность на мировом рынке [178].

По оценкам аналитиков, к 2020 г. в сельском хозяйстве ожидается до 100 млн подключенных устройств интернета вещей. Роль операторов будет расширяться: от предоставления услуг связи до предоставления законченных решений для аграрного сектора в области IoT за счет партнёрств и вертикальной интеграции с другими участниками экосистемы.

По прогнозу «J'son & Partners Consulting», в сельском хозяйстве для передачи данных на большие расстояния будут преимущественно использоваться технологии LPWAN /NB-IoT, в некоторых случаях – 2G и спутниковой связи. После 2020 г. в «умном» сельском хозяйстве будут применяться сетевые технологии пятого поколения 5G, например в области автономного вождения и мониторинга/управления сельскохозяйственной техникой, робототехники – там, где требуется малое время задержки и/или большие скорости передачи данных, недостижимые в современных сетях сотовой связи.

Для предприятий агропромышленного комплекса один из самых важных вопросов – качество продукции. Цифровизация даст отрасли возможность собирать данные, а значит, повышать качество продукции, что приведет к увеличению спроса и стабильности продаж.

Преимущество внедрения цифровой модели – детальное понимание происхождения и отслеживание перемещения продукции. Помимо очевидных плюсов, это гарантирует защиту от контрафакта и исключает возможность продажи продукции недобросовестными производителями. Кроме того, цифровизация позволяет контролировать качество и сроки годности на всей цепочке производства готовой продукции.

В итоге продукция пользуется большим доверием заказчиков, потребителей и контролирующих органов.

Управление на доцифровом уровне было возможно только в вертикально интегрированных холдингах, где производство контроли-

ровалось из единого центра. Теперь же стала возможной оптимизация интегрированного процесса. Звенья цепи скоординированы, вплоть до формирования производственного задания. Эффективное оперативное планирование поставок – серьезная задача, поскольку запросы от сбытовых направлений подвержены ежедневным корректировкам, а это может обернуться для компаний серьезными проблемами и финансовыми потерями.

Решить проблему оперативного планирования в условиях ежедневных корректировок поставок можно путем перехода на планирование в режиме реального времени. На первом этапе необходимо разработать детальную методологию управления цепочкой поставок, причем сбалансировать долгосрочные показатели и ограничения с оперативным спросом. Это нетривиальная задача.

Итогом проделанной работы должна стать цифровая система планирования, охватывающая всю цепочку закупки, производства, логистики и продажи. Такая система позволит специалистам в режиме реального времени планировать производство и поставки с учетом математических моделей спроса и динамики реализации [193].

Цифровизация в сельском хозяйстве позволяет создавать сложные автоматизированные цепочки, охватывающие розничные сети, оптовые торговые компании, логистику, сельхозпроизводителей и их поставщиков в единый процесс с адаптивным управлением. В свою очередь, цифровизация товарных потоков и производства делает возможным системное аккумулирование торговых партий для экспорта продукции АПК.

По данным международной консалтинговой компании «J'son & Partners Consulting», специализирующейся на рынках телекоммуникаций, цифровизация позволяет кардинально (до 10 раз) снизить транзакционные издержки на куплю-продажу товара и упростить цепочку поставок, что позволит торговым посредникам сохранить ту же маржу – 5% при снижении общей торговой наценки «на круг» с 85 до 25-35%. А за счет увеличения объема потребления (снижение розничных цен) абсолютные значения маржи вырастут в 1,5-2 раза

На рис. 141 представлена примерная схема сквозной автоматизированной производственно-сбытовой цепочки, включающей в себя сбытовые компании, сельхозтоваропроизводителей и поставщиков [194].

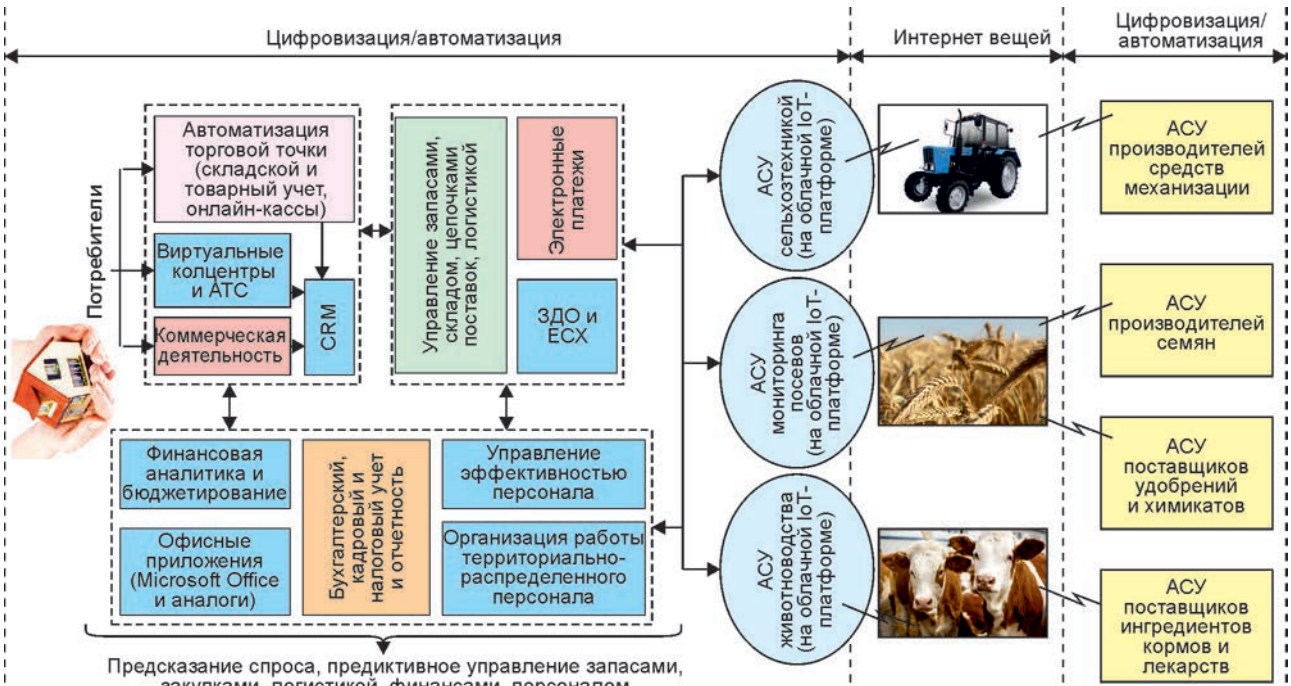


Рис. 141. Схема сквозной автоматизированной производственно-сбытовой цепочки

Практический опыт показывает, что современные решения в области цифрового управления цепочками поставок могут эффективно использоваться как в вертикально интегрированных агропромышленных холдингах, так и в среде совместной работы независимых компаний. Цифровизация снижает операционные и накладные затраты, увеличивая производственную эффективность и качество продукции [178].

Сценарий цифровой трансформации сельского хозяйства предполагает системную ускоренную цифровизацию сельскохозяйственного производства и интеграцию с направлениями программ цифровой экономики. Это диктует необходимость использования логистических грузоперевозок, стимулирование внутреннего потребления, развитие экспорта продукции и построение платформ, обеспечивающих сквозные цифровые решения для формирования добавленной стоимости и обеспечения конкурентоспособности российского бизнеса.

Реализация сценария подразумевает пошаговое развитие цифровизации отечественного сельского хозяйства в производственных циклах. Учитывая «горизонтальный характер» трансформируемой отрасли в целом, это обеспечит создание и цифровизацию цепочек жизненного цикла производства и реализации продукции (рис. 142) [195].

Рис. 142. Жизненный цикл (источник «J'Son & Partners»)

Применение цифровых технологий управления можно проследить на примере агрохолдинга «Кубань», входящего в диверсифици-

рованную промышленную группу «Базовый элемент». Основными направлениями деятельности являются животноводство, растениеводство, производство сахара, переработка и хранение зерна и семеноводство. В состав «Кубани» входят сельхозпредприятия, молочные фермы, свинокомплекс, комбикормовый завод, лабораторный комплекс по контролю качества кормов, сервисные центры по обслуживанию импортной и отечественной техники, три мощных зерновых элеватора, три завода по производству семенного материала, сахарный завод «Свобода» и элитное коневодческое предприятие – конный завод «Восход». Численность персонала – 5000 человек [196].

Основная задача управления холдингом – наладить функцию полного контроля. Для этого используются подробные карты полей, обработка информации со спутника, пакетная передача данных обработанной информации, постоянный мониторинг посевов с помощью дронов, «оцифровка» знаний агрономов и др.

В компании используется мониторинг работы сельхозтехники (маршрут, расход топлива, техническое состояние), позволяющий экономить до 30% топлива, автоматизированы процессы уборки урожая, вспашки, внесения удобрений и др. Для диагностики полей используются квадрокоптеры с камерами высокого разрешения, метеодатчики, а также база данных болезней растений, фактически применяя технологии big data.

Для точной метеосводки применяются датчики, которые измеряют температуру воздуха, уровень влажности, наличие дождя, а также скорость и траекторию движения воздушных масс, атмосферное давление. Исходя из полученных данных, специалисты холдинга могут более точно прогнозировать погодные условия и получать результаты экспресс-тестов по качественным показателям почвы. Химический анализ проводится в специальных лабораториях, однако экспресс-тесты, проводимые с помощью сенсоров, позволяют более оперативно реагировать на любые изменения.

