

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Минск
БГАТУ
2016

Шило, И. Н. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И. Н. Шило, Н. К. Толочко, Н. Н. Романюк, С. О. Нукешев. – Минск : БГАТУ, 2016. – 336 с. : ил. – ISBN 978-985-519-805-6.

В монографии рассмотрены современное состояние и перспективы развития интеллектуальных технологий в агропромышленном комплексе, в том числе вопросы применения интеллектуальных систем в растениеводстве и животноводстве, а также при техническом обслуживании сельскохозяйственной техники, в аграрном строительстве, аграрной электроэнергетике и аграрной логистике.

Для научных, инженерных и производственных работников, специализирующихся в агропромышленной сфере, а также студентов аграрных и технических учреждений высшего образования, магистрантов, аспирантов и преподавателей, интересующихся проблемами научно-технологического развития агропромышленного производства.

Табл. 5. Ил. 108. Библиогр.: 208 назв.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (протокол № 1 от 25.02.2016 г.)

Рецензенты:

доктор технических наук, заведующий кафедрой
«Технологии и механизация животноводства»

Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» *А. В. Китун;*

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Техническая эксплуатация автомобилей» Белорусского
национального технического университета *В. С. Ивашко*

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
ГЛАВА 1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ В АПК.....	8
1.1. Интеллектуализация производства: предпосылки развития.....	8
1.2. Интеллектуальные технологии: общая характеристика.....	12
1.3. Особенности развития интеллектуальных технологий в АПК.....	23
ГЛАВА 2. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	34
2.1. Интеллектуальные системы управления работой машин.....	34
2.1.1. Тракторы.....	34
2.1.2. Машинотракторные агрегаты.....	37
2.1.3. Сельскохозяйственные машины.....	43
2.1.4. Транспортные машины.....	47
2.2. Интеллектуальные системы точного земледелия.....	49
2.2.1. Точное управление движением машин.....	51
2.2.2. Точное управление работой машин.....	63
2.3. Роботизированные системы в полеводстве.....	101
2.3.1. Посадочно-посевные роботы.....	101
2.3.2. Роботы для ухода за растениями.....	104
2.3.3. Роботы для уборки урожая.....	116
2.3.4. Беспилотные летательные аппараты.....	118
2.4. Интеллектуальные теплицы.....	122
2.4.1. Интеллектуальные системы управления теплицами.....	122
2.4.2. Роботы в теплицах.....	133
2.5. Интеллектуальные молочные фермы.....	136

2.5.1. Интеллектуальные системы управления стадом	138
2.5.2. Роботы на молочных фермах	144
2.5.3. Интеллектуальные системы комплексного управления молочными фермами	164
2.6. Интеллектуальные свинофермы	175
2.7. Интеллектуальные птицефермы	177
ГЛАВА 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ.....	188
3.1. Интеллектуальные системы технического обслуживания	190
3.2. Интеллектуальное техническое обслуживание в АПК	196
3.2.1. Сельскохозяйственные машины	196
3.2.2. Транспортные машины	203
3.2.3. Станочное оборудование	215
3.2.4. Электроэнергетическое оборудование	217
ГЛАВА 4. АГРАРНОЕ ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО	218
4.1. Геоинформационные системы в строительстве и ЖКХ	221
4.2. Интеллектуальные системы в эксплуатации зданий.....	228
4.2.1. Концепция системы «умный дом».....	228
4.2.2. Функции и структурная схема системы «умный дом».....	233
4.2.3. Принципы проектирования системы «умный дом»	233
ГЛАВА 5. АГРАРНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА	256
5.1. Интеллектуальные энергосистемы	259
5.1.1. Концепция Smart Grid	259
5.1.2. Интеллектуальные энергосистемы с активно-адаптивной сетью	264
5.1.3. Интеллектуальные геоинформационные энергосистемы	268
5.2. Интеллектуальное оборудование для электрических сетей.....	276

5.3. Интеллектуальные системы контроля и учета энергоресурсов	281
5.4. Интеллектуальные системы управления освещением	285
ГЛАВА 6. АГРАРНАЯ ЛОГИСТИКА.....	289
6.1. Информационные системы в логистике	291
6.2. Интеллектуальные логистические технологии.....	294
6.2.1. Технологии идентификации	294
6.2.2. Навигационные технологии	299
6.2.3. Коммуникационные технологии.....	300
6.2.4. Технологии локализации	300
6.2.5. Технологии телематики	302
6.3. Особенности аграрной логистики.....	303
6.3.1. Материальные потоки в АПК.....	303
6.3.2. Современные подходы к развитию логистики в АПК	305
6.4. Информационное обеспечение логистической деятельности предприятий АПК	307
6.5. Интеллектуальные логистические системы в АПК.....	309
6.5.1. Транспортные логистические системы	311
6.5.2. Складские логистические системы.....	313
6.5.3. Логистические системы управления запасами	315
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	316

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из наиболее важных направлений современного научно-технического прогресса в производственной сфере является развитие интеллектуальных технологий. В них в роли технологических средств выступают интеллектуальные системы, характерная черта которых заключается в способности контролируемым образом реагировать на внешние и внутренние воздействия, настраивая определенным образом свои параметры в зависимости от особенностей проявления этих воздействий. Благодаря интеллектуализации производства обеспечивается повышение производительности труда при одновременном повышении качества и снижении себестоимости выпускаемой продукции.

В последние годы интеллектуальные технологии получают все большее распространение в агропромышленном комплексе (АПК). При этом эффективность и условия их применения в значительной мере определяются спецификой производственных процессов в различных отраслях АПК.

Для успешного продвижения интеллектуальных технологий в агропромышленную сферу необходимо обеспечить подготовку соответствующих специалистов. Решением задач интеллектуализации АПК должны заниматься коллективы научных, инженерных и производственных работников, которые специализируются, с одной стороны, в области агропромышленного производства, с другой – в области интеллектуальных систем. Соответственно, требуются обобщение и систематизация знаний и опыта по вопросам применения интеллектуальных технологий в АПК. Именно этому посвящена предлагаемая книга, в которой рассмотрены современное состояние и перспективы развития интеллектуальных технологий в АПК с учетом его многоотраслевой структуры. Основное место в ней уделено применению интеллектуальных систем в растениеводстве и животноводстве, а также при техническом обслуживании сельскохозяйственной техники, в аграрном строительстве, аграрной электроэнергетике и аграрной логистике.

Книга адресуется в первую очередь специалистам в области агропромышленного производства. При этом главной целью книги является обратить их внимание на потенциальные возможности интеллектуальных технологий и тем самым способствовать активизации их деятельности по эффективному применению интеллектуальных технологий в различных отраслях АПК. В тоже время книга может представлять интерес и для разработчиков интеллектуальной техники, которым практически важно знать о возможных направлениях и особенностях их применения в агропромышленном производстве. Книга также может быть полезна студентам аграрных и технических вузов, магистрантам, аспирантам и преподавателям, интересующимся проблемами научно-технологического развития АПК.

Книга подготовлена коллективом авторов, специализирующихся в вопросах инновационного развития агропромышленного производства, в составе: доктора технических наук, профессора И. Н. Шило, доктора физико-математических наук, профессора Н. К. Толочко, кандидата технических наук, доцента Н. Н. Романюка (Белорусский государственный аграрный технический университет) и доктора технических наук, профессора С. О. Нукешева (Казахский агротехнический университет им. С. Сейфулина).

ГЛАВА 1

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАЗВИТИЯ В АПК

1.1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА: ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ

К современным производственным процессам предъявляются требования по достижению наибольшей непрерывности, безопасности, гибкости и производительности при одновременном обеспечении оптимального управления производством, повышении качества и снижении себестоимости выпускаемой продукции. Эти требования могут быть успешно выполнены при соответствующем совершенствовании производственных процессов в ходе их развития путем все более полной замены труда человека машинным трудом.

Традиционно основными формами такого развития производственных процессов, характеризующимися разной степенью участия в них различных видов технических средств, являются механизация, автоматизация и компьютеризация производства [1, 2]. В последние 10–20 лет, наряду с указанными формами развития производственных процессов, все большее распространение получает еще одна форма – интеллектуализация производства, которая сегодня становится стратегическим направлением научно-технического прогресса для предприятий большинства отраслей экономики.

Автоматизацию производства принято рассматривать как высшую стадию его механизации, а компьютеризацию производства – как высшую стадию его автоматизации. Соответственно, интеллектуализацию производства следует рассматривать как высшую стадию его компьютеризации.

Все указанные формы развития производственных процессов находятся в тесной взаимосвязи, дополняя друг друга. В свою очередь, все они сами находятся в состоянии постоянного развития, обновления, совершенствования. При этом развитие механизации производства создает предпосылки для развития его автоматизации,

развитие механизации и автоматизации производства создает предпосылки для развития его компьютеризации и, наконец, развитие механизации, автоматизации и компьютеризации производства создает предпосылки для развития его интеллектуализации.

Механизация производства – это модернизация производства путем замены ручных средств труда (инструментов) машинами, обеспечивающими выполнение технологических операций; при этом ручной труд используется для управления машинами, их регулирования и наладки, а также на тех нетрудоемких технологических операциях, механизация которых экономически нецелесообразна [3].

К техническим средствам механизации производства относятся рабочие машины, совершающие определенные технологические операции в производственном процессе, а также другие машины или механизмы, непосредственно не участвующие в этих операциях, но необходимые для того, чтобы данный процесс мог вообще совершаться (например, вентиляционные установки).

В конструктивном отношении рабочая машина представляет собой механизм или сочетание механизмов. Рабочие машины подразделяются на технологические – осуществляют изменение размеров, формы и свойств обрабатываемых предметов и транспортные – осуществляют изменение положения обрабатываемых предметов.

В зависимости от степени оснащения производственных процессов техническими средствами и рода работ различают частичную и комплексную механизацию производства. При частичной механизации механизуются отдельные технологические операции или виды работ, как правило, наиболее трудоемкие, при сохранении значительной доли ручного труда, особенно на погрузочно-разгрузочных работах. Более высокой степенью является комплексная механизация, при которой ручной труд заменяется машинным обычно на всех основных технологических операциях. Комплексная механизация осуществляется на основе рационального выбора машин, работающих во взаимно согласованных режимах, увязанных по производительности и обеспечивающих наилучшее выполнение заданных технологических операций. Ручной труд при комплексной механизации может сохраняться на отдельных нетрудоемких операциях, механизация которых не имеет

существенного значения для облегчения труда или экономически нецелесообразна. За человеком остаются функции контроля и управления производственным процессом.

Комплексная механизация предопределяет возможность применения поточных методов производства продукции, способствует повышению ее качества, обеспечивает сохранение однородности, степени точности и постоянство заданных параметров. Дальнейшее развитие механизации производства направлено на максимальную интенсификацию производственных процессов, сокращение технологического цикла, высвобождение рабочей силы, осуществление комплексной механизации в наиболее трудоемких отраслях производства.

Автоматизация производства – это модернизация производства, при которой выполнение технологических операций обеспечивается с помощью средств автоматики без непосредственного участия человека; при этом управление машинами, их регулирование и наладка осуществляются автоматически [3].

Автоматизация (как и механизация) делится на частичную – автоматизированное выполнение отдельных технологических операций и комплексную – автоматизированное выполнение всех основных технологических операций, что в итоге приводит к созданию автоматизированных технологических линий, производственных цехов и предприятий.

Наиболее прогрессивные направления автоматизации производства связаны с применением технологического оборудования с программным управлением, роботизированных технологических комплексов и гибких производственных систем (гибких автоматизированных производств).

Технологическое оборудование с программным управлением представляет собой автомат (полуавтомат), подвижные органы которого совершают рабочие и вспомогательные движения автоматически по заранее установленной компьютерной управляющей программе.

Роботизированный технологический комплекс (РТК) представляет собой совокупность автоматически действующих технологических машин, в том числе реализующих всю технологию производства за исключением функций управления и контроля, осуществляемых человеком.

Промышленный робот – это автоматический программно-управляемый манипулятор, выполняющий технологические операции со сложными пространственными перемещениями. Работая в составе РТК, он выполняет разгрузку – загрузку деталей с фиксированной позиции, которую обеспечивают накопительно-подающие и другие специализированные устройства, получившие название средств околороботной механизации.

С развитием программно-управляемого технологического оборудования и РТК появились новые организационно-технические формы использования автоматизированного оборудования – гибкие производственные системы (ГПС), представляющие собой автоматизированные производственные системы, в которых на основе соответствующих технических средств и организационных решений обеспечивается возможность оперативной переналадки на выпуск новой продукции в довольно широких пределах ее номенклатуры и характеристик.

Главной составляющей ГПС является высокопроизводительное технологическое оборудование с программным управлением, способное работать в автоматическом режиме без участия человека на протяжении длительного времени. Основным технологическим оборудованием для ГПС является гибкий производственный модуль, который представляет собой единицу технологического оборудования для производства продукции произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующую, автоматически осуществляющую все функции, связанные с их изготовлением, имеющую возможность встраивания в ГПС.

Компьютеризация производства – это модернизация производства, основанная на широком применении компьютерной техники, с помощью которой обеспечивается выполнение технологических процессов, а также организационно-экономическое управление производством [4, 5].

С компьютеризацией производства тесно связана его информатизация – процесс активного формирования и крупномасштабного использования информационных ресурсов в производственной сфере на основе широкого распространения информационных технологий, представляющих собой совокупность методов сбора, хранения, обработки и передачи информации с помощью компьютерных и телекоммуникационных средств [6–9].

Информатизация технологических процессов осуществляется по следующим направлениям: 1) информатизация контроля и управления отдельными технологическими операциями путем оснащения технологического оборудования комплексом приборов и датчиков; 2) создание пакетов прикладных программ для специалистов для решения отдельных технологических задач; 3) разработка компьютерных технологий управления всем технологическим (производственным) процессом.

Интеллектуализация производства – это модернизация производства, при которой выполнение технологических процессов и организационно-экономическое управление производством основываются на широком применении интеллектуальных систем.

1.2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Интеллектуальные технологии и интеллектуальные системы

В самом общем смысле под технологией понимается управляемая человеком совокупность процессов целенаправленного, с заданными требованиями изменения различных форм вещества, энергии и информации [10]. При этом под процессом понимается совокупность последовательных действий для достижения определенного результата в какой-либо сфере человеческой деятельности. Поскольку любое действие осуществляется с помощью соответствующих средств, то под технологией следует понимать совокупность процессов целенаправленного изменения различных форм вещества, энергии и информации, а также средств осуществления этих процессов.

Технологии обычно рассматривают в связи с конкретной человеческой деятельностью. В соответствии с различными сферами этой деятельности существуют различные виды технологий. Так, в сфере образования используются образовательные технологии – управляемые совокупности процессов и средств преподавания и усвоения знаний; в сфере информатики – информационные технологии – управляемые совокупности процессов и средств поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, распространения информации; и т. д.

В сфере производства используются, соответственно, производственные технологии – управляемые совокупности процессов и средств производства какой-либо продукции [2]. Важнейшими компонентами производственной технологии являются: 1) технологический процесс – последовательность направленных на создание определенной продукции действий (технологических операций), каждое из которых основано на каких-либо естественных процессах (физических, химических, биологических и др.) и 2) технологические средства – машины, приспособления и инструменты, служащие для выполнения отдельных технологических операций и технологического процесса в целом.

Особой разновидностью производственных технологий являются интеллектуальные производственные технологии. В них в роли технологических средств выступают интеллектуальные системы.

Современное понятие интеллектуальных систем сформировалось в процессе развития теоретических основ кибернетики, теории управления, теории алгоритмов, современных информационных технологий и обобщения накопленных научных знаний в области искусственного интеллекта [11]. До сих пор нет единого общепризнанного определения интеллектуальной системы (как, впрочем, и искусственного интеллекта). В начальный период развития искусственного интеллекта (в 1960-х гг.) под интеллектуальными системами понимали автоматические системы, способные решать задачи, традиционно относимые к сфере деятельности человека (распознавание визуальных и звуковых образов, игра в шахматы, доказательство теорем и т. д.). Затем к интеллектуальным системам стали относить системы, моделирующие на компьютере работу клеток мозга и мышления человека. Позже, в 1980-х гг. интеллектуальными системами стали считать компьютерные системы, способные вести осмысленный диалог с человеком и усиливать интеллектуальную деятельность человека в различных сферах. В настоящее время интеллектуальные системы отражают высокий уровень развития современных информационных технологий и представляют обширную область проведения теоретических исследований и практического (коммерческого) использования результатов этих исследований.

В общем случае системой называют совокупность взаимосвязанных элементов, предназначенную для достижения определенной

цели. По виду этих элементов различают технические и программные системы [12, 13]. Первые представляют собой совокупность технических устройств, вторые – совокупность компьютерных программ. И те, и другие способны решать задачи различного уровня сложности, из которых наиболее сложными являются интеллектуальные (творческие) задачи. Соответственно, под интеллектуальными системами следует понимать технические или программные системы, способные решать интеллектуальные задачи в определенной предметной области.

Всякая система находится в постоянном взаимодействии с внешней средой, которая представляет собой совокупность некоторых объектов. Это взаимодействие проявляется в том, что изменение свойств объектов влияет на поведение системы и, с другой стороны, свойства объектов изменяются в результате поведения системы. Характерной особенностью интеллектуальных систем является их способность реагировать на изменения, происходящие во внешней среде, настраивая определенным образом свои параметры в зависимости от состояния внешней среды.

Существуют различные виды интеллектуальных систем, которые характеризуются присущими им структурными и функциональными особенностями, сферами применения. Создание интеллектуальных систем в существенной мере связано с развитием информатики, что привело к распространению разнообразных интеллектуальных информационных систем. Особой разновидностью интеллектуальных систем, используемых в производственной сфере, являются адаптивные системы. Развитие робототехники привело к созданию интеллектуальных роботизированных систем. Широкому распространению интеллектуальных систем в разных областях производственной деятельности, включая аграрную индустрию, способствует использование беспроводных сенсорных систем, в частности, беспроводных сенсорных сетей и систем радиочастотной идентификации. Значительная роль в распространении интеллектуальных систем отводится средствам навигации, в первую очередь, спутниковым навигационным системам.

Интеллектуальные информационные системы

Информатика как научная дисциплина изучает структуру и общие свойства информации, а также закономерности ее создания,

преобразования, передачи и использования в различных сферах человеческой деятельности.

Основные функции информационных систем: восприятие вводимых пользователем информационных запросов и необходимых исходных данных, обработка введенной и хранимой в системе информации в соответствии с известным алгоритмом и формирование требуемой выходной информации.

Для интеллектуальных информационных систем, ориентированных на генерацию алгоритмов решения задач, свойственны развитые коммуникативные способности, т. е. возможности взаимодействия (интерфейса) пользователя с системой, а также умение решать сложные плохо формализуемые задачи, т. е. такие задачи, которые требуют построения оригинального алгоритма решения в зависимости от конкретной ситуации, характеризующейся неопределенностью и динамичностью исходных данных и знаний [14].

К интеллектуальным информационным системам, получившим широкое применение, относятся экспертные системы, назначение которых заключается в решении трудных для экспертов задач на основе накапливаемой базы знаний, отражающей опыт работы экспертов в рассматриваемой проблемной области [14]. Экспертные системы обеспечивают возможности принятия решений в ситуациях, когда алгоритм заранее не известен и формируется по исходным данным в виде цепочки рассуждений (правил принятия решений) из базы знаний, причем решение задач предполагается осуществлять в условиях неполноты, недостоверности, многозначности исходной информации и качественных оценок процессов.

В последние годы все более широкое использование находят интеллектуальные географические информационные системы (геоинформационные системы, ГИС). В общем случае ГИС – это система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информацией о необходимых объектах. В техническом отношении ГИС представляет собой набор компьютерного оборудования, географических данных и программного обеспечения для сбора, обработки, хранения, моделирования, анализа и отображения всех видов пространственно привязанной информации [15]. Появление ГИС относят к началу 1960-х годов, когда возникли предпосылки для информатизации и компьютеризации сфер деятельности,

связанных с моделированием географического пространства и решением пространственных задач [16].

Интеллектуальные ГИС чаще всего строятся на основе экспертных систем. Они позволяют распознавать сложные пространственно соотнесенные ситуации, прогнозировать отдельные события, оценивать их опасность или иные присущие им признаки и выдавать соответствующие рекомендации пользователям [17]. Существуют также интеллектуальные ГИС, которые содержат в своем составе искусственные нейронные сети. Такие ГИС используются для ассоциативного запоминания информации, нелинейного прогнозирования и моделирования, обработки информации об объектах и процессах [17].

Интеллектуальные адаптивные системы

С помощью адаптивных (самоприспосабливающихся) систем можно существенно изменять характер управления автоматизированным производством, делать его в наивысшей степени автономным и адаптируемым в отличие от обычного управления посредством компьютерного комплекса, который обрабатывает информацию по заранее известным законам и алгоритмам [18]. Адаптивные системы способны сохранять работоспособность в условиях непредвиденного изменения свойств управляемого объекта, цели управления или условий внешней среды посредством смены алгоритмов своего функционирования или поиска оптимальных состояний. По способам адаптации они разделяются на самонастраивающиеся, самообучающиеся и самоорганизующиеся системы.

В самонастраивающихся системах приспособление к случайно изменяющимся условиям обеспечивается автоматическим поиском оптимальной настройки или автоматическим изменением параметров настройки (в результате контролируемый показатель качества управления поддерживается в заданных пределах).

В любой другой автоматической системе управления, не являющейся самонастраивающейся, имеются параметры, которые влияют на устойчивость и качество процессов управления и могут быть изменены при настройке системы. Если же эти параметры остаются неизменными, а условия функционирования (характеристики управляемого объекта, возмущающие воздействия) существенно изменяются, то процесс управления может ухудшиться, стать

неустойчивым. Ручная настройка системы не всегда удобна и, более того, не всегда возможна. Использование в таких случаях самонастраивающихся систем является как технически, так и экономически целесообразным и, кроме того, может оказаться единственным способом обеспечения надежного управления.

Управление производством на основе применения самонастраивающихся систем позволяет оптимизировать режимы функционирования управляемых объектов, облегчает задачу унификации систем управления, сокращает время на испытания и наладку, снижает технологические требования на изготовление устройств управления, освобождает обслуживающий персонал от трудоемких операций настройки.

В самообучающихся системах алгоритм функционирования вырабатывается и совершенствуется в процессе самообучения, который сводится к «пробам» и «ошибкам». При этом система выполняет пробные изменения алгоритма и одновременно контролирует результаты этих изменений. Если результаты оказываются благоприятными с точки зрения целей управления, то изменения продолжают в том же направлении до достижения наилучших результатов или же до начала ухудшения процесса управления.

В самоорганизующихся системах приспособление к изменяющимся условиям или оптимизация процессов управления достигается изменением структуры системы управления, в частности, включением или выключением отдельных подсистем, качественным изменением алгоритмов управления, связей между подсистемами и схемы их подчинения и т. д.

Интеллектуальные роботизированные системы

В последние годы интеллектуальные системы активно внедряются в робототехнику. В связи с этим принято различать три этапа в развитии роботов: 1) создание программных роботов (работают по жестко заданной программе действий); 2) создание адаптивных роботов (имеют возможность автоматически перепрограммироваться (адаптироваться) в зависимости от обстановки; изначально задаются лишь основы программы действий); 3) создание интеллектуальных роботов (задание вводится в общей форме, а сам робот принимает решения или планирует свои действия в распознаваемой им неопределенной или сложной обстановке) [19].

Интеллектуальный робот – это робот, оснащенный интеллектуальной системой управления [20]. Он обладает так называемой моделью внешнего мира, что позволяет ему действовать в условиях неопределенности информации. Если эта модель реализована в виде базы знаний, то целесообразно, чтобы база знаний была динамической. При этом коррекция правил вывода в условиях меняющейся внешней среды реализует механизмы самообучения и адаптации.

В состав интеллектуального робота входят следующие основные части:

- исполнительные органы – манипуляторы, ходовая часть и др. устройства, с помощью которых робот может воздействовать на окружающие его предметы (по аналогии с живыми организмами это «руки» и «ноги» робота); все они представляют собой довольно сложные технические устройства, включающие сервоприводы, мехатронные части, датчики, системы управления;

- сенсоры – системы технического зрения, слуха, осязания, датчики расстояний, локаторы и др. устройства, которые позволяют получить информацию из окружающего мира;

- система управления – это «мозг» робота, который принимает информацию от сенсоров и управляет исполнительными органами; эта часть робота реализуется с помощью программных средств.

В состав системы управления интеллектуального робота входят следующие компоненты:

- модель мира – отражает состояние окружающего мира в терминах, удобных для хранения и обработки; она выполняет функцию запоминания состояния объектов в мире и их свойств;

- система распознавания – сюда входят системы распознавания изображений, распознавания речи и т. п.; задачей этой системы является идентификация, т. е. «узнавание» окружающих робота предметов, их положения в пространстве, в результате чего строится модель мира;

- система планирования действий – осуществляет «виртуальное» преобразование модели мира с целью получения какого-нибудь действия; в результате чего осуществляется построение планов, т. е. последовательностей элементарных действий;

- система выполнения действий – пытается выполнить запланированные действия, подавая команды на исполнительные устройства

и контролируя при этом процесс выполнения; если выполнение элементарного действия оказывается невозможным, то весь процесс прерывается и выполняется новое (или частично новое) планирование;

– система управления целями – определяет иерархию, т. е. значимость и порядок достижения поставленных целей.

Важным свойством системы управления является способность к обучению и адаптации, т. е. способность генерировать последовательности действий для поставленной цели, а также подстраивать свое поведение под изменяющиеся условия окружающей среды для достижения поставленных целей.

Работа интеллектуального робота основывается на использовании систем искусственного интеллекта, методов нечеткой логики, искусственных нейронных сетей.

Искусственный интеллект – это свойство интеллектуальной системы выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека. При этом под интеллектуальной системой понимается техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока: базу знаний, решатель и интеллектуальный интерфейс, позволяющий вести общение с компьютером без специальных программ для ввода данных.

Нечеткая логика – это раздел математики, являющийся обобщением классической логики и теории множеств, базирующийся на понятии так называемого нечеткого множества. Нечеткая логика представляет собой набор нестрогих правил, в которых для достижения поставленной цели могут использоваться радикальные идеи, интуитивные догадки, а также опыт специалистов, накопленный в соответствующей области.

Нечеткая логика возникла как наиболее удобный способ построения систем управления сложными технологическими процессами, а также нашла применение в диагностических и других экспертных системах, нейронных сетях, системах искусственного интеллекта. На основе нечеткой логики и следящей системы технического зрения разрабатываются интеллектуальные системы управления мобильными роботами.

Искусственные нейронные сети – это математические модели, а также их программное или аппаратное воплощение, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Нейронная сеть представляют собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты (по сравнению с процессорами, используемыми в обычных персональных компьютерах). Каждый процессор нейронной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. И, тем не менее, будучи соединенными в большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи. Нейронные сети используются в задачах адаптивного управления и как алгоритмы для робототехники.

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, вместо этого они обучаются. Возможность обучения – это одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Обучение нейронных сетей заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение.

Беспроводные сенсорные сети

Беспроводная сенсорная сеть (wireless sensor network, WSN) – это распределенная, самоорганизующаяся сеть множества сенсоров и исполнительных устройств, объединенных между собой посредством радиосвязи [21]. Область покрытия такой сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счет способности ретранслировать сообщения от одного элемента сети к другому.

Использование сравнительно недорогих беспроводных сенсорных устройств открывает широкие возможности для применения систем телеметрии и контроля. Сенсорные сети используются для беспроводного сбора данных, мониторинга и обслуживания машин, контроля окружающей среды, управления безопасностью и во многих других областях.

Беспроводные сенсорные сети состоят из миниатюрных вычислительных устройств, снабженных сенсорами температуры, давления, освещенности, уровня вибрации, местоположения и т. п. и трансиверами (устройствами для передачи и приема сигналов), работающими в заданном радиодиапазоне. Гибкая архитектура, низкие затраты при монтаже выделяют беспроводные сенсорные сети среди других беспроводных и проводных интерфейсов передачи данных, особенно когда речь идет о большом количестве соединенных между собой устройств.

Системы радиочастотной идентификации

Радиочастотная идентификация (radio frequency identification, RFID) – это способ автоматической идентификации объектов, в котором дистанционно посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах (приемопередающих устройствах), или RFID-метках [21]. Большинство RFID-меток состоит из двух частей: интегральной схемы (для хранения и обработки информации, модулирования или демодулирования радиочастотного сигнала и некоторых других функций) и антенны (для приема и передачи сигнала).

Спутниковые навигационные системы

Спутниковая система навигации представляет собой комплексную электронно-техническую систему, которая состоит из совокупности наземного и космического оборудования и предназначена для определения местоположения (географических координат и высоты) и точного времени, а также параметров движения (скорости и направления движения и т. д.) для наземных, водных и воздушных объектов [22].

Принцип работы спутниковых систем навигации основан на измерении расстояния от антенны на объекте (координаты которого требуется получить) до спутников, положение которых известно с большой точностью.

В свою очередь, измерение расстояния от спутника до антенны приемника основано на определенности скорости распространения радиоволн. Для осуществления возможности измерения времени распространяемого радиосигнала каждый спутник навигационной системы излучает сигналы точного времени, используя точно

синхронизированные с системным временем атомные часы. При работе спутникового приемника его часы синхронизируются с системным временем, и при дальнейшем приеме сигналов вычисляется задержка между временем излучения, содержащимся в самом сигнале, и временем приема сигнала. Располагая этой информацией, навигационный приемник вычисляет координаты антенны. Все остальные параметры движения (скорость, курс, пройденное расстояние) вычисляются на основе измерения времени, которое объект затратил на перемещение между двумя или более точками с определенными координатами.

Основные элементы спутниковой системы навигации:

- орбитальная группировка спутников, излучающих специальные радиосигналы;
- наземная система контроля и управления, включающая устройства измерения текущего положения спутников и передачи на них полученной информации для корректировки данных об орбитах;
- аппаратура потребителя спутниковых навигационных систем;

Для повышения эффективности спутниковой навигации служит система RTK (Real Time Kinematic, кинематика реального времени) – совокупность приемов и методов получения координат и высот точек местности сантиметровой точности с помощью спутниковой системы навигации посредством получения поправок с базовой станции, принимаемых аппаратурой пользователя во время съемки.

В настоящее время работают несколько систем спутниковой навигации, среди которых наибольшее распространение получили системы GPS (США) и ГЛОНАСС (Россия).

На сегодня в США до 80 %, а в странах ЕС до 60 % фермеров используют элементы систем спутниковой навигации [23]. Основные функциональные возможности этих систем применительно к уборочно-транспортным комплексам:

- мониторинг навигационных параметров техники, состояния подключенных датчиков и дополнительных устройств, выполнения плановых заданий и соблюдения маршрутов движения, автоматическое оповещение о возникновении нарушений;
- контроль параметров работы уборочно-транспортных комплексов, движения топлива, выполнения плановых заданий, реального пробега по «спутниковому электронному спидометру», соблюдения режимов труда и отдыха;

– планирование заданий и формирование маршрутов движения, графиков работ по маршрутам, оперативное перераспределение автотранспорта и уборочной техники, выделение автотранспорта и техники под оперативные задачи с учетом фактического времени окончания работ по плановым заданиям;

– анализ и учет работы уборочно-транспортных агрегатов и его основных показателей.

Передача информации с блоков сбора данных уборочно-транспортных комплексов на диспетчерский пункт может осуществляться двумя способами в зависимости от региона использования системы и покрытия данного региона сетью сотовой связи GSM.

1.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АПК

В последние годы интеллектуальные технологии получают все более широкое распространение в АПК, что в значительной мере обусловлено повышением общего уровня развития и расширением функциональных возможностей интеллектуальных технологий. При этом основные направления их развития в АПК определяются рядом факторов, в том числе отраслевой структурой АПК, а также эффективностью развития интеллектуальных технологий в отдельных отраслях АПК и конкретных видах агропромышленных производств.

Агропромышленный комплекс – это совокупность взаимосвязанных отраслей экономики, взаимодействующих при производстве, переработке и коммерческой реализации сельскохозяйственной продукции, обеспечивающих потребности населения в пищевых продуктах и товарах народного потребления из сельскохозяйственного сырья.

АПК подразделяется на три основные отраслевые сферы:

– сельскохозяйственное производство (сельское хозяйство) – группа отраслей, занимающихся возделыванием сельскохозяйственных культур и разведением сельскохозяйственных животных для получения земледельческой и животноводческой продукции, а также первичной переработкой этой продукции;

– группа отраслей, обеспечивающих переработку продукции сельского хозяйства, в том числе пищевая, комбикормовая промышленность, соответствующие отрасли легкой промышленности;

– группа отраслей, осуществляющих производство средств производства для сельского хозяйства и связанных с ним перерабатывающих отраслей; включает отрасли машиностроения, выпускающие машины и устройства для агропромышленного производства, в том числе для сельского хозяйства, пищевой промышленности, комбикормовой промышленности и соответствующих отраслей легкой промышленности.

В каждую из трех указанных сфер АПК также входят специализированные предприятия, занимающиеся материально-техническим обеспечением и техническим обслуживанием производства, транспортировкой, хранением и коммерческой реализацией выпускаемой продукции.

АПК в ресурсном и производственном отношении связан с другими отраслями экономики, в частности, такими как:

- машиностроение (производство технологических, транспортных и энергетических машин и агрегатов);
- химическая промышленность (производство минеральных удобрений, лакокрасочных материалов и других видов химической продукции);
- горнохимическая промышленность (выработка минеральных удобрений);
- строительство и промышленность строительных материалов (возведение и реконструкция зданий и сооружений, производство строительных материалов);
- топливная промышленность (добыча и переработка различных видов топлива);
- энергетика (выработка, преобразование и передача различных видов энергии).

Эффективность развития интеллектуальных технологий в отдельных отраслях АПК и конкретных видах агропромышленных производств определяется соотношением эффекта и затрат, вызвавших этот эффект. Под эффектом понимается положительный результат, который получается в процессе использования интеллектуальных технологий в АПК. В общем случае эффект может быть политическим (обеспечение экономической независимости, продовольственной безопасности), экономическим (снижение себестоимости продукции, рост прибыли, рост производительности труда и т. д.), социальным (улучшение условий труда, повышение

материального уровня жизни и здоровья население и т. д.), экологическим (уменьшение загрязнения окружающей среды, повышение безопасности производства и продукции).

Одной из главных целей использования интеллектуальных технологий в АПК является обеспечение его устойчивого развития.

Основополагающими положениями концепции устойчивого развития АПК являются следующие:

- признание того, что конечной целью экономического развития должен быть не экономический рост как таковой, а человек, который имеет право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой;

- неразрывность решения задач экономического развития и сохранения окружающей среды;

- рациональное использование природных ресурсов, которое обеспечивает удовлетворение потребностей в сохранении окружающей среды как для нынешнего, так и для будущих поколений [24].

Применительно к сельскому хозяйству эта концепция предполагает выполнение ряда общих требований по обеспечению экономической, социальной и экологической устойчивости, а также специальных требований по обеспечению агрономической устойчивости, обусловленных тем обстоятельством, что в сельском хозяйстве земля выступает в роли основного средства производства [25]. При этом под экономической устойчивостью понимается наличие для сельскохозяйственных предприятий возможности функционировать длительное время в качестве основной экономической единицы, в том числе выпускать конкурентоспособную продукцию; под социальной – повышение уровня жизни работников сельского хозяйства на основе роста их доходов, развития социально-культурного обслуживания сельского населения; под экологической – недопущение нанесения вреда окружающей среде и целостности несельскохозяйственных систем.

Таким образом, развитие сельского хозяйства может считаться устойчивым при выполнении следующих условий:

- обеспечение уровня сельскохозяйственного производства, удовлетворяющего потребности населения в продуктах питания, а перерабатывающей промышленности – в сырье;

- развитие сельских территорий на основе увеличения доходов сельского населения, создания нормальных условий жизни на селе;
- сохранение и приумножение природного потенциала.

С учетом рассмотренных особенностей устойчивого развития сельского хозяйства определяется комплекс факторов этого развития [24].

Из них наиболее важными факторами, которые необходимо принимать во внимание при рассмотрении вопросов использования интеллектуальных технологий, являются производственные (связаны непосредственно с процессом сельскохозяйственного производства, т. е. с выпуском продовольственной продукции) и социально-экономические (проявляются на стадии коммерческой реализации произведенной продовольственной продукции).

Среди производственных факторов существенная роль отводится экономическим и научно-технологическим факторам.

К экономическим факторам относятся производственный потенциал сельхозпредприятий, уровень организации сельскохозяйственного производства, территориальное размещение и отраслевая структура сельского хозяйства, объем и эффективность использования инвестиций. Среди этих факторов ведущую роль играет производственный потенциал, который определяется состоянием основных производственных фондов: сельхозтехники, транспортных средств, хранилищ и т. д.

Научно-технологические факторы характеризуются уровнем научных исследований и конструкторско-технологических разработок, проводимых в сфере сельского хозяйства, и уровнем технологий, используемых в сельскохозяйственном производстве.

Среди социально-экономических факторов особое место занимают физическая и экономическая доступность продуктов питания для различных социально-демографических групп населения, а также условия функционирования социальной и инженерной инфраструктуры на селе.

В значительной мере масштабы и темпы развития интеллектуальных технологий в отдельных отраслях АПК и конкретных видах агропромышленных производств определяются имеющимся в них уровнем механизации, автоматизации и компьютеризации.

Ниже кратко рассмотрено современное состояние механизации, автоматизации и компьютеризации в сельском хозяйстве.

В настоящее время механизация охватила практически все сферы сельского хозяйства [26].

Разработка машин для сельского хозяйства обычно осуществляется на основе системы машин – определенного набора технически, технологически и организационно взаимосвязанных средств механизации, обеспечивающих выполнение требуемого объема работ в конкретных природно-производственных условиях. Эта система постоянно совершенствуется по мере появления новых видов технических средств, которые выбирают с учетом мировых тенденций их развития, предусматривающих создание:

- машин на основе базовых модулей, обеспечивающих функционирование гибких производственных систем;

- универсальных машин со сменными рабочими органами и дополнительным оборудованием, а также комбинированных машин;

- машин, реализующих новые высокоэффективные сельскохозяйственные технологии, в том числе с использованием средств автоматизации, компьютерной техники и информатизации.

Наиболее распространенными видами машин, применяемых в сельском хозяйстве, являются тракторы и автомобили. Тракторы используют на разнообразных сельскохозяйственных, а также строительных и дорожных работах, при осушении и орошении земель, для транспортировки грузов. Автомобили служат в качестве транспортных средств.

Сельскохозяйственные машины делятся на группы в зависимости от вида выполняемой работы: почвообрабатывающие; посевные и посадочные; для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков; для заготовки кормов; для уборки сельскохозяйственных культур и их послеуборочной обработки; мелиоративные и др. В свою очередь, машины в пределах каждой группы классифицируются по разным признакам: особенностям выполняемой работы, свойствам почв или сельскохозяйственных культур и т. д.

О существовании большого многообразия машин, применяемых в сельском хозяйстве, свидетельствуют следующие примеры классификации их некоторых групповых видов [26]:

– почвообрабатывающие машины – плуги общего назначения и безотвальные, культиваторы-плоскорезы (для основной обработки почвы); бороны, лушпильники, культиваторы, катки (для поверхностной обработки почвы); плуги кустарниково-болотные, плантажные, садовые, для каменистых почв и фрезы (для специальной обработки почвы);

– машины для внесения удобрений – для подготовки удобрений к внесению, погрузки, транспортировки и непосредственного внесения в почву (по назначению); для внесения минеральных, органических удобрений и органоминеральных смесей (по виду удобрений); для внесения жидких, твердых и пылевидных удобрений (по агрегатному состоянию удобрений); кузовные, навесные и авиационные разбрасыватели, туковые сеялки и машины для внутрпочвенного внесения (по способу внесения удобрений);

– сеялки – универсальные (для посева семян разных культур) и специальные (для посева семян одной культуры или нескольких культур с одинаковыми по физико-механическим свойствам семенами) (по назначению); рядовые, узкорядные, гнездовые, квадратно-гнездовые, пунктирные (точного посева), разбросные и стерневые (по способу посева); зерновые, свекловичные, кукурузные, овощные (по виду высеваемых культур);

– машины для химической защиты растений – опрыскиватели, протравители, опыливатели, аэрозольные генераторы, машины для приготовления и заправки опрыскивателей жидкими химикатами (по виду выполняемых работ);

– машины для уборки и послеуборочной обработки зерновых культур – зерноуборочные комбайны, зерноочистительные и сушильные машины, оборудование для режимного хранения зерна;

– машины для заготовки кормов – косилки, грабли, прицепы-погрузчики, пресс-подборщики, погрузчики тюков, силосо- и кормоуборочные комбайны и др. (по виду выполняемых работ);

– картофелеуборочные машины – для подготовки полей к уборке, для выкопки клубней, для послеуборочной обработки и сортировки (по виду выполняемых работ);

– машины для уборки сахарной свеклы – ботвоуборочные, свеклокомбайны, корнеуборочные машины, свеклопогрузчики (по виду выполняемых работ);

– машины для уборки кукурузы на зерно – кукурузоуборочные комбайны и приставки к зерноуборочным комбайнам, очистители початков, стационарные молотилки (по виду выполняемых работ);

– мелиоративные машины – для подготовки и эксплуатации открытой мелиоративной сети, подготовки горизонтального закрытого дренажа, полива сельскохозяйственных культур; общестроительные машины для земляных работ на мелиоративных объектах (по виду выполняемых работ).

Параллельно с механизацией сельского хозяйства развивается его автоматизация. Поскольку в настоящее время мировой уровень механизации основных процессов в полеводстве и животноводстве приближается к 100 %, то дальнейшее развитие сельскохозяйственной техники будет характеризоваться еще более интенсивным использованием средств автоматизации [27].

Особо острая необходимость развития автоматизации в сельском хозяйстве объясняется тем, что процессы сельскохозяйственного производства относятся к сложным объектам управления, они характеризуются большим числом контролируемых и управляемых параметров и действием многочисленных возмущений, влияющих на эффективность выполнения этих процессов. Поэтому обслуживающий персонал (механизаторы) часто не в состоянии своевременно реагировать на эти возмущения, многие из которых носят случайный характер. Как следствие, ручное управление сельскохозяйственными машинами оказывается недостаточно эффективным.

Так, для эффективного использования машинотракторного агрегата оператор (тракторист) должен управлять загрузкой двигателя трактора, направлением движения агрегата, изменением тяговой мощности (в том числе за счет уменьшения буксования ведущих колес), следить за качественным выполнением технологических операций и к тому же обеспечивать безопасность движения. Причем, чем выше рабочая скорость и больше ширина захвата агрегата и чем сложнее управляемая операция, тем большее количество информации должен переработать оператор в единицу времени и тем чаще ему приходится пользоваться органами управления. Это приводит к быстрой утомляемости оператора, он нередко запаздывает с принятием решения по управлению агрегатом, в результате чего эффективность и качество работы агрегата существенно снижаются.

Кардинальный путь решения указанных проблем – всемерное оснащение агрегата средствами автоматизации.

За последние десятилетия автоматизация сельского хозяйства сформировалась в самостоятельную отрасль науки и техники, которая охватывает теорию, принципы построения и методы использования автоматизированных систем управления в сельском хозяйстве, действующих с минимальным участием человека или без его непосредственного участия.

Главная особенность автоматизации на современном этапе развития сельского хозяйства состоит в неразрывной связи сельскохозяйственной техники с биологическими объектами (почвой, растениями, животными) и, следовательно, с непостоянными во времени параметрами этих объектов, со свойственной только им непрерывностью процессов производства продукции и цикличностью ее получения [27].

Соответственно, при разработке и создании систем автоматики следует учитывать связь сельскохозяйственной техники с биологическими объектами, а также:

- многообразие и сложность процессов сельскохозяйственного производства;
- распределенность контролируемых и регулируемых параметров многих биологических объектов по большому пространству (поле, теплица, хранилище, ферма) со случайными возмущающими воздействиями;
- рассредоточенность сельскохозяйственной техники по большим территориям, удаленность от ремонтной базы;
- условия окружающей среды, в которой работают системы автоматики (на открытом воздухе или в неотапливаемых помещениях), когда в широких пределах изменяются температура, влажность, состав агрессивных газов, запыленность, интенсивность солнечной радиации и т. д.

Существуют определенные различия в характере осуществления автоматизации различных отраслей сельского хозяйства [27].

Так, в растениеводстве к обобщенным объектам автоматизации относятся технологии получения сельскохозяйственной растениеводческой продукции, состоящие из комплекса различных взаимосвязанных технологических операций. Например, технология выращивания зерновых культур представляет собой следующую

последовательность технологических операций: вспашка, боронование, посев, культивация, внесение рабочих жидкостей, уборка, скашивание, обмолот, сепарация, транспортировка зерна, послеуборочная обработка, прием и предварительная очистка, временное хранение зерна, сушка зерна, вторичная очистка зерна, хранение зерна. Большинство технологических операций в этой технологии механизировано, что позволяет их считать частными объектами автоматизации. Однако сведение автоматизации технологий к автоматизации частных объектов допустимо лишь при системном подходе к автоматизации этих объектов, т. е. при учете взаимосвязи их в той или иной технологии.

Несколько иными являются условия автоматизации в животноводстве. Их отличительная особенность состоит в том, что технологии животноводства имеют ряд общих технологических операций – отопление и вентиляция, уборка и переработка биоотходов, освещение и облучение животных, приготовление и раздача кормов и др. Поэтому все сельскохозяйственные машины, рассматриваемые как объекты автоматизации, хотя и характеризуются большим разнообразием (как и в растениеводстве), но по ряду выполняемых функций довольно схожи (регулирование микроклимата, водопотребление, раздача кормов и др.).

В последние годы в сельском хозяйстве наряду с интенсивным развитием автоматизации все более широкое распространение получает компьютеризация [5, 28]. В экономически передовых странах не только крупные сельскохозяйственные производители, но и обычные фермеры с успехом применяют компьютерную технику как для управления производственными процессами, так и для ведения бухгалтерии, формирования различных баз данных и т. д. Разработкой компьютерного программного обеспечения для сельского хозяйства в этих странах занимаются десятки компаний. В основном программы используются для проведения финансовых операций, а также для управления производством в ряде сельскохозяйственных отраслей. Компьютеризация сельского хозяйства позволяет значительно сократить число работников и повысить производительность производства.

Следует, однако, заметить, что во многих развивающихся странах существуют определенные причины, сдерживающие компьютеризацию сельского хозяйства. Одной из таких причин является

отсутствие или недостаточное количество специализированных программ, предназначенных для решения задач планирования и управления агропромышленным производством. Отчасти это обусловлено малым спросом на такие программы в силу того, что сельскохозяйственные производители далеко не всегда имеют возможности приобрести и использовать новую компьютеризированную технику из-за своего плохого финансового состояния. Кроме того, нередко такие программы имеют ограниченные функциональные возможности или не отвечают специальным запросам пользователей. Также следует учитывать сравнительно низкий уровень квалификации сельскохозяйственных работников, которые не способны достаточно эффективно применять компьютерные и информационные технологии.

Важным условием эффективного интеллектуального управления агропромышленным производством является широкое использование беспроводных сенсорных систем и систем спутниковой навигации.

Оснащение беспроводными сенсорными сетями тракторов или комбайнов позволяет обмениваться транспортным средствам данными, необходимыми для координации их работы.

Беспроводным сенсорным сетям отводится важное место в решении задач экологического мониторинга. В частности, они могут предоставлять фермерам информацию о возможных изменениях погоды, например, предупреждать о начале заморозков – благодаря тому, что используемые в них сенсоры способны фиксировать изменения в окружающей природной среде. С помощью беспроводных сенсорных сетей, содержащих сенсоры влажности и температуры, можно своевременно сообщать фермерам об угрозе заражения картофельных полей фитофторой – грибковой болезнью, развитие которой зависит от климатических условий. Подобным образом, благодаря сенсорному контролю параметров окружающей среды обеспечивается регулирование микроклимата в теплицах. Измерение температуры внутри холодильных помещений и контейнеров грузовых автомобилей необходимо для поддержания благоприятных условий хранения и транспортировки скоропортящихся пищевых продуктов (овощей, фруктов, мяса), в том числе путем корректировки сроков их хранения или времени транспортировки.

Беспроводные сенсорные сети применяются на животноводческих фермах в целях обеспечения здоровья животных путем

определения с помощью сенсоров параметров их состояния, например, температуры тела, и передачи измеренных значений посредством радиосигналов животноводам.

Радиочастотная идентификация успешно применяется при уходе за животными. Так, с помощью RFID-меток можно исследовать поведение коров, отслеживать время их доения. Кроме того, используя RFID-метки, можно осуществлять управление потоками товаров.

Беспроводные сенсорные сети в сочетании с системами спутниковой навигации делают возможным контролировать местоположение тракторов и сельскохозяйственных машин на поле и тем самым управлять их движением и взаимодействием, а в случае нарушения их нормальной работы или выхода из строя – осуществлять их дистанционную диагностику и оказывать срочную техпомощь на месте.

В свою очередь, радиочастотная идентификация в сочетании с системами спутниковой навигации обеспечивает в животноводстве возможности контроля местоположения животных в помещении фермы или на пастбище и тем самым управления их поведением, в логистике – возможности контроля местоположения грузового транспорта при доставке сельскохозяйственной продукции и тем самым построения оптимальных логистических схем.

Развитие процесса создания интеллектуальных систем для сельского хозяйства требует глубокого понимания основных тенденций конструирования сельскохозяйственных машин [29]. Следует признать, что оснащение сельхозтехники интеллектуальными системами признается актуальным пока еще не всеми конструкторами-машиностроителями, что объясняется недостаточно ясным представлением ими важности проблем интеллектуализации агропромышленного производства. Между тем именно на использовании интеллектуальных систем построена современная парадигма проектирования сельхозтехники во многих экономически развитых странах мира, хотя следует заметить, что проводимая работа по созданию интеллектуальной сельхозтехники по ряду направлений находится пока еще на начальной стадии. Типичным примером современного сельскохозяйственного машиностроения является проектирование и производство машинотракторных агрегатов, которые создаются усилиями не только инженеров-механиков, но и инженеров-электронщиков, а также специалистов в области информационных и телекоммуникационных технологий.

ГЛАВА 2 МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

2.1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ МАШИН

2.1.1. Тракторы

Интеллектуальные системы управления, которыми оснащаются тракторы, нацелены на повышение экономичности, надежности, мощности и производительности машины, а также на создание более комфортных условий для работы тракториста.

Фирма Claass (Германия) реализовала концепцию интеллектуальной мощности трактора [30]. С помощью разработанной фирмой системы CPS (Claass Power Systems) обеспечивается оптимальное управление параметрами работы двигателя и систем привода, что позволяет наиболее полно реализовать мощность при низком расходе топлива.

Аналогичные разработки проводятся фирмой John Deere (США) [31]. В тракторе серии John Deere 6920 установлены двигатели PowerTech Plus с интеллектуальной системой регулирования мощности, что позволяет повысить и без того большую мощность и крутящий момент, развиваемые двигателем с системой впрыска топлива CommonRail и 4 клапанами на цилиндр. Система поддерживает максимальную мощность двигателя при буксировке тяжелых прицепов по полю или дороге, валковании на крутых уклонах.

В мощных (до 560 л.с.) тракторах серии 9R/RT, производимых фирмой John Deere, предложено осуществлять привод вентилятора системы охлаждения клиноременным вариатором, автоматически изменяющим частоту вращения для поддержания необходимой температуры двигателя, а также гидросистемы [32]. Нагретый воздушный поток, подаваемый вентилятором, отклоняется направляющими отверстиями в сторону от почвы и кабины, исключая повреждение растений и нагрев стекла кабины. Самоподкачивающаяся топливная

система, установленная в двигателе, исключает ручную подкачку и необходимость предварительного заполнения топливом фильтра после его замены.

Фирмой John Deere разработана оригинальная система управления мультитопливным двигателем трактора, который можно заправлять любым дизельным топливом, а также смесями их различных видов [33]. Более того, трактор сможет работать на растительном масле (если оно по параметрам соответствует установленным нормам). Бак трактора снабжен датчиками, которые замеряют плотность, вязкость, температуру топлива или смеси, находящейся в нем. Бортовой компьютер выбирает настройки, позволяющие оптимизировать работу двигателя, а также привести выхлопы в соответствие с требованиями Tier IV (система классификации Tier служит для оценки надежности центров обработки данных).

Среди новых разработок тракторов общего назначения фирмы John Deere следует отметить трансмиссию e23 с функцией Efficiency Manager: при заданной скорости она автоматически позволяет подбирать передачу и обеспечивает оптимальный расход топлива при заданной нагрузке [34].

В связи с ужесточением требований к уровню вибрации на рабочем месте тракторов, выпускаемых с 2007 г. (директива ЕС 2002/44/ЕС), ряд фирм приступили к совершенствованию демпфирующих систем.