Агрохолдинг «Кубань» одним из первых в агросекторе внедряет отраслевую ERP-систему в растениеводство для автоматизации

процессов управления производством, способную увязать производственные операции с ресурсами предприятия и обеспечить рост показателей эффективности. На основе специализированного программного комплекса Oracle JD Edwards Enterprise One с приложениями для сельского хозяйства автоматизируются управление, планирование и контроль процессов выращивания пшеницы, ячменя, сои, кукурузы, подсолнечника и сахарной свеклы на площади более 100 тыс. га.

С помощью специального так называемого «посоха агронома», оборудованного датчиками, системами GPS и ГЛОНАСС, проводится анализ основных показателей, определяющих уровень плодородия почвы. Это, прежде всего, определение влажности, органических веществ, гидролитической кислотности, pH солевой вытяжки, а также уровня нитратного и аммонийного азота, подвижных форм фосфора и калия.

Оборудование накапливает информацию и при попадании в зону сигнала 2G данные сразу передаются на сервер. По отзывам специалистов, благодаря цифровизации управления компания смогла стать одним из наиболее эффективных землепользователей и крупнейших животноводческих предприятий страны.

Примером комплексных решений для «умного» сельского хозяйства являются разработки компания «Pessl Instruments» (Австрия), которая вместе с партнерами по экосистеме, предлагает готовые решения, обеспечивающие реальный экономический эффект у фермеров при управлении производством (рис. 143). Разработанные компанией цифровые инструменты помогают фермерам принимать более обоснованные решения по оптимизации распределения ресурсов (семена, вода, удобрения, и др.) и делать поля более устойчивыми к сельскохозяйственным рискам (засуха, избыток воды, мороз, тепловой стресс, повреждение урожая вредителями, грибковыми инфекциями и др.). Использование фермерами предлагаемых цифровых инструментов может обеспечить лучший конечный результат [197].

Рис. 143. Комплексные решения для «умного» сельского хозяйства компании «Pessl Instruments»

FieldClimat.com – онлайн-платформа, позволяющая получить доступ к данным, собранным станциями и регистраторами iMETOS® или через приложения на мобильных приложениях:

FieldClimate – для Android и iO является мобильной версией онлайн-платформы FieldClimate. Используя Интернет, пользователь может иметь доступ к данным, где бы он ни находился. Приложение показывает данные всех сенсоров, подключенных к станции, в виде графиков и таблиц.

FieldAlert – для Android и iOS FieldAlert – производное приложение от FieldClimate, которое показывает только данные сенсоров, имеющих отношение к управлению заморозками т.е. температурой, а также данные сенсоров температуры влажного термометра, относительной влажности и точки росы (на различных высотах). Приложение разработано для пользователей станций iMETOS® с целью мониторинга заморозков и температуры, позволяет легко и быстро получать обзор наиболее важных данных.

FieldGuard – для Android FieldGuard – мобильное приложение, которое помогает более эффективно записывать полевые наблюдения и объединять полученные данные с FieldClimate по дате, времени и точном местоположении. Приложение способно фиксировать синдромы заболеваний, повреждения насекомыми и другие наблюдения. К полученной информации можно прикрепить фотографии, письменные заметки, аудиозаписи. Благодаря этим функциям выявляются симптомы заболеваний с географической привязкой фотографий, фиксируются мороз или убытки после града, оценивается количество сорняков, рассчитается объём пойманных насекомых с любой механической ловушки в поле.

Для функционирования цифрового управления сельским хозяйством компанией «Pessl Instruments» разработано 12 специализированных станций и регистраторов, часть из которых представлена в табл. 18.

Таблица 18

Станции и регистраторы для управления сельскохозяйственным производством компании Pessl Instruments

Регистрирующие станции	Краткая характеристика
1	2
iMetos® 3.3 – устройство нового поколения для прогноза погоды и мониторинга испарения, основанное на метеостанциях iMetos. iMetos SM выполняет аналогичные функции, но имеет сенсор температуры почвы и поддерживает шесть сенсоров Watermark	Имеет три фиксированных аналоговых входа (для измерения скорости ветра, влажности листа и подключения сенсора дождя) и пять цифровых. Подключение к Интернету – GSM – GPRS, EDGE, HDSPA, CDMA, UMTS, Wi-Fi, спутниковое. Габаритные размеры – 41x13x7 см. Масса без сенсоров – 2,2 кг. Интервал: измерений – 5 мин; записи – 15-120 мин (по выбору пользователя)

Продолжение табл. 18

1	2
Беспроводной iMetos ECO D3 на солнечной батарее, оснащен сенсорами осадков, уровня воды, температуры, влажности почвы, солености и др. Сенсоры предназначены для работы в жестких условиях во всех климатических зонах. Система может обрабатывать до 400 сенсоров через интеллектуальные системы	Подключение к Интернету – GSM – GPRS, EDGE, HDSPA, CDMA, UMTS, Wi-Fi, спутниковое. Габаритные размеры – 30x16x19 см. Масса без сенсоров – 1,9 кг. Интервал: измерений – 5 мин; записи – 15-120 мин (по выбору пользователя)
iMetos® ECO D3 ICE – наиболее точная и доступная система на веб-основе для предупреждения заморозков и различных стрессов. Присылает оповещения в режиме реального времени в любой точке мира с помощью SMS или Интернета. Веб-сервисы на сайте FieldClimate.com преображают информацию с сенсоров в интеллектуальные предупреждения и записывают все операции	Сенсоры осадков, температуры, относительной влажности листа, сухого и влажного термометра, цифровые входы. Подключение к Интернету – GSM – GPRS, EDGE, HDSPA, CDMA, UMTS, Wi-Fi, спутниковое. Оповещение SMS – настраивается пользователем на веб-сайте. Габаритные размеры без сенсоров – 30x16x19 см. Масса без сенсоров – 1,9 кг. Интервал: измерений – 5 мин; записи – 15-120 мин (по выбору пользователя)
TrapV® – комбинация аппаратных и программных решений для удаленного мониторинга различных сельскохозяйственных насекомых. TrapV® с интегрированной электроникой и липкой пластиной работает автономно, питается от солнечной панели и батареи. Многочисленные камеры дают высокое качество фотографий липкой пластины.	Анализ 19 вредителей сельскохозяйственных растений. Подключение к Интернету – GSM – GPRS, EDGE, HDSPA, UMTS. Размеры электроники (без установки ловушки) – 18x13x35 см. Масса – 0,93 кг. Интервал интернет-контакта – до 4 раз в день (обычно один раз в день)

Продолжение табл. 18

1	2
Изображения передают через GPRS на веб-платформе TrapV®. Проводят анализ снимков и автоматически определяют вредные организмы. Результаты исследований можно видеть в сети и на мобильных устройствах	
iMeteo®PRO – оптимальное сочетание измеренных и прогнозируемых метеорологических данных. Управляет точным семидневным микроклиматическим прогнозом, обновляется ежечасно. Доступ к этим данным можно получить в любое время с помощью компьютера или смартфона. Данные прогноза предоставляют уникальную платформу для точного планирования урожая, посева, выращивания (включая предупреждения о вспышках болезней), опрыскивания и логистики компании	Прогноз данных: температура воздуха и почвы, относительная влажность, вероятность дождя, солнечные дни, облачность, скорость, порыв и направление ветра, влажность листа и др. Оптимизация сроков проведения работ при уборке урожая, внесении удобрений, опрыскивании, прогноз развития болезней

Специалисты «J'son & Partners Consulting» считают перспективной модель прямых продаж, при которой сельхозпроизводители «видят» конечного потребителя, объем и структуру спроса, а за счет использования аналитики создают то, что необходимо. При этом управление поставками продукции осуществляется на принципах автоматического обмена информацией между участниками цепочки поставок с минимальным использованием складской и логистической инфраструктуры посредников оптового звена.

В связи с трансформирующим характером технологий интернета вещей, по мнению консультантов «J'son & Partners Consulting», наибольший эффект от внедрения технологий интернета вещей в сельском хозяйстве происходит тогда, когда «связанными» оказываются не только процессы внутри сельскохозяйственного цикла, но и как

можно больше звеньев цепочки добавленной стоимости, часть которых может заменяться автоматизированными решениями, превращая сельское хозяйство в «цифровую» отрасль.

Процессы цифровизация сельского хозяйства и экономики России будут вовлекать в развитие совместных IoT-решений всех участников цепочки создания стоимости продукции агросектора. Универсальным правилом в технологиях интернета вещей и сопутствующих процессах агрегации больших данных является то, что чем больше данных собирается в одном месте, тем «умнее» становится система и ценнее информация для потребителей.

В соответствии с концепцией «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» цифровые технологии в управлении АПК включают в себя разработку аналитических инструментов и баз данных: годовой отчетности различных сфер деятельности в отрасли, состояния продовольственных и ресурсных рынков, результатов интеллектуальной деятельности НИИ аграрного профиля и сельскохозяйственных вузов и др. [184].

Для выявления проблем, сдерживающих развитие цифровых технологий, определения наиболее приоритетных направлений государственной поддержки в области цифровизации АПК, разработаны специализированные индексы для оценки степени проникновения цифровых технологий в АПК [198].