Фирмы Claas и Valtra (Финляндия) внедрили на тракторах полуактивную подвеску кабины, задние упругие элементы которой автоматически приспособляются к изменению вибрационных параметров при движении [32]. Для этого используются сигналы закрепленных на кабине датчиков ускорения, а также датчиков скорости движения, торможения и угла поворота руля. Управление процессом демпфирования осуществляется путем изменения магнитным полем вязкости демпфирующей жидкости (фирма Claas) или электрического регулирования поперечного сечения демпфирующего отверстия (фирма Valtra). При этом тракторист может откорректировать демпфирование предварительной установкой переключателя в положение «Аскег» (пашня) или «StraGe» (улица) (фирма Claas) или плавной ручной подгонкой (фирма Valtra).

Тракторы серии Fastrac-8250 фирмы JCB (Австрия) оснащены бесступенчатой многорежимной трансмиссией с интеллектуальным управлением V-TRONIC, что позволяет работать в любых условиях с оптимальной скоростью, обеспечивая повышение производительности и экономию топлива [35, 36]. В тракторах данной серии преимущества интеллектуальной бесступенчатой трансмиссии сочетаются с полностью независимой активной гидравлической подвеской, обеспечивающей высокий комфорт тракторов Fastrac при работе и безопасность при движении по дороге на высокой скорости. При движении на неровностях активная система амортизации трактора существенно снижает уровень колебаний кузова (рис. 2.1, светлая линия) в отличие от обычных тракторов, система амортизации которых рассчитана исключительно на использование пневматических колес. Благодаря такой самовыравнивающейся подвеске автоматически восстанавливается высота рамы относительно моста трактора. Это позволяет выполнять работы быстрее и безопаснее, уменьшать нагрузку на оператора и использовать трактор как скоростной специализированный тракторный тягач на дорогах общего пользования.



Рис. 2.1. Трактор Fastrac с активной системой амортизации

К перспективным разработкам в области интеллектуальных систем управления работой трактора следует отнести электронно-программный комплекс EASY (Efficient Agriculture Systems – эффективные сельскохозяйственные системы) фирмы Claas (рис. 2.2) [30], обеспечивающий управление машиной, оптимизацию производительности, контроль технического состояния машины (включая

удаленную диагностику), различные программные решения для сельскохозяйственных предприятий.



Рис. 2.2. Электронно-программный комплекс EASY

2.1.2. Машинотракторные агрегаты

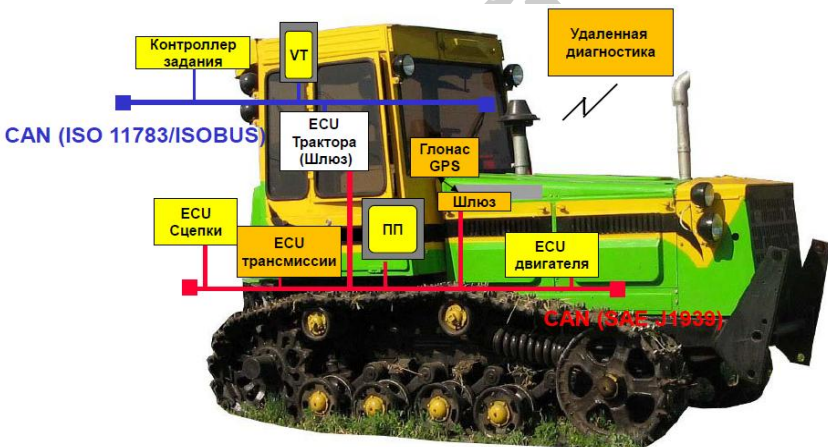
Интеллектуальные системы управления машинотракторными агрегатами обеспечивают синхронизацию (гармонизацию) работы трактора и агрегированной с ним сельскохозяйственной машины с целью повышения эффективности работы агрегата в целом (до недавнего времени осуществлялось управление отдельными узлами трактора или сельскохозяйственной машины независимо друг от друга).

В последние годы получили распространение интеллектуальные системы управления машинотракторными агрегатами на основе международного стандарта ISO 11783 (ISOBUS), служащего для установления электронной информационной связи между тракторами и агрегированными с ним сельскохозяйственными орудиями [30, 37].

Система ISOBUS позволяет стандартизировать компьютерную технику и программное обеспечение, лучше использовать, комбинировать и координировать работу машин и орудий, автоматизировать настройку машин и орудий на различные операции, осуществлять обмен данными между системами, находящимися в полевых условиях, и офисными компьютерами производителей сельхозпродукции, сервисных служб и производителей техники. Она работает на основе шинной связи CAN-bus с использованием различных электронных средств. CAN-шина обеспечивает подключение любых исполнительных и управляющих устройств (всевозможных сенсоров, контроллеров и т. д.), которые могут

одновременно принимать и передавать цифровую информацию (дуплексная система).

На рис. 2.3 в качестве примера показана интегрированная система управления трактором на базе стандарта ISOBUS с использованием шины CAN-bus, разработанная ООО «Марафон» (Россия) [38]. Трактор оснащен комплектом электронных блоков управления (Electronic Control Unit, ECU) – ECU двигателя, ECU трансмиссии и ECU сцепки, функционирующих в соответствии с набором спецификаций J1939, установленных SAE (Society of Automotive Engineers International, Сообщество автомобильных инженеров). J1939 предназначается для мощных транспортных средств (тракторы, сельскохозяйственные машины, грузовые автомобили) и служит для объединения контроллеров в общую сеть. Сеть, созданная на основе J1939, в качестве канального уровня использует коммуникционную шину CAN (стандарт ISO 11783).



ECU – контроллер в терминах SAE J1939
VT- виртуальный терминал ISO11783
ПП- электронная панель приборов и органы управления

Рис. 2.3. Интегрированная система управления трактором с использованием шины CAN-bus

Фирмой John Deere на базе стандарта ISOBUS разработаны разнообразные системы, обеспечивающие взаимодействие между трактором и прицепным оборудованием. Примером тому является система взаимодействия трактора фирмы John Deere с фуражным

прицепом фирмы Pottinger (Германия) [39]. В процессе работы фуражный прицеп замедляет или ускоряет ход трактора в зависимости от плотности и формы травяного покрова, что записывается на специальный сенсор, установленный на передней части трактора. Это позволяет определять уровень подачи травяной массы, что в итоге ведет к улучшению производительности и к меньшей утомляемости оператора. Другой пример – базирующаяся на стандарте ISOBUS система Tractor-Implement Automation (Автоматизация тракторного оборудования), разработанная применительно к прицепу-измельчителю [40]. С помощью ультразвукового сенсора, который определяет форму валка, и сенсора крутящего момента на измельчающем роторе скорость трактора регулируется в зависимости от мощности валка.

Также фирма John Deere использует стандарт ISOBUS для автоматического управления пресс-подборщиком (а также другими уборочными машинами), которое обеспечивает обмен данными в двух направлениях: от трактора к агрегируемой машине и от машины к трактору (рис. 2.4) [30]. Пресс-подборщик в зависимости от состояния валка управляет скоростью и направлением движения трактора, плотностью прессования рулона. При этом оптимизируется мощность трактора и формируется рулон равномерной плотности, а в сочетании с системами «быстрого реагирования», которые установлены на модели прессов 960 и 990, значительно сокращается время, затрачиваемое на выгрузку рулонов.



Рис. 2.4. Трактор и пресс-подборщик с системой ISOBUS

Синхронизация работы пресс-подборщика и трактора обеспечивает значительное (до 30 %) повышение производительности и экономный расход топлива. Так, рулонный пресс-подборщик

John Deere 864 в нужный момент передает трактору информацию о том, что рулон сформирован, после чего трактор без участия тракториста замедляет ход и останавливается. Затем начинается процесс обматывания рулона сеткой, по завершению которого трактор автоматически выгружает рулон. Затем весь цикл повторяется снова. Таким образом, вместо четырех действий (начать движение, остановиться в нужный момент, дать команду для обмотки рулона сеткой и выгрузить рулон) от тракториста требуется только одно – начать движение.

Еще одна разработка фирмы John Deere – интеллектуальная система Machine Sync [39]. Тракторист, находясь в кабине трактора, может видеть на мониторе карту с местонахождением на поле других тракторов, комбайнов, прицепов и т. п. и принимать решения, необходимые в данный момент времени. Устройство Machine Sync сообщает трактористу трейлера степень заполнения бункера, позволяя определить, как скоро потребуется разгрузка, к какому комбайну подойти в первую очередь, если уборка поля ведется несколькими комбайнами. Комбайнер, в свою очередь, может напрямую вызвать трейлер и начать разгрузку.

Фирмой New Holland (США) разработана интеллектуальная система для кормозаготовительного пресс-подборщика серии BV 9000, который не только осуществляет прессование тюка, его обвязку, но и определяет одновременно количество упаковочного корма (присоединяет бирку-чип с указанием влажности, сроков уборки и других показателей), что позволяет наиболее рационально и экономно составлять кормовой рацион при скормливании животным [30].

Компания Krone (Германия) предложила тюковый пресс BigPack 4×4 HighSpeed, который оснащен измерителем влажности, электронными весами и устройством для нанесения на тюки RFID-метки [41, 42]. Параметры спрессованного тюка передаются по каналам спутниковой связи. Система управления машины может взаимодействовать с системой управления трактора, различным навигационным оборудованием и устройствами сбора данных.

В последние годы при производстве высококачественного сенажа возросло значение рулонных пресс-подборщиков с интегрированным устройством обмотки. При существовавшем до сих пор уровне техники трактор при работе с пресс-подборщиком-обмотчиком должен прерывать движение, чтобы прекратить

поступление зеленой массы во время формирования рулона и передачи его на обмоточный стол.

Компания Krone разработала пресс-подборщик-обмотчик Ultima Non-Stop, который позволяет осуществлять процесс подбора зеленой массы, прессования, обмотки и выгрузки непрерывно (рис. 2.5) [41, 42]. Размещенная в машине камера с функцией предварительного прессования и интеллектуальной системой регулирования позволяет полностью автоматизировать процесс. При этом скорость движения трактора автоматически устанавливается в зависимости от степени загрузки пресс-подборщика. Благодаря этому облегчается работа водителя, повышается пропускная способность машины до 50 % при максимальной плотности рулонов, снижаются затраты энергии.



Рис. 2.5. Пресс-подборщик-обмотчик Ultima Non-Stop

Существуют различные варианты интеллектуальных систем управления трактор-машина, предназначенных для работы с разными типами прицепного оборудования. Например, компания Grimme (Германия) выпускает системы управления корнеуборочными и картофелеуборочными машинами [40]. В частности, практический интерес вызывает система управления картофелеуборочной машиной Potato Suite компании Grimme, которая позволяет следующим образом координировать функции картофелеуборочной машины с трактором: управление трактором осуществляется картофелеуборочной машиной,

причем скорость движения трактора регулируется в зависимости от скольжения ботвичной ленты и загрузки сепаратора. Кроме того, картофелеуборочная машина имеет доступ к гидравлическим управляющим устройствам и активирует управление на поворотных полосах.

Фирмы Poettinger и John Deere создали «предусмотрительные системы» на самозагружающихся прицепах, осуществляющие дополнительные автоматические настройки трактора [43]. Трактору задаются направление движения и скорость движения для оптимальной загрузки. Установленная система распознает оптическими сенсорами валок перед машиной и своевременно регулирует скорость. На сегодняшний день систему приходится настраивать водителю. Однако ожидается, что в ближайшем будущем сенсоры будут самостоятельно настраиваться на оптимальную работу – определять состояние валка перед машиной и сравнивать полученные снимки с соответствующими показателями наклонного транспортера. При этом состояние валка можно определять по цвету: светлый цвет – низкая урожайность и возможно увеличение скорости или темный цвет – высокая урожайность и необходимо снижение скорости. Теоретической базой для такого автоматического регулирования является нечеткая логика, которая преобразует не совсем точные понятия, такие как «больше» или «меньше» в конкретные регулирующие импульсы.

Компанией Lemken (Германия) выведена на рынок интеллектуальная антипробуксовочная система для почвенных катков [40]. При работе катков большого диаметра, особенно на песчаных почвах, может произойти сдвиг почвы и образование складок или поперечных валов. Импульсное кольцо посевного агрегата измеряет действительную скорость движения и сравнивает с числом оборотов катка. В случае образования земельного наноса каток начинает пробуксовывать. В результате включения антипробуксовочной системы в систему Tractor Implement Management измерение пробуксовки катка может быть использовано для регулировки трехточечной навески на тракторе. Нагрузка временно переносится на задние колеса трактора или на ходовую часть навесного устройства, пока буксование не прекратится. Таким образом удастся добиваться равномерного заглубления и безаварийной работы с равномерной потребностью в тяговой силе.

2.1.3. Сельскохозяйственные машины

Интеллектуальные системы широко применяются для автоматического управления различными функциями сельскохозяйственных машин. В основном эти системы служат для повышения эффективности выполнения машинами полевых работ. Наиболее широкое распространение они получили в уборочных машинах.

Фирма New Holland CNH (Германия) создала систему IntelliCruise, которая изменяет скорость движения комбайна в соответствии с величиной потока убираемой массы [44]. Система измеряет количество поступающей массы на жатке и подающем шнеке путем изменения натяжения приводного ремня, после чего задается определенная рабочая скорость движения, соответствующая оптимальным возможностям жатки. Если поток убираемой массы возрастает, то скорость движения снижается, и наоборот, она может повышаться, если количество зерновых уменьшается. На переезде или развороте комбайна натяжение приводного ремня автоматически ослабляется. Благодаря точной регулировке производительности предотвращается чрезмерная нагрузка на молотилку.

Эффективность работы комбайна может быть повышена с помощью системы Semos Automatic фирмы Claas [33]. Комбайны Lexion с данной системой снабжаются многочисленными сенсорами, отслеживающими параметры окружающей среды, работы узлов. Например, в зависимости от степени очистки зерна Semos Automatic автоматически устанавливает необходимую скорость вентиляторов.

Инновационное решение фирмы Claas для зерноуборочных комбайнов – система Grain Quality Camera (рис. 39) [40]. Установленная в головке элеватора цветная фотокамера с высоким разрешением делает снимки убираемого зерна в зерновом потоке. Снимки затем анализируются на наличие незерновых примесей и дробленых зерен, а результаты анализа в виде диаграмм передаются на терминал комбайна. Комбайнер имеет возможность сразу же просматривать снимки и различать отдельные или прилипшие примеси. Это создает более точную основу для оценки качества зерна и оптимизации настройки жатки и системы очистки на зерноуборочных комбайнах Lexion 760, 770, 780.

Для улучшения качества собираемого зерна перспективно использовать систему Moisture Cable фирмы Bintec (ОАЭ), которая автоматически регулирует мощность сушилки на основе измерения таких показателей, как температура, влажность зерна и влажность воздуха [45].

Кормоуборочные комбайны фирмы Krone оснащаются системой VariStream, обеспечивающей стабильную работу барабана-измельчителя и ускорительного барабана [32]. Благодаря этой системе поперечное сечение потока кормовой массы автоматически изменяется в соответствии с объемом поступающей массы. Система VariStream обеспечивает стабильную работу барабана-измельчителя и ускорительного барабана, равномерность потока комовой массы, возможность оптимальной загрузки машины. При этом комбайны работают более спокойно даже при неравномерной подаче комовой массы, в то же время расход топлива и износ техники снижаются.

Кроме того, кормоуборочные комбайны фирмы Krone оснащаются системой Auto Scan, оптический датчик которой определяет цвет, а вместе с ним и степень спелости кукурузы (темно-зеленый цвет означает влажные, а коричневый – сухие растения) [30]. Затем электронно-программные средства комбайна вычисляют подходящую оптимальную длину измельчения (чем суше материал, тем меньше длина), и соответственно регулирует скорость гидравлического привода подпрессовывающих валцов.

В кормоуборочных комбайнах проводятся усовершенствования в области аналитической техники, с помощью которой до сих пор можно было определить только содержание сухого вещества в убранный кормовой массе. Усовершенствованная техника позволяет определять содержание таких веществ, как протеин, крахмал и сахар. Так, модернизированная система John Deere HarvestLab, кроме определения доли сухого вещества, способна определять в кормовой массе содержание сырого белка, сахара, крахмала, клетчатки, а также зольность [46].

Повышению производительности и экономии расхода топлива способствует организация синхронизированной работы кормоуборочного комбайна и транспортного средства. Так, фирма Krone предложила автоматический предохранитель перегрузок LaserLoad для самоходных кормоуборочных комбайнов серии BIG X [42].

Управляемый лазерный сканер опознает движущееся параллельно с комбайном или за ним транспортное средство и управляет сило-сопроводом.

Фирмой Claas разработано устройство, автоматически регулирующее равномерное распределение соломы и половы за комбайном [42]. На обеих задних фарах комбайна расположены датчики, которые фиксируют направление и силу бокового ветра, а также угол склона.

Одним из весьма чувствительных и требующих соответствующего отношения сельскохозяйственных продуктов является картофель. На практике скорость транспортеров элеватора картофелеуборочного комбайна постоянно регулируется механизатором, а чаще всего устанавливается на максимальное значение для исключения проведения дополнительных регулировок. При передаче картофеля на эlevator или в транспортное средство возможно травмирование клубней из-за высокой скорости скребков. Для предотвращения этого можно использовать систему Speedtronic фирмы Grimme, которая позволяет распознавать степень заполнения карманов элеваторов картофелеуборочных комбайнов с помощью специального датчика [32]. Полученные данные посылаются на бортовой компьютер комбайна, который рассчитывает и автоматически изменяет скорость транспортера элеватора, обеспечивая максимально возможную степень его наполнения. Благодаря этому уменьшается количество механических воздействий на клубни в местах передачи на транспортеры и с них и, кроме того, механизатор избавляется от необходимости проводить необходимые настройки вручную.

Существенные усовершенствования техники для полива и орошения выполнены фирмами TeeJet Technologies (США), Lemken и INUMA Fahrzeug Service (Германия), в которой используются различные виды сенсорных датчиков, регистрирующих поток жидкости на каждой форсунке опрыскивателя [32]. Такой способ сенсорного контроля по сравнению с традиционным контролем путем осмотра имеет значительные преимущества: он позволяет достоверно определить поломанную или забившуюся форсунку, а обнаруженные неполадки автоматически и без задержек отражаются на дисплее терминала, что позволяет механизатору сразу же устранить неисправность.

В последние годы находят распространение интеллектуальные системы, служащие для повышения надежности работы сельскохозяйственных машин, поддержания нормальных режимов их функционирования [30, 32, 42].

Для кормоуборочных комбайнов разработаны системы регулирования моторов, позволяющие приспосабливаться к различным условиям уборки, в результате чего кормоуборочный комбайн постоянно работает в оптимальном с точки зрения потребления мощности и производительности диапазоне числа оборотов, что одновременно позволяет снизить расход топлива.

Для лучшей адаптации косилок к рельефу при очень большой ширине захвата и большой массе используется гидропневматическая система снижения нагрузки на косилку с компьютеризированной автоматической регулировкой опорного давления в реальном времени. Указанная система обеспечивает постоянное опорное давление косилочных элементов даже при очень волнистом рельефе и сильно варьирующейся скорости движения.

Фирма Claas разработала автоматическую систему полного привода ActiveTrac для зерноуборочных комбайнов [45]. Комбайны с приводом всех колес традиционной конструкции испытывают серьезные трудности при работе на склонах и на почвах со слабой несущей способностью, поскольку при движении колеса могут пробуксовывать, сильно повреждая почву. Система ActiveTrac при пробуксовке колес одного из мостов с помощью электрогидравлической регулировки перераспределяет крутящий момент на колеса с лучшим сцеплением с почвой. Различия в размерах шин на осях учитываются электронной системой SEBIS. Достоинством этой новой концепции является автоматическая активация противобуксовочной функции, повышающей эффективность работы

Фирма Krone выпустила обмоточный агрегат с автоматически регулируемым по высоте натяжителем пленки [32]. Через сенсор угла поворота рабочая высота обмотчика автоматически приспосабливается к диаметру рулона.

Фирма John Deere предложила интеллектуальную систему охлаждения Smart cooling с изменяющейся скоростью вентилятора, который подстраивается под текущую нагрузку на машину, тем самым снижая потребление топлива и уменьшая шум в кабине [46].

2.1.4. Транспортные машины

В АПК широко используется грузовой автотранспорт, который служит в основном для перевозки различной сельскохозяйственной продукции. В последние годы в автомобилестроении уделяется большое внимание вопросам автоматизации. При этом, как правило, речь идет о создании локальных автоматических систем, например, устройств автоматического впрыска топлива и турбонаддува, автоматической трансмиссии, антиблокировочных систем и т. п., что существенно упрощает работу водителя. Тем не менее, объемы информации, поступающие от отдельных функциональных узлов автомобиля и из окружающей среды таковы, что часто превосходят возможности водителя по оперативному анализу этой информации и, как следствие, принятию соответствующих решений. Поэтому все более актуальными становятся задачи автоматизации управления автомобилем в целом.

Осуществляемая на сегодняшний день автоматизация автомобиля практически не касается основных функций водителя – управления движением автомобиля, обеспечения эффективной работы и безопасного движения автотранспорта [48].

К числу функций водителя, автоматизация которых является наиболее важной, относятся:

- выбор маршрута движения;
- выбор оптимального по затратам топлива режима работы двигателя и основных агрегатов автомобиля;
- соблюдение правил дорожного движения (оптимальной скорости и дистанции допереди идущего автомобиля, порядка движения в колонне и т. д.);
- своевременное обнаружение и распознавание дорожных знаков и препятствий на пути движения и реагирование на них;
- контроль технического состояния автомобиля и др.

Особенности вышеперечисленных задач свидетельствуют о необходимости построения систем управления автотранспортом с использованием интеллектуальных алгоритмов, с помощью которых становится возможным обеспечивать высокую скорость, комфортность и экономичность движения в широком диапазоне изменения внешних условий движения, выбирать оптимальные маршруты и режимы движения с автоматической адаптацией

к возможным изменениям маршрутного задания и нарушениям в работе агрегатов автомобиля, что в итоге гарантирует высокое качество и безопасность управления движением.

При построении интеллектуальных систем управления движением автомобиля перспективно использовать нейронные сети, являющиеся эффективным аппаратом коррекции каналов управления, а также мультиагентные вычислительные системы, способные обеспечить принципиально новые качества адаптации, самоорганизации и интеллектуального поведения, реализуя, фактически, бортовые распределенные информационные системы [48]. При этом особое значение имеет разработка человеко-машинного интерфейса, обеспечивающего адаптивную фильтрацию информационных потоков: в зону внимания водителя должна вводиться только существенная оперативная информация, отвечающая текущим задачам управления.

Примером интеллектуальной системы управления автомобилем является разработанная компанией Bosch (Германия) система помощи водителю Eco.Logic motion [49]. Используя дополнительные навигационные данные, в частности, информацию о спусках, подъемах и поворотах, через которые должен пройти автомобиль, Eco.Logic motion оптимизирует работу двигателя и трансмиссии, что в итоге позволяет достичь снижения как расхода топлива, так и выбросов CO₂. На практике это выглядит следующим образом: «электронный горизонт» рассчитывает оптимальную скорость и выбирает передачу, соответствующую участку пути впереди; эта информация сравнивается с текущими параметрами движения и передается в виде команды на блоки управления двигателем и трансмиссией автомобиля. В результате автомобиль набирает скорость там, где это необходимо, или же избегает лишних переключений передач незадолго до вершины холма, а также выполняет другие действия, диктуемые дорожной обстановкой.

Объектами интеллектуализации являются не только системы управления автомобилем, но и другие устройства, влияющие на эффективность работы водителя. Так, фирма Mercedes-Benz (Германия) предложила интеллектуальные стеклоочистители Magic Vision Control (рис. 2.6) [50]. Их преимущество состоит в расположенных по всей длине рабочих поверхностей форсунках, которые брызгают воду на стекло непосредственно во время взмахов щеток.

При этом в зависимости от температуры воздуха, погодных условий и скорости движения стеклоочистители могут самостоятельно контролировать количество воды и напор, с которым она подается на стекло. Кроме того, у стеклоочистителей имеется три режима работы: для летнего и зимнего времени, а также для езды с открытой крышей. Разработанное устройство оснащено обогревателем бачка с жидкостью и форсунок, который автоматически включается при температуре ниже минус пяти градусов по Цельсию.

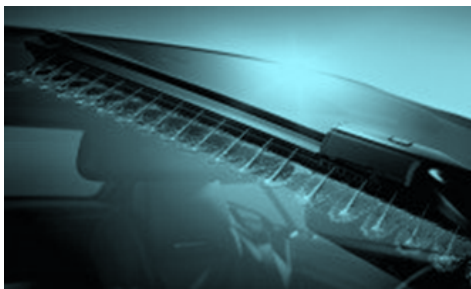


Рис. 2.6. Интеллектуальные стеклоочистители

2.2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Точное земледелие (или как его еще называют «прецизионное земледелие» – precision agriculture) – это комплекс технологий ресурсосберегающего земледелия, направленных на повышение эффективности возделывания сельскохозяйственных растений на основе точного выполнения технологических операций с учетом пространственной неоднородности среды произрастания растений [51, 52].

Концепция точного земледелия основана на идее о том, что неоднородность условий выращивания растений на разных полях или разных участках одного поля является одной из основных причин, соответственно, межпольной и внутривидовой неоднородности урожайности, и представлении о целесообразности расходования воды, питательных веществ и средств химизации, необходимых для растений, в соответствии с локальными изменениями почвенных свойств [53].

В рамках реализации технологий точного земледелия предполагается, что обработка поля проводится с учетом реальных потребностей сельскохозяйственных культур, выращиваемых на данном поле (или на данном участке поля). Эти потребности определяются с помощью современных электронно-информационных аппаратных средств. При этом вносимые в почву вода, питательные вещества и средства химизации дифференцируются на разных полях или разных участках одного поля, давая максимальный эффект при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ.

Технологии точного земледелия начали активно развиваться в 1980–1990-е гг. Однако идеи создания таких технологий возникли значительно раньше. Так, еще в середине прошлого века основоположник российской агрохимии Д.Н. Прянишников писал: «Определение содержания в почвах подвижных форм азота, фосфора и калия может быть использовано для дифференцировки доз и соотношений азотистых, фосфорнокислых и калийных удобрений, вносимых под одну и ту же культуру, в одном и том же поле севооборота, но на участках поля, различающихся по почвенным условиям» [54].

Ниже рассмотрены основные вехи в истории развития точного земледелия и его внедрения в мировую практику землепользования [52].

В 1976 г. на международной выставке SIMA в Париже был представлен опрыскиватель Hydroelectron фирмы Теснома (Франция), оборудованный электронным регулятором подачи раствора для обработки растений пропорционально скорости движения агрегата.

В 1982 г. на международной сельскохозяйственной выставке в Мюнхене был показан первый экспериментальный образец сеялки с электронным регулятором высева фирмы Blanchot (Франция).

В 1986 г. в результате сотрудничества ряда фирм, производящих сельхозтехнику, было признано рациональным устанавливать на тракторе многоканальный микропроцессор, а на агрегированных с ним машинах использовать унифицированные датчики, которые подключаются к микропроцессору вместе с исполнительными механизмами машин. При этом в функции микропроцессора входило не только регулировать технологические параметры сельскохозяйственного производственного процесса, но также контролировать

рабочую скорость агрегата, объем выполненной работы, параметры двигателя, удельный расход топлива и т. п.

В 1992 г. страны ЕС в целях объединения усилий по развитию точного земледелия приняли план ускоренного финансирования из бюджета ЕС перспективных направлений автоматизации и компьютеризации сельскохозяйственной техники.

В 1994 г. на выставке Smithfield Farm Tech фирма KRM (Великобритания) продемонстрировала первый экспериментальный образец двухдисковой центробежной машины для дифференцированного внесения минеральных удобрений.

В 1995 г. фирма Amazone (Германия) освоила выпуск центробежных машин ZA-Max, оснащенных электронным прибором, позволяющим определять содержание питательных веществ в почве методом инфракрасного фотографирования поля со спутника Земли с построением картограммы поля, а координаты агрегата – с помощью GPS-систем.

На сегодняшний момент все ведущие в мире фирмы по производству сельскохозяйственных машин создают свою продукцию с учетом требований точного земледелия, широко используя современные системы глобального позиционирования, геоинформационные системы, системы дистанционного зондирования земли, сенсорную технику, а также технологии оценки урожайности и технологии переменного нормирования. Особое внимание уделяется интеллектуальным системам точного земледелия, разработка которых идет в двух основных направлениях: точное управление движением машин и точное управление работой машин при выполнении технологических операций на полях.

2.2.1. Точное управление движением машин

Вождение по заданной траектории

При выполнении полевых работ точное управление движением машин по всему полю может быть достигнуто на основе использования геоинформации, получаемой с помощью спутниковых навигационных систем.

Существуют два технических подхода к созданию систем управления движением по заданной траектории – ручное управление с помощью световой балки и управление с помощью автоматики

[55]. Оба подхода предусматривают определение на основе учета сигналов спутниковых навигаторов отклонения от заданного курса движения, а именно: отклонения расстояния по горизонтали к намеченной линии, которая может быть зафиксирована заранее, а также к какой-либо компенсирующей линии.

В случае использования световой балки отклонения от заданного курса указываются на дисплее посредством светоизлучающих диодов, расположенных в горизонтальный ряд (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Ручное управление машиной с помощью световой балки

Автоматическая система управления (рис. 2.8) подобна системе со световой балкой за исключением того, что сигналы, приходящие из компьютерного алгоритма, не требуют от водителя ручного управления машиной, вместо этого сигналы идут к электрическим и гидравлическим управляющим исполнительным механизмам.



Рис. 2.8. Дисплей пользовательского интерфейса к автоматической системе управления

Световая балка (вверху) указывает погрешности бокового отклонения. Сигналы с двух разных спутниковых навигационных систем могут использоваться одновременно для улучшения эффекта управления.

Основные компоненты, необходимые для управления на основе обоих указанных подходов, т. е. с помощью световой балки или автоматики:

- GPS-приемник;
- пользовательский интерфейс для вывода на дисплей отклонений от заданного курса и ввода данных, например рабочей ширины или расположения направляющей линии;
- алгоритм планирования траектории движений, который вычисляет отклонения от заданного курса, соответствующего направляющей линии.

Дополнительно автоматическое управление требует монтажа актуатора для рулевого управления машиной и детектора для ручной коррекции.

Существуют различные варианты интеллектуальных систем, предназначенных для вождения машин по заданной траектории.

Фирма John Deere применяет для точного управления движением машино-тракторных агрегатов и комбайнов по полям дифференцированную глобальную систему позиционирования, дополненную корректирующей системой Star, которая позволяет управлять положением машин на поле с погрешностью до 10 см [42]. Система позиционирования, получив сигналы от спутников, либо подает оператору команду для ручного управления, либо обеспечивает полностью автоматическое управление движением трактора по полю и на поворотных полосах. Она также позволяет ориентировать движение агрегата по следам маркера. Применение системы обеспечивает точность движения агрегата, снижает утомляемость водителя, исключает повторное частичное перекрытие орудиями обработанной площади.

Предложенная система позволяет устанавливать требуемое расстояние технологической колеи, ширину следа, специальную технологическую колею. При проведении посевных работ она позволяет отключать половину высевальных аппаратов с правой или левой стороны сеялки. При этом количество высеваемых семян автоматически уменьшается при включении технологической

колеи. Ширина захвата посевного агрегата, размер технологической колеи и ритм колеи выбираются на управляющем терминале.

Фирма Farmworks (Великобритания) разработала программу Guide late для портативного компьютера Pocket PC, которая позволяет трактористу видеть на дисплее отклонение трактора от идеальной траектории движения, а также измерять обрабатываемые площади и вести документацию с пробами почвы и другими агротехническими данными [42]. Кроме компьютера, на тракторе устанавливается приемник сигналов GPS с соответствующей антенной.

Фирмой John Deere совместно с фирмами Grimme и Pottinger предложены системы управления машинотракторными агрегатами, созданные на базе стандарта ISOBUS [30]. Эти системы могут быть использованы для работы корнеуборочных и картофелеуборочных комбайнов. Трактор управляется по сигналам, передаваемым датчиками, благодаря чему оптимизируется его положение в бороздах и рядах.

Фирмой John Deere разработана система iSteer, которая может работать с различными гидравлически регулируемые плугами [56]. Система контролирует рабочую ширину орудия, в то время как тракторист следит за работой трактора. Как только установленный на тракторе приемник StarFire iTC обнаруживает отклонение от заданной траектории, система сообщает плугу о необходимости увеличить либо уменьшить его рабочую ширину. В результате формируется точный рисунок борозды, требующийся, например, для создания идеально ровных грядок при выращивании овощей.

Существуют различные автоматические устройства вождения с возможностью управления движением на поворотных полосах (автоматические повороты и переключение передач), которые позволяют управлять трактором без вмешательства тракториста [40].

Рядом фирм выпускаются системы автоматического вождения свеклоуборочных комбайнов на основе использования специальных сенсорных устройств – ползковых копир-водителей [32]. Последние выполнены в виде двух соединенных между собой щупов, которые своими концами касаются двух соседних рядков свеклы. При отклонении комбайна в сторону от рядков копир-водители, оставаясь в междурядьях, изменяют свое положение

относительно машины. Сигнал об этом перемещении передается с помощью тяги на датчик и с него поступает в электронный блок, с которого после обработки сигнала подается команда на электромагнитные клапаны, открывающие доступ масла в гидrocилиндры управляющих колес. После корректировки положения комбайна относительно рядов копир-водители занимают нейтральную позицию.

Серия систем точного движения предложена фирмой Claas [57]. Система EASY on field позволяет исключить пропуски и перекрытия при работе широкозахватными агрегатами, в результате чего повышается качество работы, снижается расход топлива, посевного материала, пестицидов и удобрений. Система автоматического вождения Laser Pilot, устанавливаемая на зерноуборочные комбайны, определяет границы хлебостоя, используя сигналы электронно-оптических сенсоров. В системе Auto Pilot, автоматически ведущей комбайн по рядам кукурузы, текущую позицию определяют скобы-копиры. Система Cam Pilot анализирует пространственную структуру участка поля перед машиной с помощью встроенной 3D-камеры.

Параллельное вождение

Интеллектуальные системы параллельного вождения машин обеспечивают точное движение машин по рядам, колеям, валкам и бороздам, благодаря чему значительно повышается эффективность выполняемых полевых работ.

Система GPS Pilot, являющаяся инновационным продуктом фирмы Claas, обеспечивает автоматическое параллельное вождение машин по прямым и криволинейным траекториям независимо от освещенности и погодных условий [42, 57].

Система Parallel Tracking, разработанная фирмой John Deere, обеспечивает возможность параллельного движения машины по прямолинейным и криволинейным траекториям с повышенной скоростью при работе в поле даже в условиях плохой видимости [42, 58]. Она подходит для работы с почвообрабатывающей техникой, опрыскивателями и разбрасывателями удобрений. При работе с данной системой достаточно обозначить путь, после чего дисплей Parallel Tracking покажет визуальные знаки, которые позволят водителю следовать по заданному пути (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Параллельное движение трактора по полю с помощью системы Parallel Tracking

Об эффективности применения систем параллельного движения машин в точном земледелии можно судить на примере вождения агрегатов при внесении удобрений [59].

Для внесения твердых минеральных удобрений широко используются центробежные дисковые разбрасыватели, что обусловлено такими их достоинствами, как возможность внесения различных видов удобрений в широком диапазоне доз, низкая стоимость, высокая производительность, простота конструкции, низкие затраты на техническое обслуживание. Вместе с тем, одной из особенностей таких разбрасывателей является то, что ширина разбрасывания намного превышает ширину машины. Это делает необходимым перекрытие смежных проходов на определенную величину, отклонение от которого повышает неравномерность внесения удобрений по полю. При этом наиболее сложно соблюдать необходимые перекрытия при работе без технологической колеи.

Неравномерность распределения различных доз минеральных удобрений по-разному влияет на потери урожая. Так, если дозы вносимых удобрений лежат в пределах ниже оптимальных, то недостаток удобрения и, следовательно, недобор урожая в одном месте компенсируется прибавкой урожая в другом, поэтому неравномерность их распределения проявляется только в пестроте почвенного плодородия. При внесении же оптимальных доз потери урожая от неравномерности рассева удобрений увеличиваются в результате недобора на недостаточно удобренных участках, а также из-за полегания растений на участках, получивших избыточную

дозу удобрений. При этом потери урожая из-за избытка удобрений оказываются значительно выше, чем при их недостатке. Кроме того, недостаток питательных элементов влияет на качество сельскохозяйственной продукции.

Таким образом, при работе без технологической колеи отсутствие устройств точного вождения ведет к нарушению оптимальных норм перекрытия смежных проходов, что повышает неравномерность распределения удобрений и пестицидов по полю. Это, в свою очередь, вызывает отклонение фактически вносимых доз от заданных на участках с двойной обработкой, потерям удобрений и пестицидов, снижает эффективность их применения, урожайность и качество продукции.

Кардинальным решением проблемы является использование систем параллельного вождения с применением спутниковой навигации (рис. 2.10). При управлении техникой, оснащенной такими системами, водитель чувствует себя комфортнее и меньше устает, имеет возможность вести машину, опираясь не на внешние ориентиры (маркеры), а на показания приборов. Более того, утром при низком солнце или вечером в сумерках трудно рассмотреть ориентиры, в то время как указатель курса всегда находится перед глазами. С помощью систем параллельного вождения можно двигаться и прямолинейно и криволинейно, главная идея состоит в том, чтобы минимизировать перекрытия, а также огрехи между соседними проходами.



Рис. 2.10. Внешний вид систем параллельного вождения машин

Как правило, система параллельного вождения включает GPS-приемник с внешней антенной, контроллер и указатель курса. Указатель курса обычно располагается внутри кабины над рулем или перед рычагами управления. Чаще всего указатель курса по конструкции представляет собой горизонтальный ряд светодиодных индикаторов в пластиковом корпусе. Также существуют системы параллельного вождения с графическим дисплеем, формирующим двумерное изображение агрегата, обрабатываемого ряда и линий сетки для визуализации движения.

Системы параллельного вождения предполагают активное участие водителя в управлении агрегатом, при котором управление осуществляется по следующей схеме: определение текущих координат агрегата – отображение отклонений от заданного маршрута на табло в кабине – вращение водителем рулевого колеса для удержания агрегата на заданном маршруте.

Перед началом работы водитель выбирает требуемый режим обхода поля и устанавливает расстояние между проходами. GPS-приемник определяет текущее положение агрегата, а специализированный процессор осуществляет запоминание маршрута, вычисление отклонения от него и управление индикацией. При этом алгоритм управления транспортным средством оказывается достаточно простым: если индикаторы светятся в центре, то машина идет правильно, если же свет начал перемещаться, например, вправо, то машина уходит вправо и водитель должен компенсировать отклонение от ряда. Если водитель уехал с поля для дозаправки или был вынужден прекратить работу досрочно, например, из-за непогоды, то в дальнейшем он может вернуться в ту точку, где была остановлена работа, и продолжить вождение по выбранной ранее траектории.

При выборе системы параллельного вождения следует обращать внимание на точность работы, возможность приема корректирующих сигналов. Если работа с системой осуществляется в автономном режиме, то точность параллельного вождения невысока (достигает величины более 1 метра). Для ее повышения следует применять дифференциальный сервис, одним из вариантов которого является система широкозонной дифференциальной навигации EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Services). При этом сигнал передается по каналам геостационарных телекоммуни-

кационных спутников, что позволяет достигать 15–30-сантиметровой точности прокладки параллельных рядов.

Самый высокий уровень точности (1–3 см) достигается с помощью базовых станций, работающих в режиме RTK (Real-Time Kinematics – кинематика в реальном времени). Такая станция позволяет выполнять различные виды сельскохозяйственных работ, в том числе точный высев, локальное внесение удобрений и точную культивацию пропашных культур. С помощью ее можно из года в год выдерживать одну и ту же технологическую колею или попадать в одни и те же рядки.

Синхронное вождение

При разработке современных сельскохозяйственных машин особое внимание уделяется вопросам повышения эффективности потенциала мощности, заложенной в двигателях. Практический опыт показывает, что дальнейшее увеличение единичной мощности является нерациональным, поскольку наблюдаемое при этом повышение производительности сопряжено с резким ростом негативных последствий: неэффективной загрузкой мощности, затратной логистикой технологического процесса, переуплотнением почвы и другими факторами. Поэтому выдвигается следующий тезис: лучше иметь два трактора мощностью в N л.с., чем один трактор мощностью в $2N$ л.с. при наличии автоматизированных систем синхронного управления обоими машинами [60]. 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.

Фирма Case IH (США) разработала систему V2V – Vehicle to Vehicle («тягач к тягачу»), которая автоматически синхронизирует работу двух машин, как это показано на рис. 2.11 [60]. Комбайнер управляет движением комбайна, который контролирует движение трактора в агрегате с прицепом при выгрузке зернового бункера с использованием сетей связи Wi-Fi или ZigBee. Систему можно использовать для проведения различных полевых работ, в частности для уборки урожая. Система предусматривает наличие двух экипажей, работающих синхронно.



Рис. 2.11. Синхронизация работы машин с помощью системы V2V

Компания AGCO (США) предложила виртуальную сцепку тракторов Guide Connect (рис. 2.12) [42]. Два трактора, оснащенных высокоточной системой контроля колеи, виртуально соединены друг с другом. Первый (ведущий) трактор управляется вручную и по радиосвязи сообщается со вторым (ведомым) трактором, в котором нет тракториста. Таким образом, водитель первого трактора, имея доступ к панели управления второго, контролирует обе машины. При этом второй трактор, оснащенный тем же навесным орудием, что и первый, автоматически движется по заданной колее с временным и пространственным сдвигом.



Рис. 2.12. Синхронизация работы тракторов с помощью системы Guide Connect

Вождение по откосам

До недавнего времени при использовании систем автоматического вождения машин с помощью спутниковой навигации, разра-

ботанных фирмой John Deere, датчик приема сигнала со спутника StarFire iTC устанавливался только на тракторе, что обеспечивало, соответственно, точную траекторию движения трактора. Однако при этом прицепное оборудование на сложных наклонных участках, на пересеченной местности могло не вполне точно повторять курс трактора. Устранить этот недостаток позволило новое интеллектуальное решение фирмы – система iGuide для пассивного управления прицепным оборудованием, которая обеспечивает большую точность (до 2 см) при условии, что второй приемник StarFire iTC установлен на самом орудии производства [56]. Благодаря этому второму приемнику трактор может автоматически контролировать движение орудия во время работы на наклонной и неровной местности и удерживать прицепное оборудование таким образом, чтобы оно работало строго по ровной линии, предотвращая появление зазоров или нахлестов.

Существующие системы корректирования перемещений по откосам могут обеспечивать не только пассивное, но и активное управление прицепным оборудованием [55]. Если при пассивном управлении коррекции основаны на компенсациях отклонений орудия от намеченного пути за счет управления трактором, то при активном управлении они осуществляются с помощью приборов управления, установленных на орудии (рис. 2.13). Результатом активного управления является совместное движение и трактора, и орудия по желаемому пути, тогда как при пассивном управлении по желаемому пути движется только лишь орудие, в то время как трактор движет по линии, которая слегка смещена (рис. 2.14).



Рис. 2.13. Активное управление сеялкой на боковом откосе. GPS-антенна на крыше трактора не видна

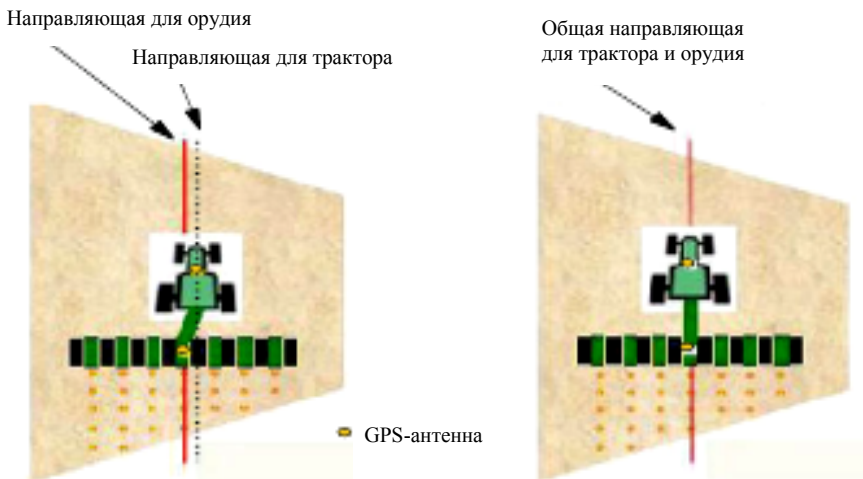


Рис. 2.14. Пассивное (слева) и активное (справа) управление прицепным орудием с помощью GPS

Управление движением машин с прицепным оборудованием по откосам может осуществляться с помощью гироскопа, который устанавливается на сельхозтехнике для определения уклона местности [43]. Полученные данные пересчитываются на длину всего агрегата. При движении по наклонной местности, во избежание сноса агрегата вниз, агрессивность направления трактора в противоположную наклонную сторону регулируется в зависимости от общей длины сцепки.

Секционно-контролируемое вождение

Рабочая ширина захвата современного сельскохозяйственного оборудования и нерегулярные очертания поля приводят к таким ситуациям, когда избежать перекрытия невозможно. Однако если перекрытия не могут быть предотвращены, то повторные посев, внесение удобрений и орошение одного и того же участка не должны иметь места, поскольку это приводит к растрате семян и химикатов и уменьшает урожай. Эти недостатки устраняются при секционном контроле движения сельскохозяйственного оборудования [55].

Основа современного секционного контроля состоит в том, что все границы поля, предварительно обработанные участки, невозделанные области и покрытые травой водные пути в пределах поля регистрируются с привязкой к местности. Это является необходимым условием работы всех автоматических систем управления, взаимодействующих с GPS. Участки поля соотносятся с теми или иными одиночными модулями соответствующего оборудования, например, с модулями сеялки, соплами на консолях распылителей, выходными отверстиями пневматических разбрасывателей – или же с различными модулями, сгруппированными вместе. Каждый участок снабжен контрольным прибором, который может включаться или выключаться центральным контроллером, имеющим данные поля и связанный с GPS-приемником. При должном использовании эта автоматическая техника обеспечивает точность на неровном поле, как показано на рис. 2.15.

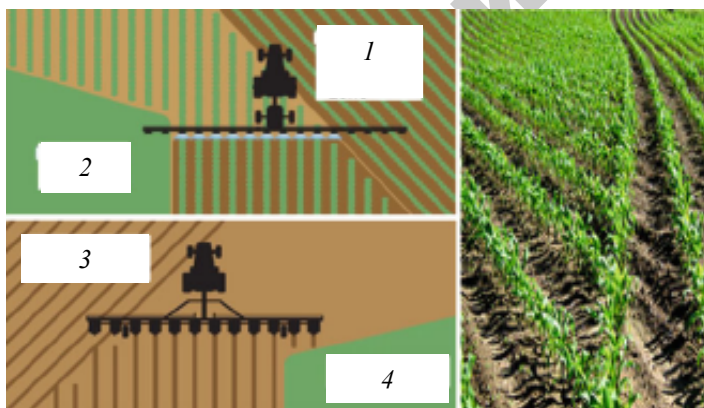


Рис. 2.15. Схемы секционного контроля для посева и орошения на неровном поле и результат с кукурузой
 1 – ранее опыленная зона, 2 – неопыленная зона,
 3 – ранее засеянная площадь, 4 – незасеянная площадь

2.2.2. Точное управление работой машин

Сенсорные системы в точном земледелии

Для проведения работ по точному земледелию у производителя сельхозпродукции должна быть информация о пространственном

варьировании различных почвенных показателей, которые могут лимитировать урожайность на конкретных участках поля. Невозможность оперативного получения такой информации путем отбора почвенных образцов и их лабораторного анализа до недавнего времени была одним из главных препятствий для развития точного земледелия.

В последние годы для получения слоев с высокой плотностью расположения данных по почвенным показателям используются технологии как наземного, так и дистанционного зондирования [51, 53]. При дистанционном зондировании сенсоры располагаются на воздухоплавательных платформах или космических спутниках. Наземное зондирование требует размещения сенсоров вблизи или даже в контакте с обследуемой почвой. Это позволяет измерять почвенные характеристики *in situ* для конкретных участков на поверхности почвы или глубже. Подобным образом можно получать информацию о состоянии конкретных растений путем их зондирования на уровне растительного покрова или отдельных листьев.

Наземные сенсоры, как почвенные, так и растительные, могут работать в стационарных и подвижных условиях. При работе в стационарных условиях сенсоры используют для проведения измерений в одной заданной точке поля. Более эффективно проводить измерения в разных точках поля путем перемещения сенсоров в ландшафте, так как при этом можно создавать тематические карты полей высокого разрешения.

Почвенные сенсоры в зависимости от методов измерений, лежащих в основе их работы, подразделяются на следующие типы [51]:

- электрические и электромагнитные сенсоры – измеряют удельную электропроводность или электроемкость, зависящие от состава почвы;

- оптические и радиометрические сенсоры – используют электромагнитные волны для определения уровня энергии, поглощаемой, отражаемой или излучаемой почвенными частицами;

- механические сенсоры – измеряют силы воздействия инструмента на почву;

- акустические сенсоры – измеряют звук, производимый инструментом при взаимодействии с почвой;

– пневматические сенсоры – оценивают способность воздуха проникать в почву;

– электрохимические сенсоры – используют ионселективные мембраны, на которых создается электрическое напряжение в зависимости от активности отдельных ионов (например, иона водорода, K^+ , NO_3^- и др.).

В идеальном случае почвенный сенсор должен реагировать на варьирование только одного почвенного показателя и тесно коррелировать с результатами общепринятого специфического аналитического метода. Однако в действительности каждый сенсор реагирует на изменение нескольких почвенных свойств. Разделение влияния этих свойств на показания сенсора является технически сложной задачей.

Результаты наземного зондирования почв обеспечивают получение сравнительно недорогой информации о пространственном варьировании с высокой плотностью данных. Полученные карты совмещаются с цифровыми картами высот для отображения участков поля с существенно различающимися условиями произрастания растений, а также для определения участков с целью целенаправленного отбора почвенных образцов.

Растительные сенсоры, служащие для определения параметров, связанных с физическим размером сельскохозяйственных культур, работают на основе использования механических, ультразвуковых и других методов измерений. Сенсоры, определяющие оптическую отражательную способность, широко применяются для измерения способности растительного покрова отражать свет в видимой и ближней инфракрасной областях спектра электромагнитного излучения. Исходя из физических размеров растений, осуществляется дифференцированное внесение средств химизации в соответствии с прогнозируемой потребностью, тогда как зондирование состояния растений применяется для корректировки порядка применения удобрений и полива в течение сезона с целью поддержания требуемой доступности элементов питания и воды. Однако практика показывает, что при изменении почвенных условий в течение сезона на разных участках поля может потребоваться применение разных доз удобрений с учетом пространственных различий в отзывчивости растений.

Широкое применение в земледелии сенсоров (в сочетании с информационными системами) привело к формированию нового подхода к аграрному производству – сенсорного земледелия (sensitive agriculture) [61].

В сенсорном земледелии наибольшее развитие получило топографическое картирование. Компьютер создает цифровые карты с учетом технико-экономических заключений о состоянии почвы, сельскохозяйственной продукции и производства; данных о типе почв, условиях питания растений, распределении воды, распространении болезней и других поражающих растения факторов, наличии сорняков, рельефе земли, поверхностном дренаже, а также метеорологических данных.

Эти исходные данные контролируются с непосредственной оценкой. Факторы, способствующие росту растений, действуют в требуемое время управляемым образом с учетом данных картирования земли.

Согласно концепции сенсорного земледелия сельскохозяйственная техника оснащается системами управления, действующими на основе учета данных сенсорных систем. Фактически сенсорное земледелие является составной частью точного земледелия, в котором системы управления действуют на основе учета данных сенсорных систем, которые привязываются к местности благодаря использованию навигационных спутниковых систем.

В точном земледелии основными объектами сенсорного контроля являются неоднородности на полях, к которым относятся многие свойства почвы и сельскохозяйственных культур, которые могут варьироваться на разных полях или на разных участках одного и того же поля, в частности, такие как:

- неровности поверхности почвы;
- текстура (содержание песка, ила, суглинка и глины) и pH верхнего слоя почвы и подпочвенного слоя;
- содержание в почве воды, органических веществ, различных минералов;
- плотность и морфология сельскохозяйственных культур;
- содержание в сельскохозяйственных культурах воды и различных минералов;
- засоренность посевов различными сорняками и вредителями [55].

Для интеллектуальной обработки многомерных массивов информации об объектах производственного процесса в растениеводстве необходимо применять специализированные программно-аппаратные средства.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации сельского хозяйства разработан блок контроля состояния растений по следующим основным параметрам производственного процесса: температура почвы, влажность почвы, температура воздуха, влажность воздуха и освещенность [62]. Кроме того, в блоке предусмотрена возможность контроля сокодвижения, концентрации CO_2 , капельной влаги на листе и роста плодов.