На рис. 144 представлены уровни цифровизации АПК при использовании аналитических элементов и баз данных [178].

Для принятия управленческих решений Минсельхозом России создается единая информационная система прослеживаемости пищевой продукции с использованием прогнозных математических моделей на базе федеральной государственной информационной системы в области ветеринарии. Ее частью является система ветеринарной сертификации «Меркурий», функционирующая с 01.07.2018 на всей территории России [199, 200].

Реализация проекта «Цифровое сельское хозяйство» предусматривает объединение информационных ресурсов Минсельхоза России с базами Росреестра, Роскосмоса, ФНС России и других ведомств, что обеспечит пользователей цифровых платформ АПК вы-

соким уровнем верификации и полнотой данных, позволит формировать более точные прогнозы [201].

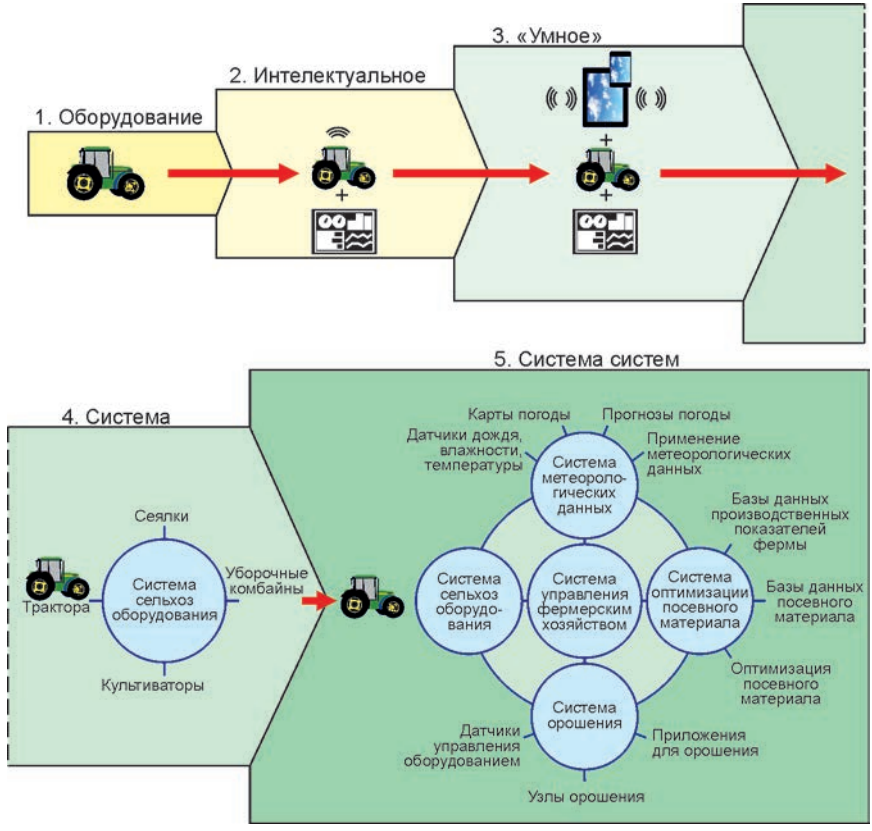


Рис. 144. Использование аналитических элементов и баз данных в зависимости от уровня цифровизации АПК

Минсельхозом России разрабатывается государственная информационная система прослеживаемости семенного материала, которая должна сократить «серый» рынок семян, составляющий порядка 40%, и благодаря усилению контроля повысить их качество.

Разрабатывается проект сопровождения сельскохозяйственной продукции на экспорт на основе безбумажной технологии (циф-

ровой платформы «От поля до порта»). Планируется, что к 2021 г. 100% сельскохозяйственной продукции, отправляемой на экспорт, будет сопровождаться безбумажной системой.

В начале 2017 г. в Минсельхозе России создан аналитический центр, где планируется «разложить» всю отрасль на типовые проекты, определить параметры лучших из них, чтобы затем продвигать самые эффективные модели ведения хозяйства. Для этого в ведомстве строят информационную платформу, агрегирующую порядка 13 тыс. показателей по сельхозпредприятиям, отработывается взаимодействие федеральной системы с информационными технологиями – системами регионов Российской Федерации.

В соответствии с ведомственным проектом «Цифровое сельское хозяйство» Единая федеральная информационная система земель сельскохозяйственного назначения (ЕФИС ЗСН) будет наполнена актуальной и достоверной информацией о землях сельскохозяйственного назначения, включая местоположение, состояние и фактическое использование каждого земельного участка по регионам России, сельскохозяйственную культуру и состояние сельскохозяйственной растительности в реальном времени.

Наряду с мониторингом состояния земель сельхозназначения совместно с Роскосмосом и Росгидрометом планируется создание единой базы снимков из космоса и климатических данных. Это позволит к 2021 г. внедрить интеллектуальное отраслевое планирование в 85 субъектах Российской Федерации (100%) по принципу выращивания наиболее рентабельных культур с учетом транспортного плеча к месту переработки или потребления.

В крупнейших аграрных вузах страны открыты кафедры цифровизации сельского хозяйства, где готовят специалистов в области интернета вещей и операторов квадрокоптеров [178].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на то, что темпы освоения инноваций в современном мировом сообществе значительно ускорились, многие отрасли все еще находятся на ранних стадиях применения науки о данных и передовых цифровых технологий в современной практике. Сельское хозяйство является одной из отраслей, находящихся на ранних этапах использования таких технологий, но активно продвигающих цифровую трансформацию.

Сельхозтоваропроизводители сталкиваются с нелегкими задачами при внедрении технологий точного земледелия. Это недоступность некоторых данных аэрофотосъемки, сложности получения государственных субсидий на внедрение технологий точного земледелия, отсутствие четких правил использования беспилотников, комплексных решений, которые бы обеспечивали автоматизацию и прозрачность бизнес-процессов. Решить эти проблемы должно объединение усилий Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Ассоциации интернета вещей, технологических и других компаний по созданию единого центра новых разработок, открытию доступа к данным для сельхозпроизводителей.

Возникает блок кадровых вопросов: недостаток IT-специалистов, адаптированных к агросфере, нехватка агрономов, способных работать с компьютерными программами и приложениями, низкая квалификация людей, обслуживающих новое оборудование. И от того, насколько быстро и грамотно будут решены данные вопросы, во многом зависит успех процесса цифровизации сельского хозяйства России.

Наша страна находится в начале пути, хотя условия для формирования новой системы уже созданы благодаря появлению аналитики «больших данных», «облачных» технологий, дешевых датчиков, широкополосной мобильной связи, развитию искусственного интеллекта и интернета вещей. Однако мониторинг полей, обследование с помощью дронов, навешивание датчиков на технику с последующим выводом информации в виде таблиц, инфографики и других анали-

тик – это разрозненные IT-решения, применимые в пределах одного агрохолдинга или производителя сельхозтехники, заказавшего софт. Следующим шагом должен стать переход к единой интеграции всех бизнес-процессов с элементами прогностического моделирования.

Обоснована целесообразность включения в Программу «Цифровая экономика Российской Федерации» подпрограммы «Цифровое сельское хозяйство». Единой концепцией предусмотрено шесть базовых («портфельных») направлений с последующим наполнением их инициативными проектами полного цикла (мероприятий): «Цифровые технологии в управлении АПК», «Умное землепользование», «Умное поле», «Умный сад», «Умная теплица», «Умная ферма». Эти направления должны составить общую Единую федеральную цифровую платформу федеральных органов исполнительной власти, в первую очередь Минобрнауки России и Минсельхоза России, и потребуют постоянной гармонизации показателей – индикаторов.

Цифровизация сельского хозяйства в корне изменяет традиционную экономическую парадигму, открывает новые возможности для повышения производительности труда, более устойчивого ведения сельского хозяйства, обеспечивающие конкурентоспособность и эффективность аграрного сектора настоящего и будущего.

Цифровизация аграрной отрасли позволит построить оптимальную систему хранения, транспортировки, переработки и реализации продукции, исключть ненужные звенья, регулировать производственные процессы в оптимальные сроки с наименьшими издержками, использовать машины и механизмы, совместимые с информационными системами и программным обеспечением, исключающим негативное влияние человеческого фактора, связанного с ограниченностью знаний, на результаты производства.

Цифровое сельское хозяйство становится неотъемлемой составляющей сельского хозяйства Европы и мира. В России также расширяется применение цифровых технологий в АПК. Так, агрохолдинг «Русагро», обрабатывающий почти 1% всех сельхозземель страны, внедрил системы управления ресурсами, оптимизации технологий, программируемую сельхозтехнику и др. Облачный сервис управления эффективным растениеводством компании «Проагротех» уже используется во многих хозяйствах, применение беспилотных летатель-

ных аппаратов для инвентаризации, мониторинга состояния посевов и качества выполняемых работ на полях реализован группой компаний «Зеленая долина» в Белгородской области, компания «Агротерра» в сотрудничестве с израильской «SMART Firtilizer» успешно провела эксперимент по установке датчиков на полях общей площадью 1 тыс. га в Тульской и Курской областях и др.

Однако темпы освоения цифровых технологий в сфере сельского хозяйства не отвечают современным требованиям. По уровню цифровизации Россия занимает 15 место в мире. Одна из причин низкой производительности сельскохозяйственного труда в нашей стране по сравнению с США и Западной Европой – слабое проникновение в отрасль интеллектуальных решений. Современные АИС применяются только на 5-10% посевных площадей. По данным Минсельхоза России, доля предприятий АПК, использующих технологии интернета вещей, точного земледелия, цифрового стада, «умных» теплиц, в 2018 г. составила менее 1%. Прогнозируется, что к 2021 г. она достигнет 20%, а к 2024 г. – 60%. Поэтому в Прогнозе научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 года в числе угроз для России названо «обострение «цифрового неравенства», которое может негативно сказаться на конкурентоспособности отечественной аграрной продукции.

В соответствии с «Дорожной картой», разработанной Фондом развития интернет-инициатив (ФРИИ), планируется, что к 2020 г. 30% российских фермерских хозяйств и агрокомплексов будет активно использовать технологии интернета вещей.

Цифровые технологии в животноводстве способны объединить и систематизировать данные, поступающие от чипированных животных, «умных» систем доения, приборов, детально анализирующих качество молока, «сканеров упитанности», «датчиков активности» животных, кормостанций, миксеров-кормораздатчиков или кормоцехов, систем микроклимата в помещениях и поения животных, автоматических цифровых весов, других видов техники, оборудования и «умных» устройств.

Чтобы начать широкую цифровую трансформацию сельского хозяйства, необходимо усовершенствовать систему подготовки кадров, ориентированную на адаптацию специалистов к требованиям циф-

ровой экономики. В России в 2 раза меньше ИТ-специалистов, чем в странах с развитым АПК. Даже проверенные кадры, обладающие опытом и навыками, не всегда способны оперативно реагировать на переход к новому технологическому укладу, основанному на цифровых технологиях.

Кроме того, цифровая трансформация сельского хозяйства нуждается в прямой поддержке сельскохозяйственных производителей, осваивающих технику и оборудование с высокой интеллектуальной составляющей, способной повысить темпы освоения цифровых технологий, конкурентность сельскохозяйственного производства и обеспечить инвестиционную привлекательность отрасли. В Европе, например, активно поддерживается введение новых технологий в АПК. Так, во Франции государство финансирует научные центры для разработки цифровых решений, которые доступны не только крупным компаниям, но и небольшим фермерам.

Исследования показывают, что задачи повышения производительности труда в сельском хозяйстве в 3-5 раз можно решить лишь в рамках моделей, базирующихся на IoT, а не с использованием традиционных моделей.

Для ускоренного сокращения технологического отставания России от ведущих стран мира по уровню производительности труда в сельском хозяйстве за счет разработки и освоения цифровых и интеллектуальных технологий необходимо значительно увеличить затраты на НИОКТР, что позволит задействовать инновационные механизмы и приблизиться к передовым странам по уровню технологического развития.

Литература

1. **Черноиванов В.И., Ежевский А.А., Федоренко В.Ф.** Интеллектуальная сельскохозяйственная техника. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 124 с.

2. **Федоренко В.Ф., Гольтяпин В.Я., Мишуров Н.П.** Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства за рубежом (по матер. Междунар. выставки «Agritechnica-2015»): науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 220 с.

3. «Интернет вещей» (IoT) в России. Технология будущего, доступная уже сейчас [Электронный ресурс]. – URL: IoT-inRussia-research_rus.pdf-документ с сайта www.pwc.ru (дата обращения: 11.03.2019).

4. **Есполов Т.И.** Цифровизация АПК – требование нового времени [Электронный ресурс]. – URL: http://kzvesti.kz/kv/thirdband/25528-cifrovizaciya-apk-trebovanie-novogo-vremeni.html (дата обращения: 10.05.2018).

5. Пояснительная записка к предложению о реализации нового направления программы «Цифровая экономика Российской Федерации». – URL: eAGRO fin 000.pdf с сайта iotas.ru (дата обращения: 11.03.2019).

6. ИТ в агропромышленном комплексе России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru (дата обращения: 11.03.2019).

7. **Федоров А.Д.** Цифровизация сельского хозяйства – необходимое условие повышения его конкурентоспособности [Электронный ресурс]. – URL: http://svetich.info/publikacii/tochnoe-zemledelie/cifrovizacija-selskogo-hozjaistva-neobho.html (дата обращения: 11.03.2019).

8. **Сальников С.Г.** Актуальные направления цифровой трансформации АПК России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.viapi.ru/ (дата обращения: 14.05.2018).

9. **Пушкарев М.С.** Интернет вещей (IoT): понятие и значение для формирования правовой основы цифровой трансформации экономики // Вопр. рос. и междунар. права. – 2018. – Т. 8. – № 1А. – С. 16-27.

10. IoT в России – что думают эксперты? Документ iot_in_russia.pdf с сайта csr-nw.ru) (дата обращения: 11.03.2019).

11. Понимание экосистемы сельскохозяйственных технологий (AgTech) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pwc.ru/ru/industries/agriculture/agtech.html) (дата обращения: 11.03.2019).

12. Интернет вещей в сельском хозяйстве (Agriculture IoT / AIoT): мировой опыт, кейсы применения и экономический эффект от внедрения в РФ [Электронный ресурс]. – URL: http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/internet-veschey-v-selskom-hozyaystve-agriculture-iot-aiot-mirovoy-opyt-keysy-primeneniya-i-ekonomicheskiy-effekt-ot-vnedreniya-v-rf-201706210453-16 (дата обращения: 27.06.2018).

13. **Буланов К.А., Косогор С.Н., Моторин О.А.** «Индустрия-4» для фермы // Информ. бюл. Минсельхоза России. – № 3. – 2019. – С. 20-21.

14. **Козубенко И.С.** Цифровая трансформация сельского хозяйства // Докл. на конф. «Информационные технологии на службе агропромышленного комплекса России». – М., 14-15 июня 2018 г.

15. **Федоренко В.Ф.** Цифровизация сельского хозяйства // Техника и оборуд. для села. – 2018. – № 6. – С. 2-7.

16. **Труфляк Е.В., Курченко Н.Ю., Креймер А.С.** Точное земледелие: состояние и перспективы. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 27 с.

17. **Бегляров Р.Р.** АЦ Минсельхоза России как инструмент продвижения эффективных пакетных технологических решений для СХТП // Докл. на конф. «Информационные технологии на службе агропромышленного комплекса России». – М., 14-15 июня 2018 г.

18. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. распоряж. Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. – № 1632-р [Электронный ресурс]. – URL: http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf (дата обращения: 04.05.2018).

19. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: офиц. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.

20. Цифровой АПК в реальности // Информ. бюл. Минсельхоза России. – № 3. – 2019. – С. 18-19.

21. Программа по цифровизации АПК будет запущена в России [Электронный ресурс] URL: https://agroinfo.com/0404201801-programma-pocifrovizacii-apk-budet-zapushhena-v-rossii/ (дата обращения: 10.06.2018).

22. **Козубенко И.С.** Вводим цифровые технологии // Информ. бюл. Минсельхоза России. – № 7. – 2018. – С. 13-19.

23. **Черноиванов В.И.** Цифровые технологии в АПК // Техника и оборуд. для села. – 2018. – № 5. – С. 2-5.

24. Национальная технологическая инициатива (НТИ) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru (дата обращения: 11.03.2019).

25. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. / В.И. Балабанов, В.Ф. Федоренко, В.Я. Гольтяпин и др. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 240 с.

26. **Щеголихина Т.А., Гольтяпин В.Я.** Современные технологии и оборудование для систем точного земледелия: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 80 с.

27. **Федоренко В.Ф., Черноиванов В.И., Гольтяпин В.Я., Федоренко И.В.** Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 232 с.

28. **Авдонина И.А.** Точное земледелие – стратегия эффективного развития сельского хозяйства // Науч. вестн. Технологического ин-та – филиала ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина. – 2015. – № 14. – С. 5-10.

29. **Максимова Е.** Precision farming для российских аграриев // Агроинвестор. – 2017. – Июль.

30. **Косякова Л.Н., Косяков В.Н.** Точное земледелие в России. Проблемы внедрения: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и студентов. – СПб-Пушкин: ФГБОУ ВО СПбГАУ, 2016. – С. 95-97.

31. ГОСТ Р 52928-2010. Система спутниковая навигационная глобальная. Термины и определения. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2011. – 16 с.

32. ГОСТ Р 52438-205. Географические информационные системы. Термины и определения. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2006. – 16 с.

33. Практически единственным оперативным и достоверным источником информации для отраслевой ГИС АПК являются данные ДЗЗ // Геоматика. – 2011. – № 2. – С. 8-12.

34. **Жумагельды А.Т.** Об использовании беспилотных летающих аппаратов в сельском хозяйстве России // «Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК»: Матер. регион. науч.-практ. конф. – Иркутск: Иркутский ГАУ им. А.А. Ежевского, 2017. – С. 415-420.

35. **Хорт Д.О., Личман Г.И., Филиппов Р.А., Беленков А.И.** Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) в точном земледелии // Фермер. Поволжье. – 2016. – № 7. – С. 34-37.