Стандартный комплект сенсоров для оценки параметров жизнедеятельности растений, установленный в данном блоке, включает:

- датчик температуры почвы;
- датчик температуры окружающего воздуха;
- датчик влажности почвы аналогового типа;
- датчик освещенности;
- дисплей, встроенный в герметичный корпус блока.

Основой для разработки программных модулей функционирования блока служат алгоритмы адаптации сигналов датчиков к производственным условиям и сопоставления полученных данных. Основой оптимизационной модели, заложенной в работу блока, служит модель определения возможных потерь урожая. Для определения потерь урожайности, вызванных отклонением факторов погодно-климатических условий от их оптимальных значений, используются сигналы от датчиков программно-аппаратной части блока: температуры воздуха и влажности почвы.

Разработанный блок контроля состояния растений является составной частью интеллектуальной системы управления производственными процессами, которая позволяет вырабатывать рекомендации по корректировке технологий возделывания в системе «растение – окружающая среда – урожай» с учетом возможности получения экологически безопасной продукции.

Сенсорный контроль почвы и растений

Контроль топографии почвы. Влияние топографии почвы на сельскохозяйственные процессы проявляется в разных аспектах

[55]. Рельеф поля влияет на стекание воды и, таким образом, на эрозию почвы, что приводит к значительным различиям качества почвы на холмах и в низинах. Неодинаковый наклон разных полей или разных участков поля к солнцу (южные и северные склоны) влияет на температуру почвы.

На возвышенных участках содержание нитратного азота в почве превалирует над аммонийным, в то время как в понижениях содержание аммонийного азота выше, чем нитратного из-за большего анаэробнозиса и редукции нитратов, мигрирующих с внутрипочвенным стоком в пониженные местоположения [63]. Кроме того, в почве пониженных участков отмечается большее содержание подвижного фосфора.

Результирующее влияние особенностей рельефа на рост растений может быть весьма существенным. Указанные закономерности позволяют использовать результаты топографической съемки полей для априорного выявления контуров плодородия.

Современная техника для контроля и регистрации топографии широко автоматизирована и включает такие сенсорные методы, как:

- радарная интерферометрия (сравнение фаз и амплитуд исходящего и отраженного излучения спутникового радара);
- лазерное, ультрафиолетовое, видимое или инфракрасное излучение со спутника или авиационной платформы и его отражение (время прохождения);
- инерционное геопозиционирование путем регистрации линейных или вращательных ускорений на движущемся транспортном средстве;
- кинематическое геопозиционирование в реальном времени посредством навигационных спутниковых систем (RTK-GPS).

Контроль свойств почвы. Естественные свойства почвы, такие как текстура, содержание воды, органических и минеральных веществ, кислотность, соленость влияют на урожайность. Знание характера пространственного распределения этих свойств способствует управлению операциями культивирования, посева, внесения удобрений и защитной обработки дифференцировано на каждом участке поля.

Существуют различные типы систем сенсорного контроля свойств почвы. Так, в университете г. Линкольна (США) разработан ручной зонд для локальных измерений величины рН почвы или активности ионов (например, NO_3^- или K^+) на заданной глубине (рис. 2.16, *а*), а также модуль для беспроводного мониторинга матричного потенциала почвенной влаги и температуры почвы на четырех глубинах с 15-минутным интервалом (рис. 2.16, *б*) [53]. Кроме того, в этом же университете создана интегрированная система картирования физических свойств почвы, которая определяет диэлектрические свойства почвы с помощью емкостного сенсора для обеспечения улучшенной расшифровки значений механического сопротивления почвы, полученных с помощью оснащенного тензодатчиками ножа, и измерений оптической отражательной способности почвы, выполненных с использованием набора фотодиодов (рис. 2.17) [53]. На практике эта система может использоваться для учета пространственного варьирования влажности почвы и содержания органического вещества, а также плотности почвы.

Фирмой Veris Technologies (США) производится передвижная сенсорная платформа (рис. 2.18), которая объединяет в себе устройства по автоматическому измерению и картированию удельной электропроводности и рН почвы, работающие с приемником навигационной спутниковой системы сантиметровой точности Trimble AgGPS 442 [53]. При использовании такой платформы, исходя из значений рН почвы, отображаются участки поля с кислой почвой, а измерения удельной электропроводности используются для косвенной оценки количества извести, необходимого для повышения рН почвы до требуемого уровня.

Применение навигационных спутниковых систем позволяет получить качественную карту высот поля. Для незасоленных почв объединение информации о рельефе ландшафта с результатами геофизических измерений, таких как удельная электропроводность, дает полезную информацию о пространственном изменении вододерживающей способности и величины потенциального смыва почвы.

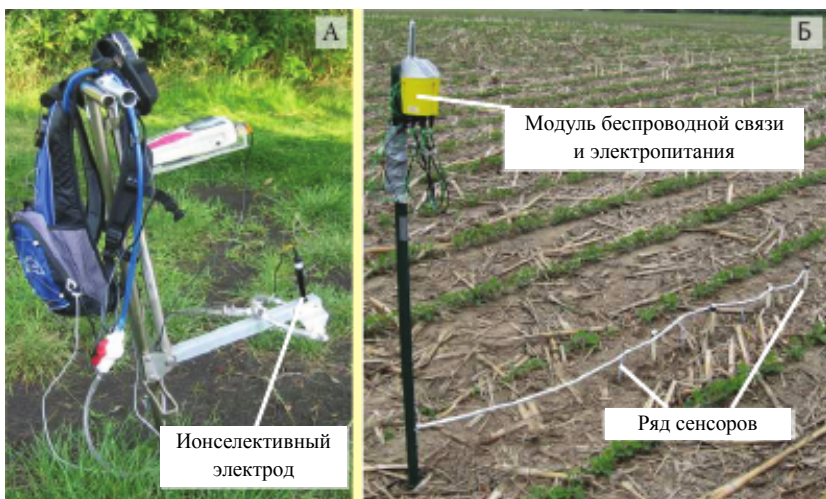


Рис. 2.16. Оборудование для точечных измерений pH почвы с использованием ручного зонда (а) и точечного мониторинга матричного потенциала почвенной влаги и температуры почвы (б)

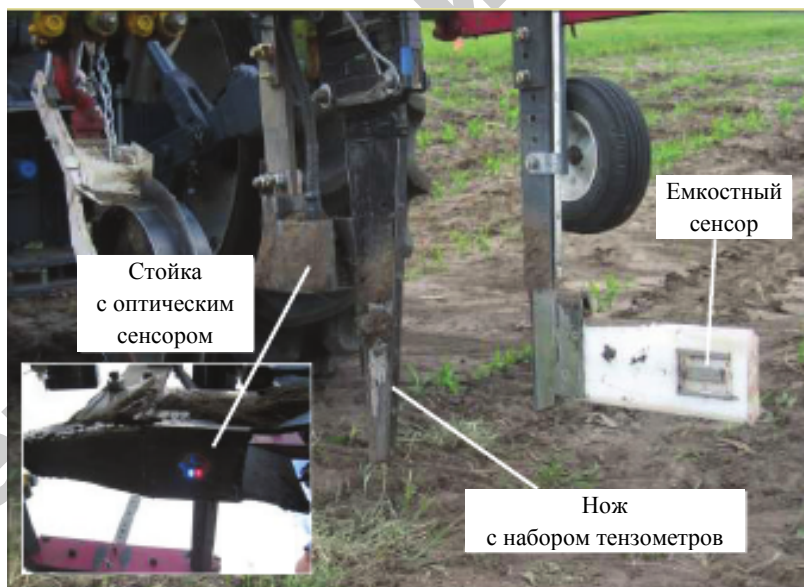


Рис. 2.17. Система картирования физических свойств, состоящая из механических, электрических и оптических сенсорных компонентов

Антенна приемника GNSS сантиметровой точности, используемого для картирования высот поля



Рис. 2.18. Передвижная сенсорная платформа Veris

с блоками измерения-картирования удельной электропроводности и pH почвы, оборудованная приемником спутниковой навигационной системы Trimble AgGPS 442

Электропроводность почвы является одной из наиболее удобных и быстро-определяемых характеристик, позволяющая дать оценку почвенного плодородия (гранулометрический и минералогический состав, гумусированность, pH, влажность, свойства, определяющие почвенно-поглощающий комплекс и ряд других), уточнить расположение границ контуров гетерогенности агрохимических показателей [64].

Для измерения электропроводности применяются методы, основанные на гальваническом контакте с почвой [55]. Например, при использовании сенсорной системы Veris электрический ток проходит между вращающимися ножами плуга, расположенными в левой и правой частях машины (рис. 2.19). Электропроводность почвы измеряется одной или несколькими парами находящихся под напряжением ножей.

Также для измерения электропроводности применяются методы, основанные на электромагнитной индукции [55]. Электромагнитная

индукция имеет место, когда магнитное поле пересекает электрический проводник. В данном случае проводником является почва. Прибор, генерирующий первичное магнитное поле, движется на определенном расстоянии над почвой (рис. 2.20). Сенсор EM 38 фирмы Geonics (Канада) может двигаться на салазках, на тележке или перемещаться вручную. Для предотвращения помех от металла его следует размещать на некотором расстоянии от транспортного средства. Скорость перемещения и емкость участка площади могут быть приблизительно такими же. Следует, заметить, что если контактные методы используют электрический ток, который является постоянным, то электромагнитные индукционные методы используют переменный ток с киллогерцовой частотой.



Рис. 2.19. Измерение электропроводности почвы контактным методом, система Veris. Правый токовый электрод скрыт за колесом



Рис. 2.20. Измерение электропроводности почвы с помощью электромагнитной индукции в режиме реального времени в процессе движения

Свойства почвы на поверхности контролируются по отражательной способности [55]. Контроль проводится по отраженному видимому или инфракрасному излучению. Сигналы исходят от поверхности, которая может быть верхней частью поля или поверхностью в вертикальном сечении почвы, раскрываемой культивирующим орудием.

Такие свойства почвы, как электропроводность, наличие органических веществ, глины и катионообменная емкость сохраняются в течение длительного времени. Поэтому эти свойства удобно регистрировать с одновременным геопозиционированием на одной и той же карте или ряде карт и, таким образом, сочетать соответствующие сенсоры в одной машине (рис. 2.21) [55].



Рис. 2.21. Одновременное картирование коэффициентов отражения излучения ближней инфракрасной части спектра в нижней части культиватора и электропроводностей контактным методом

Проблемные участки на поле (недостаток питательных веществ, уплотнение почвы, проблемы с дренажем и наличие сорняков) можно определять с помощью программы EASY (блок EASY on farm) фирмы Claas [42]. С ее помощью также анализируются электронные карты урожайности, карты проб почв, влажности, создаются карты для дифференцированного внесения удобрений.

Контроль свойств растений. Контроль свойств сельскохозяйственных культур проводится по коэффициенту отражения видимого или инфракрасного излучения. Таким способом можно оценивать концентрацию хлорофилла в листьях, а также индекс листовой поверхности (отношение поверхности листьев к поверхности почвы).

Произведение концентрации хлорофилла в листьях и индекса листовой поверхности дает значение содержания хлорофилла на единице площади поля. Регистрация этого критерия многократно в течение сезона обеспечивает надежные оценки потенциала урожая на конкретном участке с учетом предшествовавших условий роста.

Коэффициент отражения инфракрасного излучения, а также тепловое излучение могут использоваться для получения информации о снабжении водой сельскохозяйственных культур на конкретном участке. По обратному рассеянию волн радара можно получать информацию о биомассе, индексе листовой поверхности и особенно о разновидностях сельскохозяйственных культур для классификации растительности в пределах больших сельскохозяйственных районов.

Ближняя регистрация, осуществляемая непосредственно с сельскохозяйственных машин, позволяет проводить контроль с конкретных участков в реальном времени. С другой стороны, удаленная регистрация со спутников удобна для многократного контроля полей или больших площадей в течение периода роста.

В случае контроля с машин используются приборы, осуществляющие дифференцирование почвы и растений, и таким образом, позволяющие проводить капельное распыление (рис. 2.22). Эта техника может быть полезна для контроля сорняков в засушливых сельскохозяйственных районах, где не хватает воды, необходимой для кругооборота в течение длительного периода в паровой системе земледелия, когда сорняки должны уничтожаться. По сравнению с опрыскиванием всего поля это позволяет существенно сберегать гербициды и, таким образом, уменьшать их воздействие на окружающую среду.



Рис. 2.22. Консоль разбрызгивателя с оптическими сенсорами для капельного опрыскивания сорняков на невозделанном поле

Фирмы Claas и John Deere разработали прибор для измерения параметров кормовых культур, который с помощью коротковолновой инфракрасной спектроскопии и точно установленных калибровочных кривых позволяет во время уборки в режиме реального времени наряду с влажностью определять содержание таких веществ как сахар, крахмал, протеин, целлюлоза, гемицеллюлоза и зола [32]. В результате можно получить информацию для торговых расчетов по качественному принципу и рекомендации по технологии производства, оптимизировать процессы силосования и брожения.

В Институте биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси предложен метод контроля потребности растений во влаге в полевых условиях с помощью специальных сенсоров, размещаемых непосредственно на листьях растений (рис. 2.23) [65]. Сенсор деформирует зеленый лист, и, анализируя степень этой деформации, микропроцессор определяет упругость растительной ткани, обусловленную внутриклеточным давлением воды. Полученные данные передаются по радиоканалу на компьютер, который рассчитывает, насколько удовлетворена потребность растения во влаге. При этом также можно оценить степень снижения интенсивности фотосинтеза и, следовательно, недобор урожая в сравнении с условиями идеального водоснабжения растения.



Рис. 2.23. Сенсор контроля потребности растений во влаге в полевых условиях, размещаемый на листьях растений

Техника для предпосевной обработки почвы

Предпосевная обработка почвы включает совокупность процессов механического воздействия на почву, выполняемых с целью

подготовки почвы под посев сельскохозяйственных культур. Одним из основных процессов предпосевной обработки почвы является культивация – рыхление обработанной почвы (без оборачивания) с подрезанием сорняков. В результате культивации на поверхности почвы создается рыхлый слой, препятствующий капиллярному поднятию влаги и интенсивному ее испарению с поверхности почвы, выравнивается ранее вспаханный грунт, подрезается корневая система сорняков. Как следствие, улучшается воздушный и водный режим почвы, активизируется деятельность почвенных микроорганизмов, создаются благоприятные условия для прорастания семян культурных растений.

В точном земледелии культивация проводится с учетом особенностей свойств почвы на конкретных обрабатываемых участках поля, а также с учетом тех практических задач, которые решаются при проведении культивации [55].

При первичной культивации, основной задачей которой является предварительное разрыхление почвы, важно обеспечить контроль глубины обработки с конкретных участков. Соответствующие сигналы контроля могут быть производными от содержания в почве глины и органических веществ, поскольку оно влияет на гидроморфные свойства почвы и, следовательно, на выбираемую глубину культивации. Роль таких сигналов может также играть сопротивление почвы проникновению в нее рабочих органов культиватора, однако это приемлемо только для твердого подпочвенного слоя и не пригодно для верхнего слоя почвы, поскольку его состояние сильно зависит от содержания воды.

При вторичной культивации основной задачей является измельчение комков ранее вспаханной земли. В этом случае сигналы контроля с конкретных участков могут быть получены от сил, действующих на воспринимающие нагрузку рабочие органы (зубья) культиватора. При этом для соответствующих параметров управления могут быть обеспечены стандартные отклонения этих сил.

Посевная техника

В точном земледелии при проведении посевных работ важно обеспечить управление плотностью и глубиной высева по конкретным участкам поля с учетом соответствующих данных контроля этих параметров [55].

Контроль плотности высева по конкретным участкам может основываться на картах текстуры почвы. Плотность высева растет при переходе от песчаных почв к илистым и жирным почвам и падает на глинистых почвах. Таким образом, с учетом текстуры почвы можно обеспечить либо увеличение урожая, либо уменьшение расхода семян.

Контроль глубины посева по конкретным участкам базируется либо на текстуре почвы, либо на содержании воды в почве. В районах с морским климатом и, следовательно, с частыми дождями контроль на основе текстуры почвы является предпочтительным. Такой контроль можно реализовать, используя карты текстуры и регулируя глубину действия разрыхлителя при его движении с помощью ультразвукового дистанционного сенсора. На участках с континентальным климатом и, следовательно, с более длительным засушливым сроком вполне приемлемым является контроль на основе содержания воды в почве. При этом работа системы контроля влажности почвы, с помощью которой регулируется глубина высева при засухе, основывается на измерении коэффициента отражения инфракрасного излучения или электропроводности.

Точное управление глубиной высева является важным фактором обеспечения однородного прорастания и последующего роста растений по всему полю. Это, в свою очередь, существенно для обработки всех растений на одной и той же стадии роста химикатами и, таким образом, для получения высокого урожая.

Обычно глубина высева зависит либо от давления, с которым высевающий сошник действует на почву, либо от высоты салазок или колес, которые прикреплены к разрыхлителю тяжеловесного посевного оборудования. Регулирование давлением используется только для некоторых машин объемного дозирования. Глубина проникновения разрыхлителя контролируется с помощью ультразвуковых волн, которые излучаются миниатюрными сенсорами, закрепленными на рычаге разрыхлителя. Время, требуемое для того, чтобы вертикально ориентированные ультразвуковые волны вернулись к сенсору, определяет расстояние рычага разрыхлителя над землей и, таким образом, реальную глубину высева (рис. 2.24).

В последние годы предложен ряд новых технических подходов к обеспечению точного высева семян.

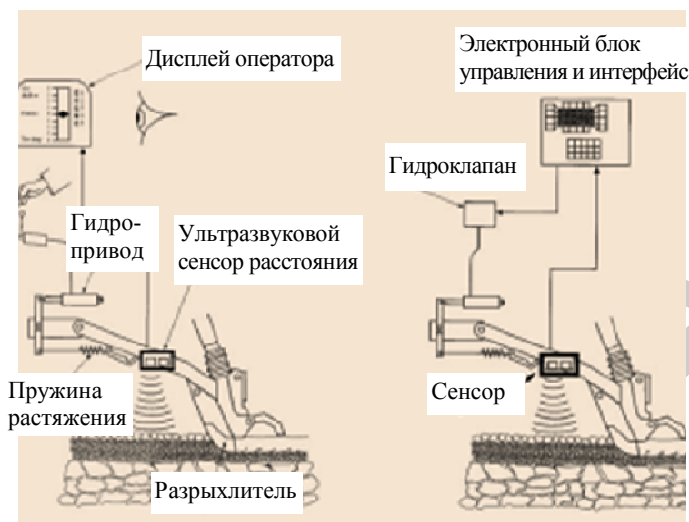


Рис. 2.24. Схемы использования датчиков расстояния для ручного (слева) или компьютерного (справа) управления глубиной высева

Компания Alois Pottinger Maschinenf (Германия) разработала комбинированную сеялку точного высева модели PCS, оснащенную сенсорными контрольными датчиками продольного распределения семян и регистратором пропусков или дублирования семян [42].

Фирма Amazone разработала сеялку EDX 6000-T с системой точного высева и заделки семян Xpress (рис. 2.25) [60]. Достоинством этой системы является модульное разделение высева и заделки семян. Точная пневматическая подача семян проводится на восемь рядов центральным высеивающим барабаном через шланг в сошник под давлением. Пластиковый приемный диск мягко (без риска повреждения) принимает и заделывает семя в борозду, которая выполняется с прямоугольной формой, что обеспечивает оптимальную заделку семян на любой почве.

Настройка и регулировка нормы высева осуществляются при помощи бортового компьютера, управляющего высеивающим барабаном с электрическим приводом.

Отклонение от заданной глубины заделки семян в почву на ± 10 мм приводит к потере до четверти урожая. Поэтому сеялки с дисковыми сошниками оборудуют прикатывающими катками для повышения равномерности заделывания семян по глубине.

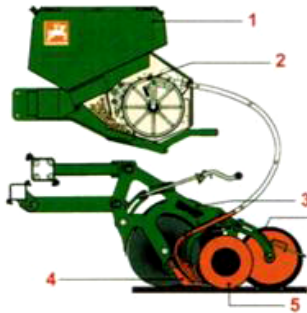


Рис. 2.25. Сеялка EDX 6000-Т с системой высева и заделки семян Хресс фирмы Amazon

- 1 – центральный дозатор, 2 – высевающий барабан, 3 – опорный диск,
4 – сошник с каналом подачи посевного материала, 5 – приемный диск,
6 – прижимной диск

Фирма Great Plains (США) разработала систему регулировки заглубления культиваторных дисков сеялки Centurion, которая позволяет автоматически возвращаться к заданной глубине работы и обеспечивает точный контроль заглубления (рис. 2.26) [66]. Под бункером находятся три высокоточных датчика веса материала: два датчика – сзади и один – впереди. Они автоматически распределяют вес бункера на боковые секции с помощью гидравлики, что обеспечивает равномерное заглубление рабочих органов по всей ширине орудия.



Рис. 2.26. Сеялка Centurion-600 с системой регулировки заглубления культиваторных дисков

Компания Vaderstad (Швеция) выпустила сеялку точного высева Tempo T, оснащенную системой посева, в которой посевной материал выстреливается сжатым воздухом в борозду для укладки семян [67].

Эта система делает машину невосприимчивой к вибрациям и положению на склонах. Центр управления сеялки приводится в действие автоматически и обеспечивает возможность упрощенной калибровки и изменения количества посевного материала во время работы. Благодаря возможности калибровки каждого рядка в отдельности и наличию сенсора на каждом рядке могут быть посеяны различные сорта культур без снижения точности. Дозировка высеваемых семян осуществляется электрическими приводами. После завершения посева в рядке внесение посевного материала прекращается – данная функция сеялки получила название Row off control (контроль отключения пунктирного сева). Сеялка Tempo T выпускается в многорядном исполнении и используется для посева кукурузы, подсолнечника, сои и других сельскохозяйственных культур.

Фирмой Amazone создана высокопроизводительная пунктирная сеялка с оригинальной системой разъединения семян [68]. Отличительным признаком этой машины является пневморазделитель семян с регулируемыми устройствами, которые предотвращают «спаривание» семян. Перемещающиеся по гибкому пластиковому шлангу семена под действием воздушного потока с большой скоростью выстреливаются и попадают в пластиковый ролик-уловитель конструкции, который аккуратно, без повреждений фиксирует каждое зерно и плотно вдавливая его в борозду. Машина позволяет увеличить рабочую скорость посева до 15 км/ч, что почти в два раза больше, чем на традиционных пунктирных сеялках.

Фирмой MSO Messtechnik und Ortung (Германия) предложена система посева Seedector, которая базируется на новом техническом решении анализа материалопотоков с помощью радарной техники [32]. Регистрируя отражение посылаемых микроволн от движущегося потока семян или от отдельного зерна, можно измерять пропускной объем или вести подсчет зерен. Такая сенсорная система может применяться в сеялках для контроля блокировки семяпроводов, проверки отключений или измерений повторной укладки семян в режиме реального времени. Предложенная измерительная система отличается простотой и гибкостью конструкции, компактностью, невысокой стоимостью и нечувствительностью к загрязнениям. Эти преимущества по сравнению с аналогичными оптическими решениями, создают для радарной технологии значительный потенциал использования в сельхозтехнике, например, в пневматических сеялках, а также разбрасывателях удобрений.

Техника для полива и орошения

Оптимальное обеспечение растений водой является обязательным условием получения высоких урожаев, особенно в орошаемом земледелии. С другой стороны, возрастающая потребность в воде требует существенного повышения эффективности орошения, чтобы сберечь становящуюся во всем мире все более дефицитной пресную воду.

Содержание воды является одним из наиболее непостоянных во времени свойств почвы: оно может резко увеличиваться в течение нескольких часов из-за дождя и уменьшаться в течение нескольких дней во время засушливого периода. Для повышения урожайности можно применять карты водной обстановки, однако одна и та же карта вряд ли будет применима в течение длительного времени. Несмотря на это, такие карты могут быть пригодными для использования в тех случаях, когда существует значительная потребность в точных знаниях о временном содержании воды в почве, например:

- когда культивация должна проводиться регулярно, поскольку требуемое измельчение крупных комков земли, а также предотвращение их уплотнения под весом сельскохозяйственных машин зависит от содержания воды в почве;

- когда требуется выбрать определенное, наиболее подходящее время для посева и определить глубину высева с учетом того, что семена могут всплыть на поверхность воды;

- когда орошение проводится в плановом порядке на конкретных участках поля [55].

Сельскохозяйственные растения извлекают наибольшую часть воды из слоя почвы глубиной в 30 см. Если вода, подаваемая в почву в процессе орошения, оказывается в более глубоком слое почвы, то она остается там практически неиспользуемой растениями и может просто просачиваться вглубь, захватывая с собой растворенные химикаты, которые загрязняют грунтовую воду.

Для сохранения в почве воды и во избежание нежелательного вымывания минеральных веществ и пестицидов следует проводить непрерывный мониторинг влажности верхнего слоя почвы в сочетании с управляемым орошением.

Существующие методы контроля водной обстановки на конкретных участках поля, осуществляемого в процессе движения транспортных средств, сводятся к контролю диэлектрической проницаемости, электрической емкости и отраженного инфракрасного излучения.

Измерение диэлектрической проницаемости и электрической емкости проводится в пределах объема почвы, в то время как инфракрасное излучение регистрируется на поверхности почвы.

Метод контроля воды в почве по диэлектрической проницаемости является весьма привлекательным для точного земледелия, если он реализуется во время обычных сельскохозяйственных работ, т. е. непосредственно в процессе движения сельскохозяйственных машин [55]. Процесс измерения коэффициента отражения земной поверхностью направленного на нее излучения радара с наземного транспортного средства показана на рис. 2.27. Частота излучения составляет 500 МГц. Эта частота ниже обычного диапазона, используемого спутниками. Пониженная частота, т. е. более длинные волны излучения приводит к увеличению глубины контроля почвы, которая достигает 12 см.



Рис. 2.27. Контроль поверхностной отражательной способности почвы с использованием радара

Метод контроля воды в почве по электрической емкости, проводимого в процессе движения сельскохозяйственных машин [55], требует гальванического контакта с почвой подобно методу электропроводности (см. рис. 2.19). Однако, в противоположность контролю электропроводности, при контроле электрической емкости положительный и отрицательный электроды устанавливаются очень близко друг к другу, например, в пределах одного и того же зуба культиватора. Два электрода – латунный конус и металлическое кольцо – образуют наконечник зуба культиватора (рис. 2.28). Они разделены изолятором. Почва, окружающая зуб, является частью конденсатора. Контроль осуществляется измерением сопротивления электрическому току внутри конденсатора.