36. Best Agricultural Drones of 2018 – Reviews and Specs [Электронный ресурс]. – URL: https://www.dronethusiast.com/agricultural-drones/ (дата обращения: 24.01.2019).

37. **Руль М.** Дрон-тяжеловоз // Новое сел. хоз-во. – 2018. – № 2. – С. 44-45.

38. Наши продукты [Электронный ресурс]. – URL: https://www.geoscan.aero/ru/products/ (дата обращения: 24.01.2019).

39. Беспилотные летательные аппараты ZALA [Электронный ресурс]. – URL: http://zala.aero/ (дата обращения: 24.01.2019).

40. Беспилотные летательные аппараты [Электронный ресурс]. – URL: http://uav-siberia.com/catalog/uavs /(дата обращения: 24.01.2019).

41. Описание технологии [Электронный ресурс]. – URL: http://agrodronegroup.ru/ (дата обращения: 24.01.2019).

42. Агрокоптер Agrofly [Электронный ресурс]. – URL: https://agro-fly.com/tf1a/ (дата обращения: 24.04.2018).

43. Октокоптер DJI Agras MG-1 [Электронный ресурс]. – URL: https://digbox.ru/multikopter_dji_agras_mg_1_.html?utm_campaign=Poisk|Brend_Ostalnye-MSK&utm_medium=cpc&utm_source=yandex&utm_term=dji%20

agras%20mg%201&utm_content=dji%20agras%20mg%201%2F10843731514|c%3A29708928|b%3A4710672354|k%3A10843731514|st%3Asearch|a%3Ano|s%3Anone|t%3Apremium|p%3A1|r%3A|ad%3A2902992660 (дата обращения: 24.04.2018).

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

45. Экономический эффект применения систем мониторинга и контроля техники [Электронный ресурс]. – URL: http://files.runet-id.com/2017/rif/presentations/19apr.rif17-9.2--ruzanov.pdf (дата обращения: 04.02.2019).

46. Атлас 730 – Система параллельного вождения [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ksm-intech.ru/atlas730 (дата обращения: 04.07.2018).

47. Агронавигатор / Курсоуказатель – СПО «Агронавигация». Параллельное вождение [Электронный ресурс]. – URL: https://era-nt.ru/production/spo-trek (дата обращения: 04.07.2018).

48. Вышла новая версия популярного агронавигатора «ГлоНАШ Пилот 2.0» [Электронный ресурс]. – URL: https://intelagro.ru/blog/vyshla-novaya-versiya-populyarnogo-agronavigatora-glonash-pilot-2-0 (дата обращения: 04.07.2018).

49. Навигационная система для параллельного вождения и управления задачами с областным сервисом ГлоНАШ: листок-кат. – М., б/г. – 8 с.

50. Комплексные решения для точного земледелия: листок-кат. – «Инженерный центр ГЕОМИР», б/г. – 47 с.

51. **Щеголихина Т.А.** Технические средства для оценки состояния почвы в системе точного земледелия: аналит. информ. сообщ. – ФГБНУ «Росинформагротех». – пос. Правдинский, 2013. – 8 с.

52. Умное растениеводство [Электронный ресурс]. URL: https://iot.ru/wiki/umnoe-rastenievodstvo (дата обращения: 18.03.2019).

53. **Заикин Е.** Собственник фермы, который относится к предприятию как к бизнесу, неизбежно придет к автоматизации [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/egor-zaikin-direktor-po-razvitiyu-exactfarming-sobstvennik-fermy-kotoryy-otnositsya-k-predpriyatiyu- (дата обращения: 18.03.2019).

54. Как сажают зерновые при помощи ГЛОНАСС? [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/monitoring/kak_sazhaut_zernovye_pri_pomoschi_glonass (дата обращения: 19.03.2019).

55. Количество IoT-датчиков в сельском хозяйстве будет расти в геометрической прогрессии [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/internet-veshchey-sposoben-napryamuyu-vliyat-na-kachestvo-produ (дата обращения: 19.03.2019).

56. **Орлова Л.В., Орлов С.В.** Базы знаний и прямой посев // Информ. бюл. Минсельхоза России. – № 7. – 2018. – С. 20-22.

57. Как сельское хозяйство решит проблемы фермеров [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/umnoe-selskoe-khozyaystvo (дата обращения: 19.03.2019).

58. БПЛА как основа земледелия ближайшего будущего [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/bpla-kak-osnova-zemledeliya-blizhayshego-budushchego (дата обращения: 18.03.2019).

59. Создатели автономной фермы в Великобритании отпразднуют успех проекта [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/sozdateli-avtonomnoy-fermy-v-velikobritanii-otprazdnuyut-uspekh-proekta (дата обращения: 18.03.2019).

60. Дроны Dropcopter выполнят работу за пчел [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/drony-dropcopter-vypolnyat-rabotu-za-pchel (дата обращения: 20.03.2019).

61. Умные теплицы [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe khozyaystvo/umnye-teplitsy (дата обращения: 20.03.2019).

62. Российский производитель умных ферм iFarm привлек 1 млн долларов инвестиций [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/rossiyskiy-proizvoditel-umnykh-ferm-ifarm-privlek-1-mln-dollarov-investitsiy (дата обращения: 21.03.2019).

63. На пути к автономным теплицам на солнечных батареях Towards autonomous greenhouses solar-powered / A. Selmani, M. Outanoute, M. El Khayat, M. Guerbaoui, B. Bouchikhi. – Procedia Computer Science. – Volume 148. – 2019. – Pp. 495-501.

64. Достижения в области автоматизации теплиц и ведения сельского хозяйства в условиях контролируемой среды Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture / R.R. Shamshiri, F. Kalantari, K.C. Ting с соавторами. – INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING. – Т. 11. – Вып. 1. – С. 1-22.

65. Устойчивое управление энергопотреблением солнечных теплиц с использованием открытых погодных условий на платформе MACQU Sustainable energy management of solar greenhouses using open weather data on MACQU platform / LiLi; J. Li, H. Wang с соавторами. – INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING. – Т. 11. – Вып. 1. – С. 74-82.

66. Автоматизация овощехранилищ или как сохранить урожай зимой [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/avtomatizatsiya-ovoshchekhranilishch-ili-kak-sokhranit-urozhay-zimoy (дата обращения: 21.03.2019).

67. ГЛОНАСС/GPS технологии при посадках садов [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/monitoring/glonassgps_pri_posadkah_sadov (дата обращения: 18.03.2019).

68. **Орсик Л.С., Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Мишуров Н.П., Кузьмина Т.Н.** Приоритетные направления развития техники для животноводства за рубежом: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2007. – 188 с.

69. Разработка и внедрение системы разведения мясного скота на основе IoT Design and implementation of IoT-based beef cattle breeding system / S. Hao, S. Cai, R. Sun, Email Author, J. Li, C. Cheng. – International Agricultural Engineering Journal. – Vol. 26. – Issue 3. – September, 2017. – Pp. 302-309.

70. Программа управления стадом – Uniform Professional Global [Электронный ресурс]. – URL: http://novagrotec.ru/index.php/programma-upravleniya-stadom-uniform-professional-global).

71. TMR Tracker: Строгий контроль кормления КРС [Электронный ресурс]. – URL: http://novagrotec.ru/index.php/tmr-trekery.

72. Система TMR Tracrer TM Мониторинг. Измерение. Контроль: просп. ООО «НОВАГРОТЕК», б/г. – 4 с.

73. Система контроля процесса кормления CONNET: проспект Bernard van Lengerich Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, б/г. – 10 с.

74. **Савонина О.А.** Повышение эффективности использования земель на основе цифровых технологий // 3-я Междунар. науч. конф. «Наука молодых – будущее России», (г. Курск, 11-12 декабря 2018 г.). – С. 289-292.

75. **Постнова М.В., Скляр А.В.** О системах телеконтроля – управления биотехнологиями. – // Вестн. ВолГУ. – Сер. 11. Естественные науки. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 65-67.

76. **Скляр А.В.** Оптимизация управления производством на птицефабрике // Экономика и управление. – 2014. – № 2. – С. 62-64.

77. Интеллектуальная система мониторинга на основе распределенных объектов для животноводческого комплекса Intelligent Monitoring System Based on Distributed Object for Layer House / C. Meng, J. Wang, H Chen, H. Li, X. Zhang, J.X. Nongye / Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. – Vol. 48. – Issue 10. – 25 October 2017. – Pp. 292-299.

78. **Гамова Е.Е., Краснова С.В.** Развитие инновационных производств в АПК Республики Марий Эл // Электр. науч. журн. «Вектор экономики» – № 12. – 2018.

79. Веб-мониторинг здоровья пчел для исследователей и пчеловодов на основе Интернета вещей Web Monitoring of Bee Health for Researchers and Beekeepers Based on the Internet of Things / Ol. Debauche, M. El Moulat, S. Mahmoudi, S. Boukraa, F. Lebeau. – Procedia Computer Science. – Vol. 130. – 2018. – Pp. 991-998.

80. **Кузьмина Т.Н.** Современный менеджмент в свиноводстве // «Система технологий и машин для инновационного развития АПК России»: сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина. – М.: ВИМ, 2013. – С. 260-262.

81. **Кузьмина Т.Н.** Оборудование для «точного свиноводства» // «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве»: тр. Междунар. науч.-техн. конф. – 2010. – Т. 3. – С. 146-149.

82. Сельхозтехника без водителя уже реальна [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/num445.html#literal83488 (дата обращения: 21.03.2019).

83. Case IH развивает автономность и объявляет о старте пилотной программы [Электронный ресурс]. – URL: http://agropravda.com/news/novye-tehnologii/9361-case-ih-razvivaet-avtonomnost-i-objavljaet-o-starte-pilotnoj-programmy (дата обращения: 04.03.2019).

84. New Holland представляет автономный садовый трактор NHDrive T4.110F [Электронный ресурс]. – URL: http://agriculture1.newholland.com/apac/ru-ru/o-kompanii/novosti/novosti-i-sobytija/2018/new-holland-predstavljaet-avtonomnyj-sadovyj-traktor-nhdrive-t4-110f (дата обращения: 04.03.2019).

85. Agribot – польский робот-трактор [Электронный ресурс]. – URL: http: //kas32.com/post/view/266 (дата обращения: 04.03.2019).

86. Technologically advanced mechanical weed control products for inter-row and in the row hoeing in a broad range of crops. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.garford.com/index.html (дата обращения: 04.03.2019).

87. Cognitive Technologies испытала «автопилот» для комбайнов ночью [Электронный ресурс]. – URL: https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/cognitive-technologies-ispytala-avtopilot-dlya-kombaynov-nochyu (дата обращения: 18.04.2019).

88. **Ежевский А.А., Черноиванов В.И., Федоренко В.Ф.** Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства: науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. – 292 с.

89. Роботизированные системы в животноводстве: учеб. пособ. / А.А. Науменко, А.А. Чигрин, А.П. Палий, С.В. Кульбаба, И.Г. Бойко, Е.З. Петруша, С.А. Нагорный, А.П. Палий, В.В. Семенцов. – Харьков, 2015. – 171 с.

90. Роботизированные системы в молочном животноводстве [Электронный ресурс]. – URL: https://agrarnyisector.ru/zhivotnovodstvo/robotizirovannye-sistemy-v-molochnom-zhivotnovodstve.html (дата обращения: 03.04.2019).

91. **Абибуллаева А.Т., Матишев Д.А.** Применение автоматизированных систем на животноводческих комплексах // Молодежный научный вестник. – Май, 2018.

92. Lely Vector – роботизированная система кормления [Электронный ресурс]. – URL: http://1001tema.ru/p/lely-vector-robotizirovannaya-sistema-kormleniya (дата обращения: 04.04.2019).

93. Оптимальное использование кормов для обеспечения здоровья и продуктивности коров [Электронный ресурс]. – URL: https: //www.lely.com/ru/solutions/feeding/ (дата обращения: 04.04.2019).

94. Новая эра в роботизированном доении: как успеть за временем [Электронный ресурс]. – URL: https://predsedatel-apk.ru/zhivotnovodstvo-2/delaval-robot-doyar-vms-v300/ (дата обращения: 09.04.2019).

95. Статистика и прогнозы по миру. Доильные роботы. Сельское хозяйство и роботы [Электронный ресурс]. – URL: http://robotrends.ru/robopedia/doilnye-roboty.-statistika-i-prognozy-po-miru (дата обращения: 08.04.2019).

96. **Цой Ю.А., Мишуров Н.П.** Состояние и тенденции развития роботизированного оборудования для доения коров // Техника и оборуд. для села. – 2019. – № 5. – С. 2-9.

97. A5 Lely – доильный робот [Электронный ресурс]. – URL: http://www.yasnogorfarms.ru/catalog/doenie/doilnyj_robot1/ (дата обращения: 09.04.2019).

98. Применение роботизированных доильных установок [Электронный ресурс]. – URL: http://doilnye-apparaty.ru/articles/primenenie-robotizirovannih-doilnih.html) (дата обращения: 09.04.2019).

99. Партнерский материал. Компания DeLaval представила российскому рынку новые продукты [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agroinvestor.ru/business-pages/30411-delaval-predstavila-rossiyskomu-rynku-novye-produkty/ (дата обращения: 09.04.2019).

100. Робот-дояр FULLWOOD MERLIN M2 [Электронный ресурс]. – URL: http://izhagroteh.ru/robot-fullwood-merlin-mk4/ (дата обращения: 09.04.2019).

101. Доильный робот RDS Futureline Elite [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sacmilking.ru/product/doilnyy-robot-rds-futureline-elite-sac (дата обращения: 17.04.2019).

102. Мобильный робот-дояр SAC RDS Futureline Elite [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sacmilking.ru/product/mobilnyy-robot-doyar-sac (дата обращения: 17.04.2019).

103. GEA. Будущее начинается. Документ с сайта animalcentr.ru (дата обращения: 17.04.2019).

104. Роботизация животноводства [Электронный ресурс]. – URL: https://agro-smart.com.ua/news/robotizatsiya-zhivotnovodstva (дата обращения: 04.04.2019).

105. Доильные роботы: от маленькой фермы до большого комплекса [Электронный ресурс]. – URL: http: //agriculture.by/articles/tehnika-i-tehnologii/

doilnye-roboty-ot-malenkoj-fermy-do-bolshogo-kompleksa (дата обращения: 17.04.2019).

106. **Тимошенко В., Музыка А., Москалев А.** Доильные роботы: от маленькой фермы до большого комплекса // Белорусское сел. хоз-во. – № 8 (160). – Август, 2015.

107. Система повышения эффективности доения Dairymaster Mission Control [Электронный ресурс]. – URL: http://agrovesti.ru/rubrika/article/eurotier-2018-innovatsii-dlya-effektivno (дата обращения: 02.04.2019).

108. Роботизированный скрепер Scarabeo [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agrorubo.ru/navozouborochnoe-oborudovanie/dlya-navozoudaleniya/robotizirovannyj-skreper-scarabeo-4428 (дата обращения: 02.04.2019).

109. Робот для уборки коровника со сплошными полами Lely 120 Collector [Электронный ресурс]. – URL: http://givotnovod.ru/catalog/lely/soderzhanie-i-ukhod/robot-dlya-uborki-korovnikov/2217 (дата обращения: 02.04.2019).

110. Навозоуборочный робот [Электронный ресурс]. – URL: Srone http://ekoniva-tekhnika.ru/catalog/650 (дата обращения: 03.04.2019).

111. **Мишуров Н.П.** Роботизированные системы для удаления навоза из животноводческих помещений // Вестн. ВНИИМЖ. – № 4 (12). – 2013. – С. 122-126.

112. Роботы-навозоуборщики: Для щелевых полов PriBot [Электронный ресурс]. – URL: https://prinzing.eu/ru/entmistungstechnik/produkt/p/23/102/ (дата обращения: 02.04.2019).

113. Роботы для уборки навоза JOZ-Tech [Электронный ресурс]. – URL: http://amb.com.ru/product/roboty-dlja-uborki-navoza-joz-tech/?sent=yes#product-request (дата обращения: 02.04.2019).

114. Робот-уборщик MultiRob [Электронный ресурс]. – URL: http://agrovesti.ru/rubrika/article/eurotier-2018-innovatsii-dlya-effektivno (дата обращения: 02.04.2019).

115. Терминал S10. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.claas.ru/produkte/easy/lenksysteme/terminals/s10-terminal (дата обращения: 05.04.2019).

116. Терминал S7. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.claas.ru/produkte/easy/lenksysteme/terminals/s7-terminal (дата обращения: 05.04.2019).

117. Терминал COPILOT. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.claas.ru/produkte/easy/lenksysteme/terminals/copilot-terminal (дата обращения: 05.04.2019).

118. Полная наглядность. CEBIS. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.claas.ru/produkte/traktoren/xerion5000-4500-4000-lrc/kabine-komfort/cebis-ausstattung (дата обращения: 05.04.2019).

119. Massey Ferguson 8600 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.sabagro.ru/catalog/massey_ferguson/traktory/massey_ferguson_8600/ (дата обращения: 04.04.2019).

120. Новый терминал Massey Ferguson Datatronic 5 [Электронный ресурс]. – URL: http://agrokuznitsa.ru/novosti/novyy-terminal-massey-ferguson-datatronic-5/ (дата обращения: 04.04.2019).

121. Fendt 900 Vario [Электронный ресурс]. – URL: http://www.fendt.com/ru/geneva-assets/article/53270/206038_900Vario_08-2016_Web_RU.pdf (дата обращения: 04.04.2019).

122. Дисплей GreenStar 2 1800 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.deere.ru/ru_RU/products/equipment/agricultural_management_solutions/displays_and_receivers/greenstar_2_display_1800/greenstar_2_display_1800.page (дата обращения: 05.04.2019).

123. Дисплеи [Электронный ресурс]. – URL: https://www.caseih.com/apac/ru-ru/products/advanced-farming-system/displays (дата обращения: 04.04.2019).

124. Система OptiLine для оборотного плуга Diamant 11 // Agroreport. – 2016. – № 4-5. – С. 65.

125. GPS-based and automated body-lift-out feature optimizes ploughing results [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agritechnica.com/en/innovation-award/gold-and-silver/ (дата обращения: 03.04.2019).

126. Оборудование Case IH пополнилось инновационным сенсором [Электронный ресурс]. – URL: http://agropravda.com/news (дата обращения: 05.04.2019).