Рис. 2.28. Схема емкостного контроля на наконечнике зуба культиватора.
 Вставка сверху слева – вертикальное сечение сенсора.
 Частота электрического тока 100 ГГц

Фирмой John Deere предложен инновационный подход к созданию интеллектуальных ирригационных систем для рядковых сельскохозяйственных культур (например, кукурузы) [42]. Такая система позволяет планировать и регулировать специфическое для конкретного участка поля и конкретных растений орошение, основанное на измеренных в реальном времени показателях влаги в почве. Эти показатели по беспроводной связи передаются на компьютер в офисе сельскохозяйственного предприятия и визируются с помощью экспертной онлайн-системы. Предлагаемое фирмой комплексное решение включает в себя:

- высокоточную прокладку капельных шлангов, управляемую через RTK-систему, представляющую собой совокупность методов получения координат и высот точек местности сантиметровой точности с помощью спутниковых навигационных систем;
- специальный датчик влажности почвы для измерения содержания воды в разных слоях почвы;
- устройство беспроводной передачи данных (наряду с влажностью почвы и температурой воздуха, количество осадков, количество солнечных часов и т. д.);
- набор капельных шлангов (по выбору) для точного распределения воды;

– головную станцию с адаптированными друг к другу компонентами (насосы, вентили, фильтры и пр.).

Данная система обеспечивает эффективное использование воды, питательных веществ, энергии и затрат труда при орошении с одновременным внесением удобрений. Управляемая через RTK-систему и документированная соответствующим образом прокладка капельных шлангов, кроме того, обеспечивает бесперебойную работу машин для обработки почвы и посева между проложенными в земле шлангами без их повреждения.

Система управления ирригацией на основе GPS с беспроводной связью, разработанная фирмой Comer Industries, обеспечивает полную автоматизацию процесса ирригации на участках любой формы, причем имеется возможность преодоления преград любого типа [42]. Это достигается за счет автоматического управления дождевальными установками при непрерывном сопоставлении данных о местоположении установки и ее рабочих параметров с учетом влияния ветра.

Техника для внесения удобрений

В сельском хозяйстве на сегодня нет более эффективного и оперативного способа сохранения плодородия почв и повышения урожайности, чем внесение минеральных удобрений. Однако эффективность применения минеральных удобрений в значительной степени снижается из-за недостаточной равномерности их распределения по площади, обусловленной не только конструктивно-технологическими недостатками машин для внесения удобрений, но и использованием способа внесения усредненной дозы удобрений на все поле без учета внутривидовой вариативности параметров исходного распределения их на разных участках поля. Для решения этой проблемы необходимо обеспечить внесение удобрений на одном и том же поле дифференцированно, с учетом исходного содержания их на каждом конкретном участке поля.

О наличии большой внутривидовой неоднородности распределения питательных веществ в почве свидетельствуют представленные на рис. 2.29 в качестве примера результаты агрохимического анализа содержания в ней азота [69].

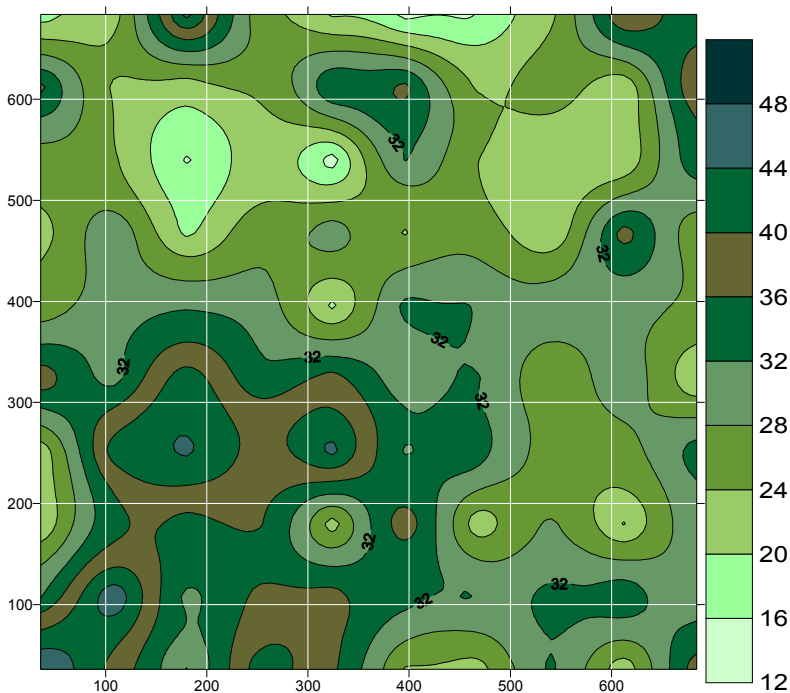


Рис. 2.29. Картограмма распределения нитратного азота в поле

Для того чтобы вносить удобрения в почву наиболее рационально, следует обеспечить контроль содержания питательных веществ в почве.

Существующие методы контроля питательных веществ, которые традиционно применяются в почвенных лабораториях, нацелены на моделирование влияния их содержания в почве на урожай. При этом необходимо учитывать возможности измерения состояния почвы и растений во времени, например, изменение длины корней по мере роста растений. В связи с этим для более эффективного управления внесением удобрений следует проводить своевременный сенсорный контроль состава почвы.

Обычно в большинстве случаев свойства почвы и урожая различны для разных полей или разных участков одного поля. Проблема состоит в том, чтобы найти сенсорные методы, которые

обеспечивают контроль внесения удобрений на конкретные поля или участки поля.

Возможные подходы для решения этой проблемы:

- регистрация урожая предыдущих посевов и извлеченных из них питательных веществ;
- электрохимическое индцирование питательных веществ в почвах ионоизбирательными электродами;
- контроль питательных веществ в почве и урожае с помощью методов оптического отражения [55].

Лучший выбор зависит от многих факторов, таких как, например, тип питательных веществ, свойства почвы, свойства урожая и климат. Последний из перечисленных методов – контроль по оптическому отражению – можно использовать для машин, находящихся вблизи от фермы или на удалении – с помощью спутников, когда облака не перекрывают излучение. Контроль внесения азотных удобрений для машин, находящихся вблизи от фермы, является более распространенным.

pH почвы. Показатель кислотности pH является критерием состояния почвы, который необходимо учитывать при установлении видов и доз вносимых удобрений. Важный вопрос контроля pH в естественно влажных почвах – приготовление образцов почвы. Традиционная процедура стационарного контроля в лабораториях посредством ионоизбирательных электродов основана на использовании растворов или суспензий образцов почвы. Процедура контроля непосредственно с транспортного средства в процессе движения является более простой и удобной, но она может выполняться, если образцы естественно влажной почвы могут быть непосредственно измерены сенсором. При этом контроль почвы сам по себе предполагает, что ее влажность изменяется в некоторых пределах. Она может изменяться от поля к полю или от участка к участку в пределах поля, а также во времени.

Соответствующее оборудование для контроля, производимое фирмой Veris Technologies, показано на рис. 2.30 [55]. При контроле pH колодка для отбора проб (вставка вверху справа) периодически опускается в почву и при поднятии вталкивает образец естественно влажной почвы напротив ионоизбирательных электродов. После этого электроды промываются водой. Остатки растений (если они есть) удаляются очистительным устройством. Калибровка

электродов является существенной для точного контроля. Оборудование обеспечивает регистрацию рН на образцах естественно влажной почвы через периоды около 10 с [55]. Это означает, что при скорости перемещения 2 м/с (7,2 км/час) и расстоянии между поперечными разрезами 20 м регистрация обеспечивается для последовательных участков площадью 400 м². При этом пространственная разрешающая способность оказывается в 25 раз лучше по сравнению с обычным методом получения образцов для анализа в специальных лабораториях.



Рис. 2.30. Оборудование Veris для одновременного контроля рН и электропроводности почвы

Особый практический интерес представляет сенсор фирмы Biocover A/S (Дания), который контролирует показатель рН в навозе, вывозимом на поля, давая тем самым возможность управлять внесением азотсодержащих веществ и добиваться максимальных результатов при использовании органических удобрений [70].

Фосфорные удобрения. Фосфор присутствует в почве в виде различных соединений, особенно в фосфатах кальция, алюминия и железа. Эти фосфорные соединения определяют свойства естественной почвы, кроме того, часть фосфорных соединений попадает в почву при внесении удобрений. В умеренно кислых, а также в щелочных почвах доминируют фосфаты кальция. Когда рН почвы понижается, доля фосфатов алюминия и железа увеличивается. Все фосфорные соединения имеют различный оптический спектр,

поэтому они могут довольно легко и точно контролироваться спектральным методом. Этот метод контроля фосфора по видимому и ближнему инфракрасному спектру перешел из лаборатории в поле, где он применяется как метод контроля с привязкой к конкретным участкам (рис. 2.31) [55]. Спектральное облучение переносится оптоволоконным кабелем к участку почвы, сглаженному лапой культиватора. Второй оптоволоконный кабель ведет отраженное от почвы излучение к спектрометру.

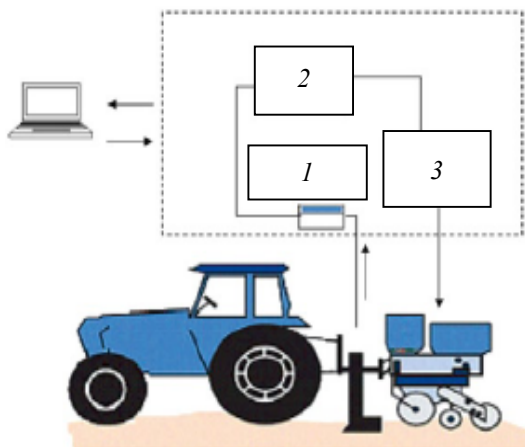


Рис. 2.31. Схема контроля фосфора на конкретных участках плоской поверхности при движении машины во время посева:

1 – сенсорное устройство, 2 – программа обработки спектров,
3 – контроль фосфора во время посева

Калийные удобрения. Калий присутствует в почве в основном в виде силикатов или абсорбированных ионов частиц глины, его количество может сильно изменяться с изменением текстуры почвы. На качество питания растений могут оказывать влияние даже весьма незначительное количество ионов калия, находящихся в водных растворах в почве. Эти ионы обычно выявляются по коэффициенту отражения инфракрасного излучения при выполнении лабораторного почвенного анализа. Методы контроля содержания калия в почве на разных участках поля непосредственно при выполнении полевых работ до сих пор не получили должного развития [55].

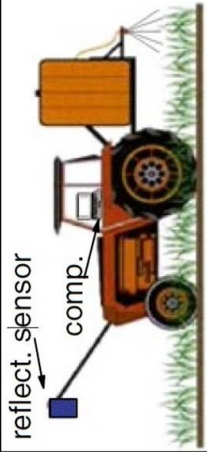
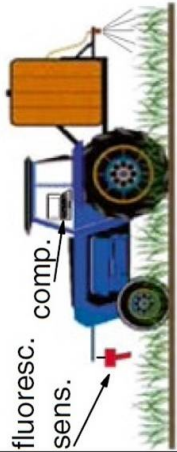
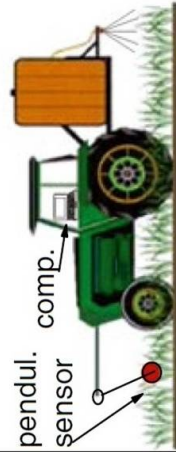
Система	Физические критерии	Физические критерии
 <p>reflect. sensor comp. Kiel-система</p>	<p>Длины волн видимого и ближнего инфракрасного излучения, отражаемого растительным покровом</p>	<p>Концентрация хлорофилла в листьях + индекс листовой поверхности</p>
 <p>fluoresc. sens. comp. DLR-система</p>	<p>Флуоресценция хлорофилла, растений, индуцируемая лазерным излучением</p>	<p>Концентрация хлорофилла в листьях + площадь растительного покрова</p>
 <p>pendul. sensor comp. Vomim-система</p>	<p>Угол отклонения маятника, который тянется по верхней части растительного покрова</p>	<p>Растительная масса, Устойчивость урожая к полеганию</p>

Рис. 2.32. Системы для внесения азотных удобрений на конкретные участки, основанные на использовании сенсоров

Азотные удобрения. Азот играет ведущую роль в увеличении зеленой массы растений, и как следствие – урожая. Степень обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом является главным условием, определяющим среднюю высоту растительного покрова.

На рис. 2.32 показаны три системы управляемого внесения азотных удобрений при движении машины, основанные на контроле свойств сельскохозяйственных культур на конкретных участках: Kiel-система, DLR-система и Bornim-система (все системы разработаны в Германии) [55]. Kiel-система (University of Kiel) основана на контроле коэффициента отражения видимого и ближнего инфракрасного излучения растительным покровом. DLR-система (DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt / German Aerospace Center), основана на контроле флуоресценции хлорофилла в растениях. Наконец, Bornim-система (Bornim Institute of Agricultural Engineering) основана на контроле отклонения маятника, который тянется по верхней части растительного покрова. При использовании Bornim-системы маятник устанавливается перед трактором (рис. 2.33).



Рис. 2.33. Контроль сопротивления покрова злаковых культур изгибам с помощью маятника, который установлен перед трактором

Угол наклона маятника к вертикали, определяемый потенциометром, зависит от сопротивления растительного покрова изгибам, которое, в свою очередь, определяется величиной биомассы растений. Учет корреляции между углом наклона маятника и биомассой

сельскохозяйственных культур лежит в основе применяемых методов управления внесением удобрений на конкретные участки поля (на этом же принципе реализуются и методы распыления фунгицидов).

Принцип действия Wognit-системы в определенной мере характерен и для системы управляемого внесения азотных удобрений, основанной на контроле высоты растений, поскольку по высоте растений, также как и по сопротивлению растительного покрова изгибам, можно судить о величине биомассы растений. Наблюдаемая высота растений контролируется ультразвуковым преобразователем. Этот метод контроля основан на дистанционной регистрации и работает подобно хорошо известному методу, применяемому как вспомогательное средство для водителя при парковке автомобиля. Ультразвуковой преобразователь, который направлен вертикально вниз от передней стойки транспортного средства, одновременно может определять расстояние и к поверхности почвы, и к верхней части растительного покрова. Благодаря разности этих расстояний он может контролировать высоту растений, которая коррелирует с их биомассой.

Ряд технических подходов к созданию систем управления внесением азотных удобрений при движении машины с использованием сенсорных систем предложен фирмами Amazone, Agri Con, WTK Elektronik и Fritzmeier (Германия) [69]. Применяемые сенсоры анализируют сразу несколько визуальных параметров, включая цвет растений, густоту посевов и т. д., учет которых помогает определить характер и степень развития возделываемых культур и точно вносить удобрения.

Разбрасыватели удобрений. Ведущие производители разбрасывателей минеральных удобрений предлагают усовершенствованные системы управления, позволяющие учитывать вид удобрений, дозировку и трехмерный шлейф разбрасывания на основе расчета картины разбрасывания [40]. В разбрасывателях находят все большее применение базирующиеся на GPS автоматические системы дозируемой подачи удобрений с учетом характеристик обрабатываемых участков поля и особенностей движения машины.

Фирма Rauch (Австрия) разработала систему управления Spread Control для дискового разбрасывателя удобрений, которая обеспе-

чивает автоматизацию и одновременно оптимизацию открывания и закрывания дозирующих задвижек на поворотных полосах и клиньях (рис. 2.34) [32]. Система позволяет производить расчет оптимальных положений переключения в зависимости от доз и вида минеральных удобрений, а также с учетом картины пространственного распределения удобрений из-за их аэродинамических свойств. Таким образом, разработанная система не зависит от неточных, основанных на личном опыте тракториста данных по включению и отключению дозирующих щитков. Вместе с тем она создает базу для оптимального распределения удобрений на клиньях поля (посегментное подключение ширины захвата) при несоответствующей колее ширине захвата или кривых колеех. Благодаря оптимальным точкам переключения в поле становится возможным сэкономить удобрения, избежать чрезмерного или недостаточного внесения удобрений, повысить качество и сберечь окружающую среду.



Рис. 2.34. Разбрасыватель удобрений с системой управления Spread Control

Фирма Amazone разработала систему контроля WindControl для компенсации воздействия ветра при использовании центробежных разбрасывателей [32]. Разбрасыватель оснащен метеостанцией, регистрирующей силу и направление ветра в каждый конкретный момент в зоне шлейфа разбрасывания. Переключающий механизм, управляемый компьютерной программой, изменяет число оборотов разбрасывающих тарелок и точку подачи на них удобрений с учетом различия используемых видов удобрений по размерам гранул. На основе измеренных метеостанцией данных в процессоре рассчитываются необходимые корректировки и производятся соответ-

ствующие регулировки разбрасывающего механизма разбрасывателя, в результате чего достигается стабильное поперечное распределение удобрений даже при воздействии ветра.

Опрыскиватели. Фирмы, производящие опрыскиватели, постоянно вносят в конструкцию машин различные интеллектуальные системы, повышающие эффективность из работы.

Фирмой John Deere предложен ряд технических решений по совершенствованию прицепных опрыскивателей, способствующих росту производительности, минимизации ошибок оператора, снижению затрат и защите окружающей среды на всех стадиях процесса опрыскивания – от заполнения емкостей и разбавления химических удобрений водой до собственно опрыскивания [56].

В том числе разработаны счетчик резервуара Sprayer Pro и технология разбавления Auto Dilute, благодаря чему стало возможным более точно заполнять опрыскиватель водой и удобрениями, опрыскивать посеы и разбавлять остатки удобрений.

Счетчик Sprayer Pro, используя систему GPS навигации, автоматически контролирует главный клапан управления штангой опрыскивателя и отдельные клапаны на каждую секцию, отключая и включая секции по мере того, как эти секции оказываются востребованными для работы или наоборот. Эта функция становится особенно актуальной, когда опрыскиватель приближается к краям поля или к тем его участкам, которые по каким-либо причинам не надо обрабатывать – в таких случаях соответствующая секция автоматически отключается и включается лишь тогда, когда она опять заходит в рабочую зону.

Технология разбавления Auto Dilute контролирует остатки жидких удобрений в опрыскивателе после их применения. В зависимости от вида удобрений, использовавшихся ранее, а также вида культур, которые необходимо опрыскивать далее, оператор может выбрать предустановленное программное меню, позволяющее обеспечить максимально эффективный процесс разбавления удобрений.

Используемая в опрыскивателях система управления в зависимости от интенсивности опрыскивания и размера оставшейся территории способна сама рассчитывать необходимое количество воды для разбавления химикатов, предупреждать оператора, хватит ли ему раствора для обработки всего предстоящего участка, чтобы не возвращаться для дозаправки с полпути.

Фирма Amazone разработала для опрыскивателей систему дистанционного контроля Distance Control [71]. С помощью сенсоров штанга идет точно по поверхности растений, автоматически поднимается на разворотах в конце гона и регулируется по высоте и наклону.

Компания Лемкен предложила встраиваемую в опрыскиватели автоматическую систему ведения пути на основе использования GPS-навигаторов [72]. До начала работы в компьютер записываются очертания обрабатываемого поля. Затем система с учетом особенностей траектории следования машины автоматически включает требуемую часть рабочей ширины распыления жидкости. Таким образом, работа опрыскивателя может быть оптимизирована под различные траектории движения: по прямой или кривой линии, по кругу, по следу последнего прохода.

Компания Berthoud (США) ввела в конструкцию опрыскивателей систему управления Slant Control [73]. Она использует встроенные в штангу ультразвуковые сенсоры, благодаря чему обеспечивается автоматическая регулировка штанги, в частности, высоты ее расположения от поверхности земли или верхушек растений.

Техника для химической обработки

Важным условием получения хорошего урожая является рациональная обработка полей химическими средствами защиты культурных растений – пестицидами (сельскохозяйственными ядохимикатами). Существуют различные виды пестицидов в зависимости от их назначения: они применяются для борьбы с сорняками (гербициды), вредителями (инсектициды, акарициды, зооциды и др.) и болезнями (фунгициды, бактерициды и др.) культурных растений.

Большинство пестицидов – это синтетические органические вещества, обладающие токсичными свойствами. При систематическом применении стойких высокотоксичных пестицидов, особенно в завышенных дозах, происходит загрязнение ими окружающей среды, что приводит к уничтожению полезных насекомых, птиц, рыб, зверей, а также отравлению людей непосредственно пестицидами или продуктами, в которых они способны накапливаться. Поэтому использование пестицидов строго регламентируется законодательством во всех странах.

Существуют нормы расхода пестицидов, под которыми понимаются весовые количества препарата, вносимого на единицу обрабатываемой площади. Эти нормы зависят от концентрации пестицида, способа его применения, а также от вида и возраста растения или от фазы развития насекомого-вредителя.

В зависимости от свойств пестицидов для обработки одного гектара обычно требуется от 0,5 до 2 кг пестицидов в пересчете на активное вещество [55]. Чтобы равномерно распределить такое небольшое количество пестицидов по обрабатываемой площади, их применяют в соответствующей препаративной форме – в виде порошков, эмульсий, растворов, аэрозолей и др.

Обработку сельскохозяйственных культур пестицидами проводят с помощью различных устройств – опрыскивателей, опыливателей и др.

Пестициды при завышенных дозах, несоответствующих способах, сроках и условиях применения вызывают ожог растений, снижение жизнеспособности пыльцы, гибель пестиков и тем самым значительно снижают урожай. Растения могут загрязняться пестицидами, приобретать неприятный запах и вкус, а также накапливать пестициды на поверхности в виде ядовитых остатков, опасных для человека и животных.

При использовании пестицидов в точном земледелии важнейшей задачей является обеспечить их оптимальное распределение на разных участках поля с учетом свойств почвы и особенностей развития растений. Так, дифференцированное внесение гербицидов с учетом внутривидовой неоднородности фитосанитарного состояния посевов обеспечивает снижение расхода гербицидов на 30–70 % и опасности загрязнения окружающей среды, повышение окупаемости гербицидов на 70–80 %, получение запрограммированной урожайности сельскохозяйственных культур [74].

Дифференцированное внесение гербицидов осуществляется использованием одноэтапных технологий в режиме реального времени с помощью сенсорной техники или двухэтапных с помощью цифровых карт, а также комбинации одно- и двухэтапных технологий – сенсорный подход с дополнением данными от цифровых карт [74].

При двухэтапном подходе предварительно собирается и анализируется исходная информация, составляются электронные карты-

задания, которые затем переносятся в бортовые компьютеры опрыскивателей, оснащенных GPS-приемниками. Двухэтапные технологии, благодаря использованию цифровых карт, дают возможность обрабатывать довольно сложную информацию, однако они весьма затратны и продолжительны во времени. Поэтому на практике преимущественное распространение получают одноэтапные технологии дифференцированного внесения гербицидов в режиме реального времени, позволяющие в сжатые сроки проводить борьбу с сорной растительностью.

При одноэтапном подходе информация о состоянии засоренности посевов собирается с помощью различных датчиков. Затем информация обрабатывается с учетом агротехнических требований, заложенных в программу бортового компьютера, и преобразуется в сигналы управления работой сельскохозяйственной машины.

Так, в случае применения гербицидов необходимо контролировать наличие сорняков. Для выявления сорняков используются три вида оптических сенсоров: спектрометры, флуоресцентные сенсоры и цифровые камеры с последующим анализом изображений [55].

Применение спектрометров основано на способности неповрежденных зеленых растений преобразовывать падающий свет с помощью своих хлорофильных пигментов, которые поглощают преимущественно красный, а также фиолетовый и голубой свет. Только некоторая часть зеленого и большинство ближнего инфракрасного света отражается. Спектральный коэффициент отражения растений имеет минимум в видимой области длин волн и значительно увеличивается в направлении невидимого ближнего инфракрасного диапазона.

Флуоресцентные сенсоры регистрируют флуоресцентное излучение, которое испускают листья зеленых растений после воздействия на них в течение определенного времени обычного светового излучения (флуоресцентное излучение обладает большей длиной волны, чем падающее излучение). Интенсивность флуоресценции сильно зависит от свойств листьев и физиологического состояния растений.

Анализ изображений растений, получаемых с помощью цифровых камер, позволяют довольно просто выявлять и идентифицировать сорняки, поскольку разные виды сорняков, а также

сельскохозяйственных культур могут идентифицироваться и подсчитываться на основе автоматической классификации особенностей их формы. Как правило, сорняки и сельскохозяйственные культуры сегментируются из цифровых изображений в реальном времени с использованием биспектральной видеокамеры, соединенной с системой повышения точности сигналов.

Другой пример – применение фунгицидов. Опыт показывает, что густо растущие растения более восприимчивы к грибковым заболеваниям, чем редкий и плохо развитый растительный покров. Концентрация биомассы варьируется на различных участках поля. В обычной практике фунгициды равномерно распределяются без учета каких-либо различий в густоте растений на разных участках. Но поскольку объектом действия фунгицидов является, прежде всего, поверхность листьев, то логически правильно вносить одно и то же количество фунгицидов на единицу площади поверхности листьев. Такое использование фунгицидов является рациональным с учетом неравномерного распределения растений на разных участках поля по густоте растительного покрова, которую можно оценивать по таким параметрам, как концентрация биомассы или индекс листовой поверхности (определяемый как отношение поверхности листьев к поверхности почвы).

На практике указанные параметры можно контролировать следующими методами (рассмотрены выше в данном разделе): оптическим – по коэффициенту отражения излучения радара; маятниковым – по сопротивлению растительного покрова изгибу; ультразвуковым – по коэффициенту отражения ультразвука (рис. 2.35) [55].

Во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации сельского хозяйства оценивались возможности использования системы Green Seeker RT-200 фирмы Trimble (США) для учета засоренности поля с озимой пшеницей [74]. Информация от оптического датчика (индекс вегетации биомассы) передавалась на полевой компьютер RECON, одновременно фиксировались GPS-приемником и записывались координаты отдельных участков поля. В результате испытаний была выявлена высокая засоренность выделенного контура поля и неравномерность распределения сорняков по площади, что доказывает необходимость дифференцированного внесения гербицидов.

Предварительно на этом же поле проводилась калибровка оптического датчика системы Green Seeker RT-200. Для этого на выровненном участке поля устанавливали ряд рамок размером 50×50 см, в пределах которых подсчитывали сорняки и культурные растения. Затем с помощью оптического датчика снимали значения вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetative Index) и записывали в полевой компьютер RECON. После удаления вручную сорняков с площади каждой рамки повторно измеряли значения NDVI и рассчитывали коэффициенты корреляции между показателями NDVI на делянках с сорной растительностью и без сорняков с их фактическим количеством на каждой площади делянки. Результаты исследований показали возможность использования оптического датчика для оценки состояния засоренности посевов, так как коэффициент корреляции между показателями NDVI на делянках с сорняками и без сорняков и фактическим их количеством составил 0,77.