127. Многофункциональный посевной комплекс «Терминатор» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.prs.su/index.php?action=content&id=434 (дата обращения: 03.04.2019).

128. Интеллектуальное управление [Электронный ресурс]. – URL: http://www.poettinger.at/landtechnik/download/242.11.0513_Terrasem_fertilizer_ru.pdf (дата обращения: 03.04.2019).

129. Первый в мире сертифицированный универсальный терминал точного земледелия [Электронный ресурс]. – URL: http://www.agritimes.ru/articles/1698/pervyj-v-mire-sertificirovannyj-universalnyj-terminal-tochnogo-zemledeliya/ (дата обращения: 04.04.2019).

130. Бортовой компьютер AMALOG [Электронный ресурс]. – URL: http://et.amazone.de/files/pdf/mg948.pdf (дата обращения: 02.04.2019).

131. AGCO-RM: новые однодисковые пневматические сеялки Challenger 9800 для богатого урожая [Электронный ресурс]. – URL: http://agrarnik.ru/news/agco-rm-novye-odnodiskovye-pnevmaticheskie-sejalki-challenger-9800-dlja-bogatogo-urozhaja~1481/ (дата обращения: 05.04.2019).

132. «Чародейка» МПП-4,5 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.e-z.ru/charodeyka_mpp-45_p23d3sd10.html (дата обращения: 02.04.2019).

133. Инновационные системы ГОСНИТИ для новых и модернизированных сельхозмашин // Техника и оборуд. для села. – № 3. – 2009. – С. 26-27.

134. **Федоренко В.Ф.** Интеллектуализация – основной тренд инновационного развития сельскохозяйственной техники // Техника и оборуд. для села. – 2018. – № 12. – С. 2-8.

135. Fertiliser spreaders [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rabe-gb.de/sites/default/files/documentations/rabe.le_.spreaders.1405.en_.wb_.pdf (дата обращения: 03.04.2019).

136. SwingStop pro [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agritechnica.com/en/innovation-award/gold-and-silver/ (дата обращения: 03.04.2019).

137. Мировая новинка: CEMOS AUTOMATIC. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.claas.ru/produkte/maehdrescher/lexion770-750-2015/elektronik/cemos-automatic (дата обращения: 04.04.2019).

138. Очистка CLAAS 4D. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.claas.ru/produkte/maehdrescher/lexion770-750-2015/elektronik/4d-reinigung (дата обращения: 02.04.2019).

139. Дисплей IntelliView™ IV. [Электронный ресурс]. – URL: http://agriculture1.newholland.com/apac/ru-ru/sistema-upravlenija-tocnym-zemledeliem-plm/produkty/indikatory/displej-intelliv (дата обращения: 03.04.2019).

140. Комбайны серии CX8 [Электронный ресурс]. – URL: http://d3u1quraki94yp.cloudfront.net/nhag/apac/ru/assets/pdf/combines/cx8-80-brochure-apac-ru.pdf (дата обращения: 03.04.2019).

141. The first pro-active and automatic combine setting system [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agritechnica.com/en/innovation-award/gold-and-silver / (дата обращения: 06.04.2018).

142. RSM OptiMax. Интерактивный помощник оператора агромашины: листок-каталог. – Ростов н/Д.: Ростсельмаш, 2018. – 2 с.

143. Компактный, легкий и маневренный LightTraxx [Электронный ресурс]. – URL: http://www.agrifac.ru.com/holmer-exxact/lighttraxx (дата обращения: 03.04.2019).

144. Системы обработки данных CCI.Control Mobile [Электронный ресурс]. – URL: http://www.grimme.com/de/producttypes/datensysteme/cci-controlmobile (дата обращения: 03.04.2019).

145. Система управления HOLMER [Электронный ресурс]. – URL: https://www.holmer-maschinenbau.com/ru/izdelija/korchevatelnaja-tekhnika/terra-dos-t4/t4-30t4-40.html (дата обращения: 04.04.2019).

146. Terra Dos T3 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.holmer-maschinen-bau.com/fileadmin/user_upload/HOLMER_Welt/Downloadcenter/HOLM101-066_TerraDosT3_RU_RZ72.pdf (дата обращения: 04.04.2019).

147. HOLMER SmartTurn [Электронный ресурс]. – URL: https://www.holmer-maschinenbau.com/ru/izdelija/korchevatelnaja-tekhnika/terra-dos-t4/t4-30t4-40.html (дата обращения: 03.04.2019).

148. Инновации [Электронный ресурс]. – URL: http://ropa-rus.com/europanther/%d0%b8%d0%bd%d0%bd%d0%be%d0%b2%d0%b0%d1%86%d0%b8%d0%b8/ (дата обращения: 04.04.2019).

149. Интерфейс GIS [Электронный ресурс]. – URL: http://ropa-rus.com/ (дата обращения: 05.04.2019).

150. **Габитов И.И., Неговора А.В., Федоренко В.Ф.** Интеллектуализация технического сервиса топливоподающих систем дизелей. – М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 496 с.

151. Трактор «КИРОВЕЦ» К-424. Инструкция по эксплуатации К-424-0000010ИЭ. Терминал удаленного доступа. – URL: https://zinref.ru/000_uchebniki/05300_traktora/440_kirovec-k-424-instrukciya-poehkspluatacii-2017/001.htm.

152. **Польшакова Н.В., Доманов С.С.** Компьютерные технологии диагностики автомобиля // Молодой ученый. – 2015. – № 1. – С. 40-43.

153. **Бурак П.И., Голубев И.Г.** Реализация инновационных технологий технического сервиса. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 160 с.

154. Система удаленной диагностики /Claas Remote Service // Альманах инноваций: сб. передовых решений в сфере сельхозмашиностроения. – 2018. – № 1. – С. 22.

155. **Федоренко В.Ф., Голубев И.Г.** Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 140 с.

156. **Быков В.В., Голубев М.И., Голубев И.Г.** Направления использования аддитивных технологий при ремонте лесопромышленных и лесохозяйственных машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – № 3. – С. 26-30.

157. **Голубев И.Г., Голубев М.И., Быков В.В.** Перспективы применения аддитивных технологий при восстановлении деталей транспортных и технологических машин // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства : матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Тюмень, 2018. – С. 87-91.

158. **Серебреницкий П.П., Тетенькин А.С.** Аддитивные технологии в ремонтном производстве // Аддитивные технологии. – 2017. – № 4. – С. 52-53.

159. **Голубев И.Г., Спицын И.А., Быков В.В., Голубев М.И.** Перспективы применения аддитивных технологий при ремонте сельскохозяйственной техники // Тр. ГОСНИТИ. – 2018. – Т. 130. – С. 214-219.

160. **Карпова Т.** Развивающийся проект // Аддитивные технологии. – 2019. – № 2. – С. 10-11.

161. **Дежина И.Г.** и др. Публичный аналитический доклад по направлению «Новые производственные технологии». – Сколтех, 2015. – 210 с.

162. **Голубев И.Г., Быков В.В., Голубев М.И., Спицын И.А.** Анализ аддитивного оборудования для 3D-печати деталей // Техн. сервис машин. – 2019. – № 1 (134). – С. 194-200.

163. 3D-принтеры PoLyJet: просп. компании REC на выставке «Аддитивные технологии и 3D-печать в промышленности. – М., ЦВК «Экспоцентр» 23-26 января 2018 г. – 8 с.

164. 3D-принтеры FDM: просп. компании REC на выставке «Аддитивные технологии и 3D-печать в промышленности. – М., ЦВК «Экспоцентр» 23-6 января 2018 г. – 8 с.

165. Промышленные 3D-принтеры мирового уровня: просп. компании «Мосиндуктор» на Междунар. специализ. выставке «Станкостроение-2017». – М.: МВЦ Крокус Экспо, 10-13 октября 2017 г. – 10 с.

166. **Максимов Н.М.** Мировой рынок аддитивных технологий // Аддитивные технологии. – 2017. – № 2. – С. 16-22.

167. **Антонов Ф.** Composer: первый отечественный 3D-принтер для печати изделий из углепластика // Аддитивные технологии. – 2018. – № 1. – С. 13.

168. Послойное лазерное сплавление. Сер. МЛ7: просп. компании «Лазеры и аппаратура». – Зеленоград, 2018. – 18 с.

169. Лазерный SLS 3D-принтер RED ROCK: просп. ООО «Русские механизмы» на Междунар. специализ. выставке «Интерпластика-2019». – М.: МВЦ Крокус Экспо, 29 января – 1 февраля 2019 г. – 2 с.

170. Сканирование детали для получения 3D-модели. Терминал удаленного доступа. – URL: //https://cybercom.ru/info/articles/2017/skanirovanie_detali_dlya_polucheniya_3d_modeli/ (дата обращения: 02.05.2019).

171. Сканирование поверхностей. Терминал удаленного доступа. – URL: http://lapic.ru/Izmerenie_detaley/Skanirovan/ (дата обращения: 06.05.2019).

172. Центр технологий НАМИ. Быстрое прототипирование, аддитивные технологии, стереолитография, макетное производство, механическая обработка, 3D-сканирование. Терминал удаленного доступа. – URL: http://nami.ru/directions/technical/technology-. centre/3d-scanning/(дата обращения: 12.05.2019).

173. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве дорожно-строительных машин. Терминал удаленного доступа. – URL: http://snip1.ru/additivnye-texnologii/ (дата обращения: 03.05.2019).

174. **Тетенькин А.С.** Основные направления внедрения аддитивных технологий в ремонтное производство вооружения, военной и специальной техники // Инновационные материалы и технологии: сб. докл. науч.-практ. конф.– М.: Главное управление научно-исследовательской деятельности и технологического сопровождения передовых технологий (инновационных исследований) Минобороны России, 2017. – С. 93-94.

175. Технология ремонта // Аддитивные технологии. – 2017. – № 4. – С. 6.

176. **Буклагин Д.С.** Пятый технологический уклад: место АПК России // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16. – Вып. 1. – С.19-35.

177. Цифровизация в сельском хозяйстве: технологические и экономические барьеры в России [Электронный ресурс]. – URL: -hozyaystve-tehnologicheskie-i-ekonomicheskie-barery-v-rossii-20170913024550 (дата обращения: 14.02.2019).

178. ИТ в агропромышленном комплексе России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru/images/4/44/Agro_IoT.png (дата обращения: 14.02.2019).

179. Интернет вещей в сельском хозяйстве (Agriculture IoT / AIoT): мировой опыт, кейсы применения и экономический эффект от внедрения в РФ [Электронный ресурс]. – URL: https://surfingbird.ru/surf/internet-veshchej-v-selskom-hozyajstve-agriculture--2rFtaa478#.XHeZdrhn3cs (дата обращения: 20.02.2019).

180. **Ткаченко В.В., Лытнев Н.Н.** Разработка комплексной автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений в управлении технологическими процессами растениеводства (на матер. АПК Краснодарского края) // Вестн. Академии знаний. – № 29 (6). – 2018. – С. 249-253.

181. **Вартанова М.Л., Дробот Е.В.** Перспективы цифровизации сельского хозяйства как приоритетного направления импортозамещения // Экономические отношения. – 2018. – Т. 8. – № 1. – С. 1-18.

182. **Смирнов И.Г.** Разработка технологических процессов и технических средств для интеллектуальных технологий возделывания кустарниковых ягодных культур: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.20.01. – М., 2019. – 47 с.

183. **Бурда А.Г., Бурда С.А.** Целесообразность применения электронной системы управления молочным стадом в условиях цифровизации экономики // Науч. вест. ЮИМ. – № 3. – 2018. – С. 38-43.

184. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – URL: 97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf (документ с сайта mcxac.ru) (дата обращения: 18.02.2019).

185. **Суровцев В.Н.** Освоение цифровых технологий как основа стратегии развития молочного скотоводства // АПК: экономика, управление. – 2018. – № 9.

186. **Козина А.М., Семкив Л.П.** Использование цифровых технологий при производстве молока // Вестн. Новгородского филиала РАНХиГС. – 2018. – Т. 8. – № 2-1 (10). – С. 13-18.

187. Компьютеризированная система управления молочной фермой [Электронный ресурс]. – URL: https://www.agro-vek.ru/p99-kompyuterizirovannaya-sistema-upravleniya-molochnoy-fermoy/ (дата обращения: 20.02.2019).

188. **Волков Г.А., Назарова К.Р., Изиков В.Т.** Автоматизированная система управления фермой // Инновационная наука : сб. ст. по матер. XIV Междунар. науч.-практ. конф. – № 5 (14). – М.: «МЦНО», 2018. – С. 25-29.

189. **Манило И.И., Миколайчик И.Н., Воинков В.П.** Автоматизированная система управления привязным содержанием животных // Аграрный вестн. Урала. – № 12 (166). – 2017. – С. 58-64.

190. Радио Частотная Идентификация (РЧИ) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru/ (дата обращения: 14.02.2019).

191. Cognitive Agro Control – система автоматического контроля уборки зерновых. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:Cognitive_Agro_Control (дата обращения: 17.02.2019).

192. Зачем агропромышленным компаниям цифровизировать цепи поставок? [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru (дата обращения: 14.02.2019).

193. **Герасимов А.** Цифровизация процессов производства и сбыта сельхозпродукции [Электронный ресурс]. – URL: (документ 1.2_Gerasimov_Tsifrovizatsiya_APK.pdf с сайта www.osp.ru) (дата обращения: 14.02.2019).

194. Пояснительная записка к предложению о реализации нового направления программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: (документ с сайта iotas.ru) (дата обращения: 20.02.2019).

195. Кубань (агрохолдинг) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.tadviser.ru/ (дата обращения: 14.02.2019).

196. 30 лет – превращение информации в прибыль: просп. компании Pessl Instruments, б/г. – 47 с.

197. Методические рекомендации по разработке регионального индекса цифровизации агропромышленного комплекса: инструкт.-метод. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 112 с.

198. Проследить за качеством // Информ. бюл. Минсельхоза России. – 2018. – № 12. – С. 1.

199. Методические рекомендации по работе с аналитическими приложениями ЦИАС СГИО СХ: инструкт.-метод. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 112 с.

200. «Цифра» – новое качество АПК // Информ. бюл. Минсельхоза России. – 2018. – № 12. – С. 28-29.

201. Программный модуль «Оперативный учет на фермах КРС» для «1С: Управление производственным предприятием» на базе «1С: Предприятие 8». Руководство пользователя. – ООО «Концепт», 2018. – 118 с.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 3
1. СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 6
2. ТОЧНОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО 24
2.1. Глобальные системы спутникового позиционирования 27
2.2. Геоинформационные системы 32
2.3. Беспилотные летательные аппараты 39
2.4. Системы параллельного вождения сельскохозяйственной техники 52
2.5. Системы сбора информации о составе и плодородии почвы 67
3. ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ..78
3.1. «Умное» растениеводство 78
3.2. «Умное» животноводство 95
4. РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ 114
4.1. Робототехнические устройства в растениеводстве 115
4.2. Робототехнические системы в животноводстве 131
5. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ 175
5.1. Тракторы 175
5.2. Почвообрабатывающие машины 196
5.3. Посевные машины 200
5.4. Машины для внесения удобрений и средств защиты растений ...209
5.5. Зерноуборочные комбайны 217
5.6. Свеклоуборочные комбайны 233
6. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ 243
6.1. Цифровые технологии мониторинга сельскохозяйственной техники 243
6.2. Цифровые технологии диагностирования мобильной техники 254
6.3 Перспективы применения аддитивных технологии 258
7. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ 264
Заключение 295
Литература 299

Вячеслав Филиппович Федоренко,
Николай Петрович Мишуров,
Дмитрий Саввич Буклагин,
Владимир Яковлевич Гольтяпин,
Иван Григорьевич Голубев

ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Научное издание

Редакторы: *М.А. Обознова, В.И. Сидорова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *А.Г. Шалгинских*
Корректоры: *В.А. Белова, С.И. Ермакова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 26.07.2019 Формат 60x84/16
Печать офсетная Бумага офсетная Гарнитура шрифта «Times New Roman»
Печ. л. 19,75 Тираж 500 экз. Изд. заказ 43 Тип. заказ 385

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1503-9

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МИНСЕЛЬХОЗА РОССИИ

Информационный бюллетень Минсельхоза России выпускается ежемесячно тиражом более 4000 экземпляров и распространяется во всех регионах страны, поступает в органы управления АПК субъектов Российской Федерации. В журнале публикуются материалы информационно-аналитического характера о деятельности Министерства по реализации государственной аграрной политики, отражаются приоритеты, цели и направления развития сельского хозяйства и сельских территорий, материалы о мероприятиях, проводимых с участием первых лиц государства по вопросам развития отрасли, освещается ход реализации Госпрограммы на 2013-2020 годы.

Вы прочтете проблемные статьи и интервью с руководителями регионов, ведущими учеными-аграрниками, руководителями сельхозпредприятий и фермерами. Широко представлены новости АПК регионов.

В приложении к Информационному бюллетеню публикуются официальные документы – постановления Правительства России, законодательные и нормативные акты по вопросам АПК, приказы Минсельхоза России.

Подписку можно оформить через Роспечать (индекс 37138) и редакцию с любого месяца и на любой период, перечислив деньги на наш расчетный счет.
Стоимость подписки на второе полугодие 2019 г. с учетом доставки по Российской Федерации – 2256 руб. с учетом НДС (10%); 376 руб. с учетом НДС (10%) за один номер.

Банковские реквизиты: УФК по Московской области (Отдел №28 Управления Федерального казначейства по МО) ИНН 5038001475 / КПП 503801001 ФГБНУ «Росинформагротех», л/с 20486X71280, р/с 40501810545252000104 в ГУ Банка России по ЦФО БИК 044525000 в назначении платежа указать

Журнал уже получают тысячи сельхозтоваропроизводителей России и стран СНГ

В Информационном бюллетене Минсельхоза России Вы можете разместить свои аналитические и рекламные материалы, соответствующие целям и профилю журнала. Размещение рекламы можно оформить через ФГБНУ «Росинформагротех» перечислив деньги на наш расчетный счет.

Телефоны для справок: 8 (496) 531-19-92, (495) 993-55-83, (495) 993-44-04.
Факс 8 (496) 531-64-90
e-mail: market-fgnu@mail.ru, ivanova-fgnu@mail.ru