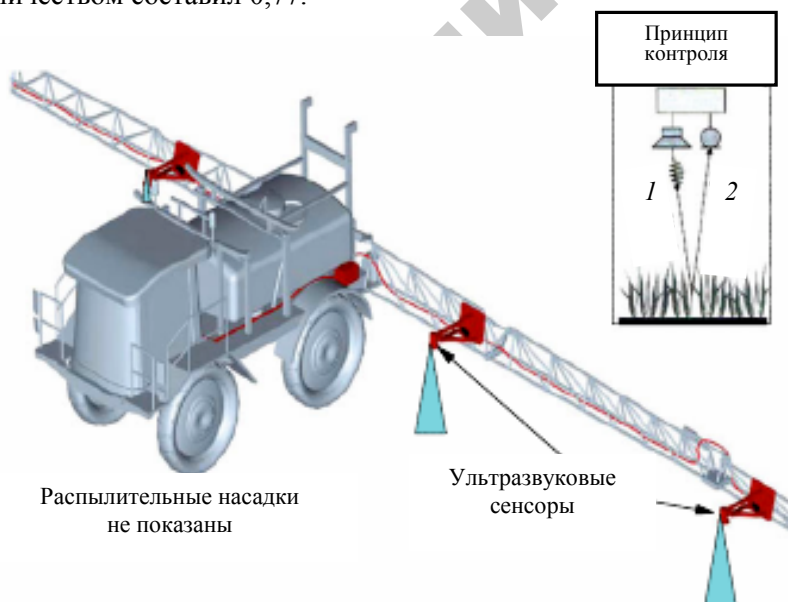


Рис. 2.35. Секционное управление распылителем путем ультразвукового контроля биомассы. Принцип контроля: 1 – излучение, 2 – отражение

Также была разработана карта-задание на выполнение технологической операции «дифференцированное внесение гербицидов». Норму внесения гербицида марки «гранстар» устанавливали с учетом показаний NDVI на каждом выделенном элементарном участке поля. Расчеты показали, что экономия гербицида при его дифференцированном внесении составила 32 % по сравнению со сплошным внесением средней дозы (0,02 кг/га).

Уборочная и кормозаготовительная техника

Одной из наиболее важных задач точного земледелия, решаемых на стадии выполнения уборочных работ, является обеспечение контроля урожая на основе геопозиционирования [55]. При таком контроле становится возможным определять урожайность на разных участках поля.

С начала 1990-х гг. на зерноуборочных комбайнах начали устанавливать различные системы для регистрации в сочетании с позиционированием машин. Позднее такими системами стали оснащать кормозаготовительные машины, а также машины для уборки хлопка, зерна, помидоров, сахарной свеклы, арахиса, винограда, сахарного тростника. Кроме того, делались подобные попытки определения урожая культур, убираемых вручную, таких как апельсины, яблоки и кофе.

Благодаря применению таких систем можно получать оперативную информацию о производительности уборки, объеме убранного урожая и неубранном остатке. Точный учет веса урожая, собранного каждым комбайном и перевезенного каждым грузовиком, позволяет более эффективно мотивировать персонал, а также предотвращает возможные потери или хищения урожая в процессе уборки.

Автоматический контроль убираемого урожая осуществляется с помощью устанавливаемых на уборочных комбайнах сенсоров уровня зерна, фиксирующих уровень зерна в бункере каждого комбайна. Обычно для этой цели используются емкостные датчики уровня сыпучих продуктов (рис. 2.36) [75]. Они позволяют эффективно контролировать динамику наполняемости бункера уборочного комбайна. При этом дополнительный используемый сигнализатор дает возможность определять среднюю влажность сырья при каждом заполнении бункера.



Рис. 2.36. Сенсорный контроль уровня сыпучих материалов в бункере комбайна

Датчики уровня сыпучих продуктов измеряют количество собранного в бункере зерна в единицах объема. При необходимости можно выполнять автоматический пересчет полученных данных и определять количество собранного в бункере зерна в единицах массы.

Документированным результатом контроля собираемого в поле урожая с использованием систем геопозиционирования являются карты урожайности, составляемые на основании данных по уборочным участкам, и ее графическое отображение в виде распределения по площади поля с цветовым кодированием диапазонов урожайности.

Урожай также можно контролировать путем определения количества порции зерна, загружаемого на лопасти элеватора уборочного комбайна [55]. Такой контроль можно проводить косвенным методом – с помощью светового луча, который перекрывается грудой зерна, расположенной на лопасти: по длительности перекрытия луча определяется высота груды зерна, которая затем пересчитывается в объем. Для непосредственного определения массы зерна используется метод радиометрического измерения степени поглощения гамма-излучения зерном.

Для геоинформационного контроля урожая кормовых растений травкосилки, агрегированные с тракторами, оснащают сенсорными системами, работа которых основана на использовании техники

конвейерных весов (рис. 2.37) [55]. Подобные системы применяются для геоинформационного контроля урожая корнеплодов, таких как картофель и сахарная свекла.

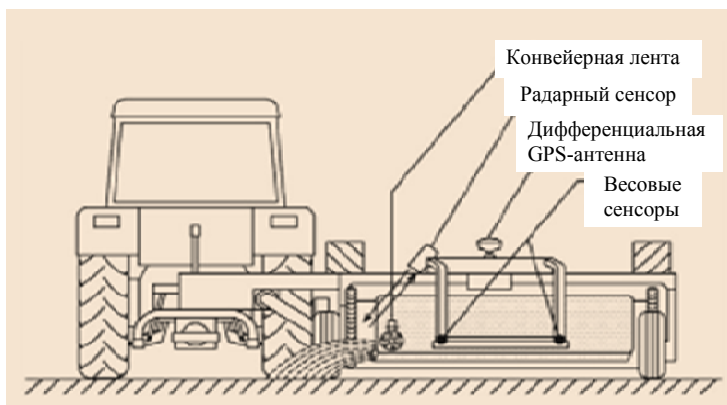


Рис. 2.37. Контроль уборки кормовых трав на основе техники конвейерных весов для травокосилки

Смесители-кормораздатчики серии Feeder VM фирмы JF-Stoll (Великобритания) оснащены беспроводной системой электронного взвешивания Feed Manager. Эта система содержит терминал с дисплеем, который по беспроводному каналу связи получает от кормосмесителя данные о загрузке. Терминал располагается в кабине погрузчика, чтобы можно было постоянно контролировать процесс загрузки. С дисплея терминала можно считывать дату, массу, время и текущее количество кормосмеси в бункере, а также создавать, запускать и/или пересылать на портативный терминал планы кормления [32].

2.3. РОБОТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В ПОЛЕВОДСТВЕ

2.3.1. Посадочно-посевные работы

Картирование семян

Под картированием высеваемых семян понимается регистрация местоположения каждого семени при его внесении в почву. На практике это осуществляется с помощью системы RTK GPS,

сопряженной с посевным агрегатом, и инфракрасного сенсора, установленного ниже семенного желоба [76, 77]. Во время посева, когда семя сбрасывается в почву, оно пересекает лазерный луч и приводит в действие регистратор данных, который записывает положение и ориентацию посевного агрегата, после чего с помощью простой кинематической модели рассчитывается местоположение семени. Координаты семени затем могут быть использованы для определения координат выращиваемого растения.

Позиционирование семян

Вместо того чтобы просто записывать положение каждого семени лучше управлять положением семян. Это позволяет регулировать пространственное распределение семян. Большинство семян высевается с высокой концентрацией в пределах каждого ряда, при этом пространство между рядами является относительно большим. Это создает не только пространственную дисперсию концентрации семян, но также предоставляет возможность изменять схемы посева. Исходя из главных агрономических принципов, каждое растение должно иметь равный доступ к пространственно распределенным ресурсам воздуха, света, влажности грунта и т. д. Возможно, в данном контексте будет более эффективной гексагональная или треугольная схема посева. Если соответствующие элементы управления будут обеспечивать синхронизацию между проходами, то станет возможным высевать семена на регулярную сетку, что позволит осуществлять ортогональную междурядную прополку [76, 77]. Испытания посевного робота, обеспечивающего регулируемое распределение семян по площади поля, были выполнены в Королевском университете ветеринарии и сельского хозяйства Дании (KVL) [76].

Высадка рассады

Компания Q Robotics (США) разработала робот, предназначенный для высадки рассады [78]. Обычно рассада для сельскохозяйственных предприятий выращивается в пластмассовых горшках, расстановка которых в процессе высадки осуществляется вручную и сопряжена с определенными проблемами: слишком малое расстояние между горшками приводит к угнетению растений, а слишком большое – к нерациональному использованию площади поля

(пространства теплицы или оранжереи), и в дальнейшем – перерасходу удобрений и воды. Предложенный робот не только устраняет ручной труд, но и обеспечивает правильную расстановку горшков (рис. 2.38). Робот может переносить горшки и правильно их располагать (в соответствии со спецификацией сельхозпроизводителя) на поле. Он понимает, как установлены горшки, так как использует информацию от маячков, размещенных по периметру поля. У него также имеются инфракрасные датчики, служащие для обнаружения объектов, и оптический датчик, который помогает определять, захватил ли робот должным образом горшок.



Рис. 2.38. Робот фирмы Q Robotics для высадки рассады в горшках

Специалистами Японской национальной организации по исследованию сельского хозяйства NARO (National Agriculture and Food Research Organization) разработан робот RiceBot для высадки рассады риса, который является частью комплекса технических средств по выращиванию этой продовольственной культуры [79]. Робот работает в полностью автономном режиме, чему способствует наличие модуля GPS и набора гироскопов. С целью управления роботом предлагаются три технологии его привязки к местности: с помощью системы спутникового определения координат, системы локальной сигнализации и системы визуальной ориентации на местности.

Селективный пересев (пересадка)

Необходимость посева возникает, когда в каком-либо месте не было посеяно семя или же оно не проросло. В этих случаях посевной робот автоматически высевает в такое место другое семя. Концепция посева предусматривает возможность осуществлять не только посев семян, но и пересадку рассады, если окружающие растения уже достаточно подросли. Обычные сеялки не могут быть использованы для посева, поскольку они создают непрерывные борозды в почве. Для этих целей применяются специальные посевные (посадочные) роботы, которые способны высевать отдельные семена (высаживать отдельные саженцы), не повреждая окружающие растения [76]. Особенно эффективно использовать такие роботы, которые приспособлены для работы с посадочными матами – особым посадочным материалом типа коврика с трехмерной перфорированной структурой, ячейки которой могут содержать, кроме семян (рассады), также питательные вещества (рис. 2.39).



Рис. 2.39. Посевное (посадочное) устройство, приспособленное для работы с посевными (посадочными) матами (слева); посевной мат с рисовыми зернами и удобрениями, внедренными в перфокарту мата (в центре); рисовая рассада, готовая для пересаживания (справа)

2.3.2. Роботы для ухода за растениями

Контроль состояния растений

Для того чтобы правильно организовать уход за растениями, необходимо проводить сбор и анализ информации об их состоянии. В частности, необходимо постоянно отслеживать влияние сельскохозяйственных вредителей (в основном насекомых) и показатели качества растений и на этой основе оценивать экономические риски

заражения сельскохозяйственными вредителями и болезнями, а также определять потенциальную эффективность управляемого воздействия на них. Сбор такой информации является весьма дорогостоящим. Для уменьшения затрат по сбору данных применяются автоматические системы на основе сенсоров, контролирующих состояние растений. Для того чтобы перемещать сенсоры над растительным покровом и иметь возможность работы с GPS, необходимо использовать роботизированные платформы с высоким клиренсом (рис. 2.40, слева) [76]. Также возможен вариант создания роботов, высота которых меньше уровня растительного покрова (рис. 2.40, справа). Сенсоры, установленные на роботах, служат для автоматизированного контроля не только состояния сельскохозяйственных культур, но также видов и концентрации сорняков.



Рис. 2.40. Портальная платформа для автоматизированного контроля состояния растений (Датский технический университет) (слева); робот, расположенный ниже уровня растительного покрова (Гогенгеймский университет, Германия) (справа)

В Мадридском политехническом институте создан необычный по конструкции робот Rosphere, предназначенный для мониторинга сельскохозяйственных посадок (рис. 2.41) [80]. Робот использует необычный способ передвижения. У него нет колес и ног. Он имеет форму шара и перемещается, перекаtywаясь в нужном направлении. Чтобы перекатить шар, не прилагая внешнюю силу, достаточно изменить положение его центра масс. Для этого внутри робота установлен маятниковый механизм, способный двигаться в двух

независимых направлениях по команде электронной системы управления. Конструкция позволяет роботу не только катиться по прямой линии, но и совершать повороты. К такому техническому решению разработчики пришли, решая задачу создания роботов, приспособленных к движению по неровному грунту.



Рис. 2.41. Робот Rosphere

Робот оснащен встроенной системой спутниковой навигации, он может управляться удаленно, а также работать самостоятельно благодаря программным алгоритмам поведения и выполнения задач. Помимо визуального наблюдения, робот обеспечивает съем ряда параметров: состояние почвы и посевов, степень зрелости плодов, наличие/отсутствие вредителей и т. д.

В Университете Сиднея (Австралия) разработан многофункциональный робот Ladybird – «божья коровка», сходство с которой дают солнечные батареи, чем-то напоминающим крылья божьей коровки (рис. 2.42) [80]. Робот функционирует исключительно благодаря электричеству, которое поступает с солнечных батарей. Он способен автоматически обнаруживать овощи на грядке, отслеживать динамику роста сельскохозяйственных культур и даже удалять сорняки с помощью специальных манипуляторов. Робот оснащен системой лазерного наведения, интегрированным автоматизированным манипулятором, с помощью которого можно собирать урожай.



Рис. 2.42. Робот Ladybird

Картирование сорняков

Под картированием сорняков понимается регистрация их местоположения и концентрации (биомассы), которая проводится с помощью систем технического зрения [76]. Один из методов картирования сорняков заключается в регистрации увеличения площади листьев в зонах развития сорняков, основанной на выявлении различий в характере пространственного распределения сорняков (прорастают отдельными пятнами) и сельскохозяйственными растениями (посажены рядами). Другой, более точный метод заключается в распознавании признаков формы. Этот метод, первоначально разработанный для распознавания человеческих лиц, позволяет определять виды сорняков по форме их контура. Исследования показали, что около 20 видов сорняков могут быть распознаны таким образом. Также можно распознавать сорняки по характерным признакам их окраски. В конечном итоге составляется карта распределения сорняков, которая в дальнейшем может использоваться в качестве карты их обработки.

Прополка

Зная местоположение и степень вредности разных видов сорняков, можно с помощью различных методов уничтожить их или замедлить их развитие. Обычно эти методы основываются на физическом воздействии на сорняки. Типичный тому пример – это нарушения контактов между почвой и корнями сорняков путем пропахивания почвы, приводящего к увяданию сорняков. Это может быть легко достигнуто с помощью обычной прополочной

зубовой бороны. Однако прополку по рядам осуществлять сравнительно сложно, так как она требует знания местоположения сельскохозяйственных растений, поскольку обработка почвы вблизи растений может привести к их повреждению. Этого можно избежать, используя неконтактные методы физического воздействия на сорняки, такие как лазерная обработка или микрораспыление.

Основная задача, которая решается при осуществлении роботизированной прополки, состоит в том, чтобы обеспечить регулирование роста травы и сорняков с целью уменьшения конкурентного отбора влаги и питательных веществ.

В Швеции создан робот Lukas, предназначенный для прополки посевов сахарной свеклы [79]. По подсчетам специалистов, его применение позволит сократить расходы фермеров на прополку на 50 % и вместе с тем внести вклад в охрану окружающей среды, исключив использование гербицидов. На днище робота установлена инфракрасная камера. Бортовой компьютер, анализируя снимки с изображением грядок, управляет колесами робота инструментом для прополки – вращающимся барабаном с проволочными «лезвиями». В пределах грядки робот отличает полезные растения от сорных с помощью другой камеры, цветные изображения с которой анализирует специальная программа: фиксирует размер, цвет и форму, сравнивает с образцами из имеющейся базы.

В последние годы роботизированная прополка получила распространение при выращивании новогодних елок, которые рассматриваются как сельскохозяйственная культура, поскольку они выращиваются на сельскохозяйственных угодьях в течение 7–10 лет до уборки [76, 81]. Когда елки впервые пересаживаются, сорняки уничтожаются с помощью зубовой бороны, поскольку молодые побеги весьма эластичны. Спустя около двух лет они становятся более ломкими и нуждаются в особом уходе, так как подавление ростков сорняками может влиять на рост и форму и, таким образом, на качество зрелых деревьев. Когда деревья еще не достаточно подросли, для борьбы с сорняками можно использовать автономные пропольщики, в частности, стандартные газонокосилки, адаптированные для компьютерного управления (рис. 2.43). При этом система сопряжения человек – машина удаляется и заменяется линейным приводом движения, а вместо основного режущего инструмента используется боковой резак. Работа функциональных

узлов транспортного средства (рулевое управление, сцепление, тормоз, коробка переключения передач и дроссель) контролируется с помощью центрального процессора.



Рис. 2.43. Молодые новогодние елочки с фрагментами сорняков (слева). Автономный пропальщик новогодних елок, оснащенный боковым резакom и системой управления на основе GPS (справа)

Когда деревья малы, в качестве первичной навигационной системы используется GPS. Точность позиционирования может достигать до 2–3 см. Местоположение каждого дерева определяется перед началом обработки. С учетом местоположения деревьев определяется приемлемый план пути транспортного средства, который, в свою очередь, используется для управления движением машины. Также с учетом местоположения деревьев обеспечивается динамическое управление поворотной рукой роторного резака. Расстояние до деревьев рассчитывается и когда резак оказывается слишком близко, поворотная рука отодвигает его от дерева, обеспечивая проход.

Определение точного местоположения каждого дерева до начала работы пропальщика является одной из основных задач в процессе обработки. Эта задача решается с помощью автоматической системы на базе GPS (рис. 2.44), если стволы деревьев отчетливо видимы, и вручную – если они скрыты кроной деревьев. Навигационная система направляет движение пропальщика по определенному пути между рядами деревьев, а контроллер рассчитывает расстояние между резакom и деревьями. Благодаря этому обеспечивается высокая точность работы пропальщика, который срезает

траву и сорняки, не вызывая существенного повреждения деревьев. Когда крона деревьев становится настолько большой, что препятствует прохождению GPS сигналов, необходимо применять другие методы навигации, чтобы управлять движением мобильных роботов между рядами деревьев. В частности, можно эффективно использовать лазерные сканеры, которые позволяют определять местоположение деревьев.



Рис. 2.44. Робот картирует модельные деревья (слева); робот-пропольщик срезает траву под елками (в центре); роботизированный трактор сканирует зрелые деревья (справа)

Внесение удобрений

Одним из наиболее распространенных способов внесения удобрений является их распыление в жидком виде, которое может быть особенно эффективным, когда охватывает большие площади участка. Для его осуществления используются тракторы с навесными опрыскивателями. Однако при монтаже стрелы опрыскивателя нередко возникают проблемы, связанные с устойчивостью трактора, поскольку он имеет сравнительно небольшую колесную базу. Один из способов повысить стабильность – установить штангу с распылительными насадками между двумя роботами. Такой роботизированный порталный кран может распылять жидкие удобрения, регулируя режимы своего функционирования в соответствии с погодными условиями [76]. Так, если распыл стал подвергаться действию ветра, то порталный кран останавливается до тех пор, пока погодные условия не улучшатся. Сенсорные системы устанавливаются на тележке, которая может перемещаться вдоль штанги с распылительными насадками.

Орошение

Роботизированный ирригатор, снабженный системой механических спринклеров, обеспечивает управление расходом воды с учетом площади обрабатываемых участков [76]. Траектории и секторные углы подаваемой струи контролируются шаговыми двигателями и могут регулироваться в соответствии с погодными условиями и требуемыми схемами орошения с помощью компьютеров. Когда разбрызгиваемая вода относится ветром, направление подачи струи сразу же изменяется соответствующим образом с учетом направления и скорости ветра.

Борьба с сорняками, вредителями и болезнями растений

Благодаря совершенствованию спутниковой связи и развитию на ее базе технологий точного земледелия все большее распространение получают машины для дифференцированного внесения пестицидов, которые, используя геоинформационные системы, обеспечивают высокую точность выполнения операций для каждого квадратного метра поля. В режиме реального времени широко используются опрыскиватели, оборудованные устройствами распознавания сорняков, вредителей, болезней и управления расходом рабочей жидкости, а также процессорами с приемниками и спутниковой сетью ГЛОНАСС/GPS [82].

Первый опрыскиватель Hydroelectron с использованием электронных устройств выпустила фирма Теснома (Франция), которая продемонстрировала свою разработку на международной выставке SIMA-1976 в Париже [83]. Этот опрыскиватель был оборудован электронным регулятором подачи раствора пропорционально скорости движения агрегата. Позднее аналогичные опрыскиватели стали выпускаться другими фирмами. Благодаря их использованию норма рабочих растворов ядохимикатов сократилась до 20 %, вследствие чего был достигнут экономический и экологический эффект – как за счет сокращения нормы пестицида, так и за счет их точного применения и отказа от излишней обработки почвы [82].

Фирма John Deere (США) разработала модели прицепных и самоходных опрыскивателей, отличительной особенностью конструкции которых является подвеска с электронной системой стабилизации положения штанги, вакуумная система автоматического заполнения трубопроводов, автоматическое сцепное устройство,

позволяющее опрыскивателю копировать колею трактора. Кроме того, самоходные модели опрыскивателей 4710 и 4720 оснащены шумоизолированной кабиной с улучшенной обзорностью, гидравлической системой регулирования ширины колеи, ударобезопасными секциями штанги, складывающимися при встрече с препятствиями [82].

В России выпускается самоходный штанговый опрыскиватель АМО «Иртышанка» (ЗАО ТПК «Асгардплюс»), оснащенный автоматизированной системой управления расходом жидкости и спутниковой навигационной системой «Агронавигатор». Подобный самоходный универсальный опрыскиватель «Туман» производится ОАО «Оптрон» для химической защиты полевых культур от сорняков, вредителей и болезней. ОАО «Казанская сельхозтехника» выпускает полуприцепной опрыскиватель ОП-2500М-24 «Булгар», у которого технологический цикл (от заправки чистой водой и приготовления рабочего раствора и до подачи его по секциям штанги к щелевым распылителям) осуществляется автоматически, что обеспечивает высокую производительность и безопасность работы [82].

Специалисты Иллинойского университета создали робот, который осуществляет поиск и уничтожение сорняков [79]. Для навигации робот применяет GPS и две видеокамеры, установленные на верхней части рамы, что обеспечивает восприятие глубины изображения: видя сорняк, он может определить дистанцию до него. Встроенный компьютер обеспечивает доступ к информации, представляющей собой морфологические характеристики растений, с помощью которой робот определяет, какое растение является сорняком, а какое – нет. Если растение идентифицировано как сорняк, то манипулятор, установленный в передней части машины, запускает специальное устройство, названное исследователями «специализированным рабочим органом». Это устройство действует на двух уровнях. На первом уровне оно срезает растение, а на втором – осуществляет гербицидную обработку срезанного растения. Важно отметить, что робот применяет гербицид непосредственно к растению вместо того, чтобы распылять его по всему полю, благодаря этому сокращаются требуемые дозы гербицида и уменьшается загрязнение окружающей среды химикатами.

Источником энергии для робота служат панели солнечных батарей, для крепления которых разработан специальный стеллаж, защищающий машину от влияния погодных условий и обеспечивающий тень для оптической системы. Робот работает под управлением операционной системы Windows и поддерживает беспроводное Интернет-соединение (модуль Wi-Fi).

Фирма Amazone создала два полевых робототехнических устройства – Amaizeing и Maizerati (рис. 2.45), служащих для борьбы с сорной растительностью [79, 84]. Оба устройства могут передвигаться по рядам растений, разворачиваться и начинать следующий ряд самостоятельно без вмешательства человека. Кроме того, они распознают и считывают специальные маркированные части с помощью видеокамер и датчиков. Управляет устройствами микроконтроллер. Если датчики больше не видят рядков, то начинается разворот. Оба устройства также способны распознавать до восьми различных цветовых оттенков и одновременно поливать рабочей жидкостью растения из специальных емкостей. При полевых испытаниях была продемонстрирована возможность связи между этими двумя роботами. Данные передавались через беспроводную локальную сеть. В результате оба робота синхронно двигались по полю.



Рис. 2.45. Робототехнические устройства фирмы Amazone: Amaizeing (слева) и Maizerati (справа)

Для технологических операций по химической защите растений в садоводстве предложено использовать роботизированный опрыскиватель с интеллектуальной системой, обеспечивающий минимизацию вредного воздействия химикатов на человека за счет

исключения его непосредственного участия в управлении агрегатом (рис. 2.46) [85]. Шасси опрыскивателя с двигателями на электрической тяге и с системой интеллектуального управления движением на основе использования сенсорной техники (датчики, 3D видеокамеры) обеспечивает возможность позиционирования относительно растений с помощью технологий спектральной фильтрации изображений.



Рис. 2.46. Роботизированный опрыскиватель для низкорастущих ягодных культур

Во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации сельского хозяйства разработан высококлиресный опрыскиватель для дифференцированного внесения жидких средств химизации в садоводства, в котором установлены системы бортового компьютера, контролера, подруливающих устройств и карты заданий для внесения средств защиты растений [82]. Для обработки клубники и других низкорастущих ягодных культур разработан электроприводной опрыскиватель, который также оснащен всеми необходимыми приборами для работы по технологиям точного земледелия и, кроме того, имеет отличительную особенность – устройство регулировки высоты форсунок под высоту растения.

Одним из эффективных способов уничтожения сорняков, расположенных вблизи культурных растений, является использование роботизированных микрораспылителей, которые разбрызгивают обрабатывающие жидкости очень малыми количествами непосредственно на листья сорняков [76]. Система технического зрения, которой оснащено распылительное оборудование, служит для определения местоположения индивидуального сорного

растения, а набор насадок, установленных близко друг к другу, обеспечивает разбрызгивание жидких гербицидов на сорняки. Испытания показали, что разбрызгивание может быть уменьшено, если в качестве носителя использовать гель, а не воду. Также испытания показали, что если гербицид наносится точно и в нужное время, то его требуемое количество может быть гораздо меньше.

Обрезка виноградной лозы

Фирма Vision Robotics (США) разработала интеллектуальное робототехническое устройство для обрезки виноградной лозы (рис. 2.47) [79]. Робот способен работать круглосуточно при любой освещенности (и днем и ночью). Он выполняет качественную обрезку виноградной лозы, может агрегатироваться с трактором или быть самоходным.

Робот предназначен для использования на участках с не очень крутыми склонами. В основе его работы лежит стереоскопическое сканирование видеокameraми (15 кадров в секунду) всего ряда виноградной лозы впереди по движению робота – на длину выдвигающихся обрезных ножниц. Бортовой компьютер на основе полученных изображений создает трехмерные модели лозы. Затем происходит обрезка в соответствии с порядком, заложенным в программное обеспечение (рис. 2.48 и 2.49). Используемые технологии обрезки виноградной лозы могут также применяться для удаления листьев и прореживания растений, а бортовые камеры и информационные технологии – для сбора данных и картирования территории виноградника.



Рис. 2.47. Робот для обрезки виноградной лозы фирмы Vision Robotics

2.3.3. Роботы для уборки урожая

Роботы применяются для селективной уборки урожая, под которой понимается уборка только той части урожая, которая соответствует определенным порогам качества. Например, это может быть уборка части урожая ячменя с фиксированным содержанием белка, уборка части зерна, которое является достаточно сухим (остальное остается высыхать), или уборка фруктов и овощей, которые соответствуют критериям размера [76].



Рис. 2.48. Процесс роботизированной обрезки виноградной лозы выдвигаемыми ножницами



Рис. 2.49. Виноградная лоза после роботизированной обрезки

Чтобы выполнять селективную уборку урожая эффективно, необходимо обеспечить возможности определять параметры

качества до сбора урожая и собирать отобранные продукты, не повреждая остальной урожай. Большинство сельскохозяйственной техники имеет значительные размеры и, следовательно, не обеспечивает этих требований. Для селективной уборки урожая следует использовать небольшое по размерам оборудование, которое способно определять, какие из сельскохозяйственных продуктов подлежат уборке и где они локализованы. Такие функции способны выполнять роботизированные селективные уборочные комбайны, оснащенные сенсорами, анализирующими состояние продуктов. Они убирают часть готового урожая и оставляют ту его часть, которая должна дозреть, быть просушенной и т. п.

Фирмой Massey Ferguson (США) предложен робот для селективной уборки урожая в полевых условиях, в частности, початков кукурузы [79]. Десятиколесная самоходная машина размером с мини-трактор состоит из двух соединенных друг с другом модулей: силового блока и накопителя (рис. 2.50). Спереди машины установлены световые датчики (они определяют зрелость растений), в нижней части – режущий аппарат, который срезает растения при получении соответствующего сигнала. Когда накопитель заполнен, он автоматически отсоединяется от силового блока и транспортирует собранный урожай в пункт централизованного сбора. Машина может управляться дистанционно посредством системы телеметрической связи.



Рис. 2.50. Робот для выборочной уборки урожая фирмы Massey Ferguson

Фирма Vision Robotics (США) разработала робот-сборщик апельсинов (рис. 2.51) [86]. Он может пройти через сад и собрать зрелые апельсины с деревьев. Для этого робот, используя стереоскопические камеры, высматривает и идентифицирует апельсины на деревьях. Фактически, он создает трехмерное изображение всего оранжевого дерева. Далее эта информация используется для того, чтобы мягкие захваты робота аккуратно снимали каждый апельсин. Созданная первоначально модель дерева может использоваться и в последующие дни уборки урожая. Робот может быть адаптирован для сбора и других видов плодов, например, яблок.



Рис. 2.51. Робот фирмы Vision Robotics для сбора апельсинов

2.3.4. Беспилотные летательные аппараты

В последние годы в сельском хозяйстве, наряду с наземными мобильными роботами, все большее распространение приобретают роботизированные беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

Наземные исследования не всегда позволяют в полной мере проанализировать и оценить состояние сельскохозяйственных угодий, проконтролировать процесс посева и уборки урожая. Значительные возможности в этом отношении дают съемки из космоса, однако они ведутся в основном для контроля состояния земель на больших территориях (на уровне крупных регионов). К тому же приобретение космических снимков в необходимом, например,

для прогноза урожайности, количестве и качестве часто оказывается недоступным (ввиду их высокой стоимости) не только обычным сельхозпроизводителям, но и крупным агропромышленным холдингам. Кроме того, космические съемки в большей степени связаны со временем суток и погодными условиями.

Альтернативным методом получения интересующей информации о состоянии сельхозугодий, особенно на небольших площадях, является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), предназначенных для воздушной съемки и наблюдения в реальном времени за наземными объектами [87]. Получаемые фото- и видеозображения обрабатываются в специализированном программном обеспечении и формируют базу для создания цифровых моделей местности, они служат основой для принятия решений по рациональному использованию сельскохозяйственных ресурсов.

В современных БПЛА управление осуществляется с помощью компьютера. Для определения координат и скорости движения, что необходимо для того, чтобы ориентироваться в пространстве и выполнять полеты с высокой точностью по заданным маршрутам, используются спутниковые навигационные системы (GPS или ГЛОНАСС), при этом углы ориентации и перегрузки определяются посредством гироскопов и акселерометров. Для передачи на пункт управления фото- и видеоданных, полученных с бортовых сенсоров, в составе БПЛА имеется радиопередатчик, обеспечивающий радиосвязь с приемным оборудованием. Также в состав бортовых радиосредств БПЛА входит приемник команд управления и передатчик служебной (телеметрической) информации.

БПЛА используют в сельском хозяйстве для осуществления следующих функций, связанных с контролем состояния сельхозугодий [87–89]:

- оперативный мониторинг полей (с высоты десятков и сотен метров);
- мониторинг роста сельскохозяйственных культур, оценка всхожести и степени спелости, прогнозирование урожайности;
- фитосанитарный мониторинг сельскохозяйственных культур, обнаружение очагов болезней и вредителей, наличия сорняков и оценка результатов воздействия на них;
- оценка состояния почвы, контроль качества ее обработки;

- контроль качества выполнения работ по посеву, орошению, внесению удобрений, обработке химикатами;
- обмер полей с учетом рельефа, определение площади используемых пахотных земель и пустующих участков;
- подсчет всходов и биологической урожайности;
- получение фотоматериалов в ближнем инфракрасном спектре с целью анализа показателя количества фотосинтетически активной биомассы – индекса NDVI;
- проведение разведки снежного покрова и прогнозирование уровня увлажнения почв, проектирование водоснабжения;
- оценка ущерба, наносимого сельскохозяйственным угодьям от различных погодных явлений (града, ветра, гроз), а также после стихийных явлений (пожаров, наводнений, засухи);
- планирование комплекса агротехнологических работ для достижения планируемого урожая.

БПЛА дают возможность получать снимки полей очень высокого разрешения. С их помощью можно вести наблюдение со специфических углов, которые недоступны спутникам, например, они могут опускаться в междурядья виноградников или садов.

БПЛА можно эффективно применять не только для контроля состояния сельхозугодий, но и для выполнения различных работ по их обработке, включая дифференцированное внесение удобрений и опыление растений, отпугивание птиц с полей и др. (рис. 2.52).

Как отмечалось выше, БПЛА наиболее подходят для проведения мониторинга и обработки полей, сравнительно небольших по размерам. При этом они позволяют проводить работы на полях с необходимой частотой, а также исключают риски возникновения опасных ситуаций для наблюдателя или оператора.



Рис. 2.52. Опыление посевов с помощью беспилотного летательного аппарата

БПЛА различного назначения разрабатываются уже много десятилетий: первыми БПЛА принято считать немецкие крылатые ракеты типа ФАУ, созданные в конце Второй мировой войны. Однако только лишь с развитием и удешевлением микросистемной техники и вычислительной электроники стало возможным производить недорогие малогабаритные БПЛА [90].

Современные БПЛА называют «летающими роботами», однако роботами они стали не сразу. Сначала эти аппараты совершали полеты и выполняли операции либо по жестко заданной программе, либо непосредственно управлялись оператором. Позднее у них на борту появились бортовые компьютерные системы управления, способные реагировать изменения обстановки и условий полета, так что оператор стал не столько управлять аппаратом, сколько ставить ему полетные задания и контролировать их выполнение.

Наиболее перспективным направлением использования роботизированных БПЛА в сельском хозяйстве является выполнение тяжелых, вредных, утомительных и монотонных работ [91]. К числу таких работ относится анализ проб грунта, который до сих пор обычно делается вручную. Между тем существуют различные способы косвенных измерений основных показателей плодородности почвы – путем измерения электрических сигналов, проходящих через водный раствор почвы (в лабораторных условиях более точный) и саму почву (локальные системы измерения). Основной проблемой данного направления анализа почвы является сложность получения информации из удаленных точек угодий, поскольку в процессе передвижения по полю происходит повреждение плодородного слоя в случае использования наземных транспортных средств. Решением данной проблемы является применение БПЛА, оснащенных необходимым полным набором сенсоров, позволяющих контролировать состояние почвы в автоматическом режиме в течение всего сезона возделывания.

В связи со сложностью некоторых процедур анализа почвы их реализация является невозможной вне лабораторных условий. Это влечет за собой необходимость получения образцов грунта с последующей транспортировкой их до места проведения анализа.

Для реализации поставленной задачи во Всероссийском научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства спроектирован беспилотный летающий робот (квадрокоптер), способный перемещаться по воздуху на расстояние до 10 км [91].

Для проникновения в почву необходимо, чтобы грунтоотборник имел стреловидную (коническую) форму, благодаря чему снижается усилие, прикладываемое к нему для входа в верхние слои почвы. Также на грунтоотборнике предусмотрены ребра разрыхления почвы и режущая кромка, позволяющие проводить равномерный забор почвы. Для придания буру вращательной силы предлагается использовать бесколлекторный двигатель постоянного тока, который обладает высоким КПД и позволяет использовать существующие средства питания квадрокоптера.

Для тестирования почвы возделываемых угодий (для измерения влажности, кислотности и температуры почвы) предлагается использовать мобильный комплекс, установленный на квадрокоптере. При постоянном использовании данного комплекса появляется возможность составлять карты полей с показаниями плодородности, влажности и кислотности почвы. Проводя последовательный анализ полученных данных, можно в рамках концепции точечного земледелия обеспечивать доставку каждому растению удобрений и воды согласно его потребностям.

2.4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕПЛИЦЫ

2.4.1. Интеллектуальные системы управления теплицами

Управление микроклиматом

Для достижения высокой урожайности и качества продукции в теплицах необходимо обеспечивать оптимальные климатические условия для растений. Поскольку теплицы подвержены внешним климатическим воздействиям, то необходимо, чтобы постоянно проводились измерения всех климатических параметров и их поддержание на требуемом уровне. Это возможно осуществить благодаря автоматизированным системам управления микроклиматом

теплиц. Известны различные типы таких систем, производимых в разных странах: в Голландии (PRIVA, HORTIMAX, SERCOM, HOOGENDORN), Израиле (ELDAR-GAL), Германии (KRIWAN, BRNKMANN) и др. [92].

К важнейшим параметрам микроклимата в теплицах относятся влажность и температура воздуха и уровень естественной освещенности. Необходимость контроля и поддержания параметров микроклимата в теплице обусловлена агротехническими требованиями, а также требованиями энергосбережения.

Агротехнические требования предполагают обеспечение определенных параметров микроклимата в теплице в зависимости от времени суток и величины солнечной радиации с целью интенсификации усвоения растениями фотосинтетической радиации и повышения эффективности продукционного процесса. Кроме того, следует учитывать специфические требования к параметрам микроклимата в теплице для каждого из выращиваемых растений. В свою очередь, требования энергосбережения обуславливают необходимость контроля и учета основных параметров микроклимата в теплице. Таким образом, для создания благоприятных агротехнических условий развития растений и экономного использования энергоресурсов необходим непрерывный автоматический контроль параметров микроклимата в теплице.

Контроль параметров микроклимата теплиц характеризуется наличием большого числа непрогнозируемых помех, информационной недостаточностью и неопределенностью [93]. Эта неопределенность обусловлена необходимостью обработки трудно поддающихся формализации (нечетких) данных. В частности, трудно поддается идентификации зависимость выходного сигнала системы контроля влажности воздуха в теплице от ее входных сигналов. Данное обстоятельство осложняет учет поправки на температуру воздуха в теплице при контроле его влажности системами контроля, основанными на использовании традиционных математических моделей. Это связано с тем, что применение традиционных математических моделей на основе теории вероятностей и математической статистики для обработки нечетких данных трудоемко и неэффективно.

Оптимальным решением указанной задачи является разработка автоматических систем контроля параметров микроклимата теплиц, основанных на использовании современного математического аппарата нечеткой логики [93]. Моделям, которые создаются на основе нечеткой логики, присущи такие свойства технического интеллекта, как самоадаптация и самообучение. Поэтому технические системы, осуществляющие обработку информации на основе нечеткой логики, являются интеллектуальными, что обеспечивает высокую эффективность их применения в условиях информационной неопределенности.

Важной и полностью не решенной до сих пор проблемой всех систем управления микроклиматом является повышенная инерционность исполнительных устройств. Это приводит к тому, что при изменении внешних воздействий на теплицу система запаздывает в ходе установления оптимальных параметров микроклимата как во всей теплице, так и (в случае большой площади теплицы) в отдельной ее части. В свою очередь, такое запаздывание вызывает повышенный расход электроэнергии, затрачиваемой на компенсацию перепадов климатических зон, также отрицательно сказывается на росте культур, что в конечном итоге приводит к росту издержек и снижению урожайности.

Для повышения энергоэффективности производства сельскохозяйственной продукции в теплицах разработана интеллектуальная система микроклимата (ИСМ), работа которой основана на обучаемых интеллектуальных алгоритмах управления микроклиматом теплиц [92].

В концептуальном виде, алгоритм функционирования ИСМ показан на рис. 2.53. ИСМ содержит базу знаний, в которую входят база данных и база правил, обучение которой происходит с помощью нейросетевых алгоритмов. База данных заполняется актуальными параметрами состояния микроклимата. Одновременно, с помощью математической модели искусственной нейронной сети происходит сбор данных для обучения базы правил. После заполнения базы данных и базы правил система переходит в рабочий режим управления микроклиматом теплицы. Следует отметить, что в рабочем режиме сохраняется возможность обучения ИСМ за счет работы модели нейропроцессорной структуры обработки информации.

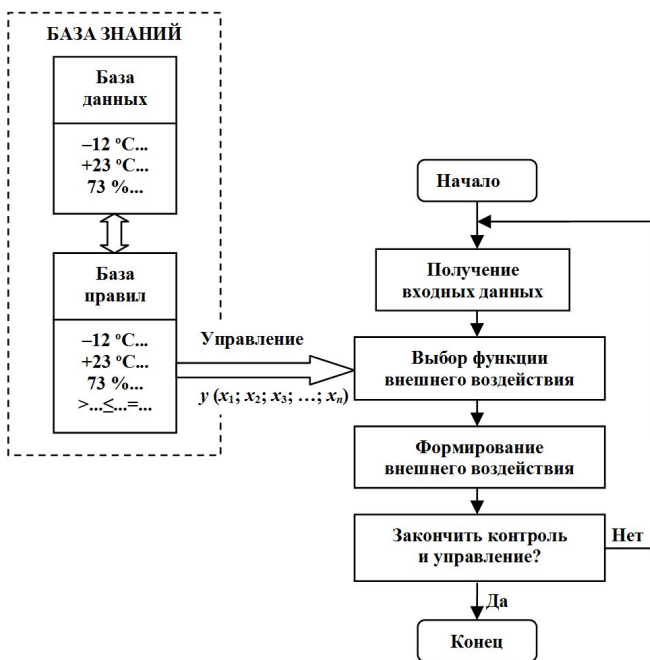


Рис. 2.53. Алгоритм функционирования интеллектуальной системы микроклимата

Таким образом, зная, как изменяется микроклимат теплицы при изменении внешних воздействий, можно спрогнозировать реакцию теплицы и заранее подать управляющее воздействие на исполнительные устройства, которые непосредственно формируют микроклимат. Такое опережающее управление позволяет программным путем снизить инерционность всей системы микроклимата, поскольку снизить инерционность непосредственно исполнительных устройств не представляется возможным.

Тепличное производство – это сложный технологический процесс выращивания растения, заключающийся в обеспечении его сбалансированным питанием, оптимальными условиями микроклимата, а также в уходе за растением. На сегодняшний день большинство процессов по обеспечению жизнедеятельности растений возложено на автоматические системы управления, но, несмотря на их быстрое развитие, пока далеко не все процессы можно подвергнуть автоматическому управлению.

Современные тепличные комплексы оснащаются системами мониторинга параметров микроклимата (температура, влажность, концентрация CO₂, освещенность и т. д.), полива (план полива, концентрация и кислотность раствора), дренажа (время первого дренажа, процент дренажа к поливу, параметры ЕС и рН), а также системами мониторинга физиологических процессов растения (сокодвижения, температуры листьев, динамики набора массы растения). Агроному в данной ситуации необходимо только проанализировать полученную от систем информацию и при необходимости скорректировать режимы работы. Однако как бы ни был высок профессионализм агронома, он не может круглосуточно пребывать на рабочем месте и, соответственно, не всегда может осуществлять оперативный контроль процесса выращивания.

Фирмой «ФИТО» (Россия) разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий удаленно, посредством сети Интернет или сотовых сетей осуществлять оперативный мониторинг и коррекцию процессов, происходящих в теплицах (рис. 2.54) [94]. Функционально дистанционный мониторинг можно разбить на три уровня взаимодействия между пользователем (агрономом) и системой управления технологическими процессами в теплице. Пользователю в любой момент времени доступны все три уровня взаимодействия. Первый уровень взаимодействия – интеллектуальная самодиагностика, когда система на основе набора специальных правил сама анализирует процессы, происходящие в теплице, и с учетом сделанных выводов оперативно информирует пользователя о происходящем через SMS-сообщение или электронную почту. Второй уровень взаимодействия – внесение пользователем корректив в работу автоматических систем теплицы через Интернет с помощью программного обеспечения, установленного на удаленном компьютере. Если при анализе данных, возникают вопросы агрономического либо технического характера, то пользователь может прибегнуть к третьему уровню взаимодействия – к обращению в информационный центр фирмы, специалисты которого удаленно соединяются со всеми системами теплицы, анализируют ситуацию и выдают ответ пользователю.

Таким образом, созданная трехуровневая модель контроля и управления технологическими процессами в теплице позволяет своевременно диагностировать, возникающие при осуществлении

этих процессов исключительные ситуации и оперативно реагировать на их появление.

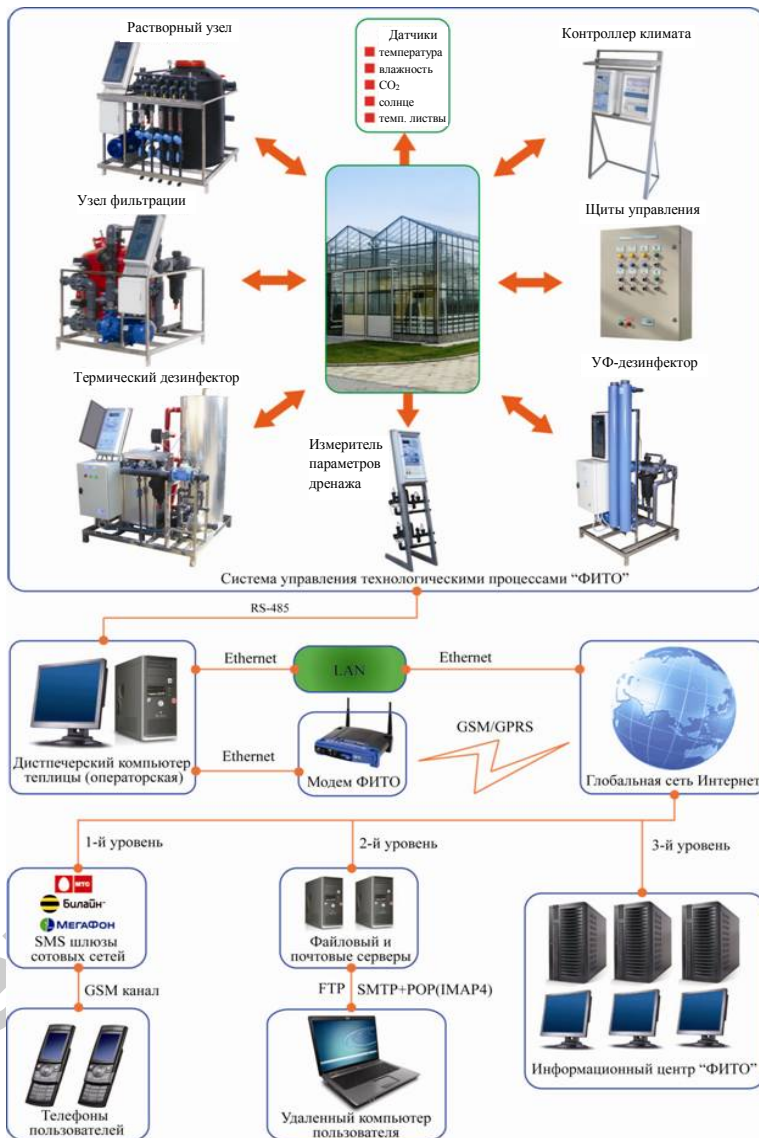


Рис. 2.54. Система управления микроклиматом теплицы фирмы «ФИТО»

В Омском государственном техническом университете разработана автоматизированная система «умная теплица» [95] (рис. 2.55). Для реализации системы была выбрана технология 1-Wire, а роль мастера сети играл фирменный мастер для USB-порта: DS9490R. Благодаря наличию в составе любого устройства, снабженного сетевой версией 1-Wire-интерфейса, уникального индивидуального адреса, такая сеть имеет практически неограниченное адресное пространство. Одним из важнейших преимуществ технологии 1-Wire является простота настройки, отладки и обслуживания сети практически любой конфигурации, построенной по этому стандарту. В качестве сервера управления и хранения данных использовался миникомпьютер Raspberry PI, к которому непосредственно подключается мастер 1-Wire сети с соединенными с ним устройствами, входящими в систему автоматизированной теплицы.

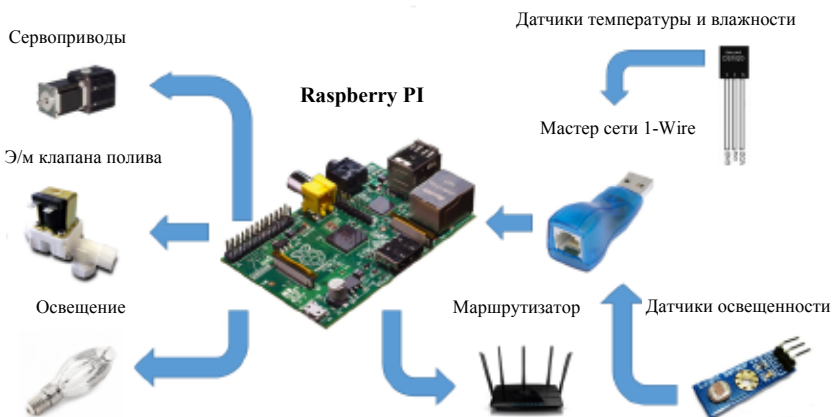


Рис. 2.55. Автоматизированная система «умная теплица»

Система автоматизированной теплицы представляет собой набор различных датчиков и исполнительных механизмов. Внутри теплицы и вне ее установлены датчики температуры и влажности. Данные, получаемые датчиками, обрабатываются миникомпьютером. Если температура и влажность превышают допустимую норму, то соответствующий сигнал отправляется на сервоприводы, которые в свою очередь открывают форточки для проветривания

теплицы. Если температура становится ниже допустимой нормы, то включается система отопления. Также установлен датчик освещенности. При недостаточной освещенности внутри теплицы включаются специальные осветительные лампы для растений. Полив растений осуществляется по таймеру, запрограммированному для определенного вида растений, сигнал отправляется на электромагнитные клапаны, которые открывают поток воды. Полив ведется из резервуара, находящегося внутри теплицы. Заполнение резервуара водой управляется посредством двух поплавковых датчиков, расположенных в верхней и нижней его части, и миникомпьютера, обрабатывающего информацию датчиков. Работа охранной сигнализации заключается в непосредственном опрашивании датчиков открывания основных дверей, для предотвращения несанкционированного доступа в теплицу посторонних людей.

Так же в систему входит удаленный мониторинг «умной теплицы», для чего установлен маршрутизатор. Мониторинг осуществляется через веб-страницу, все данные передаваемые с миникомпьютера отображаются на веб-сайте. Имея доступ к веб-сайту можно с любого удаленного места и с любого устройства (смартфона, планшета, ноутбука) отслеживать и управлять ходом работы автоматизированной теплицы. Веб-сайт является веб-интерфейсом данной системы.

На рис. 2.56 представлена структурная схема работы системы.

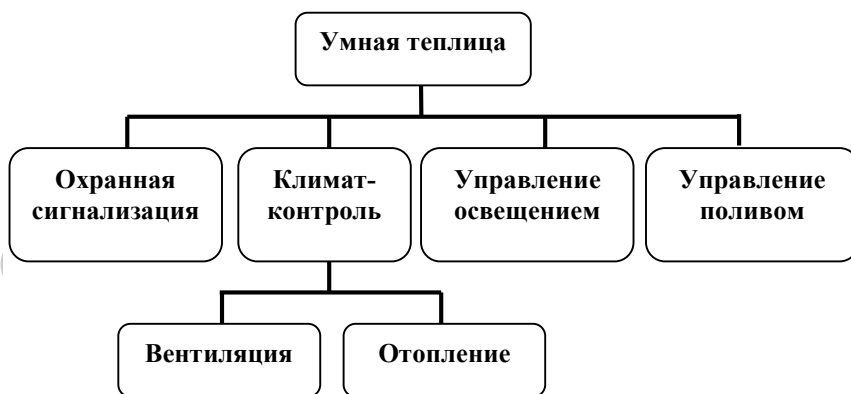


Рис. 2.56. Блок-схема системы «умная теплица»

Основной задачей автоматизации теплицы является эффективное обслуживание всей техники, находящейся в ней и отвечающей за контроль и качество растений. Управление работой теплицы осуществляется при помощи системы, которая срабатывает при возникновении заданных программой условий.

Во Всероссийском институте механизации сельского хозяйства разработана климатическая установка ЛП-Про, оснащенная системой компьютерного регулирования микроклимата, а также доставки питательных веществ и воды [96]. Специальная компьютерная программа обеспечивает полную автоматизацию процесса выращивания овощных культур и выводит на монитор оператора данные о влажности, освещенности, внутренней температуре воздуха, концентрации CO₂. В установку встроена видеокамера, позволяющая в режиме реального времени отслеживать процесс роста растений. При подключении установки к интернету становится возможным наблюдать за ростом растений при помощи компьютера, смартфона или планшета.

Установка предусмотрена для выращивания растений в условиях защищенного грунта, что позволяет эффективно бороться со всевозможными видами болезней растений. Возможные направления использования установки:

- круглогодичное выращивание микро- и миниклубней картофеля;
- проращивание озимых в монолитах почвы для определения уровня гибели посевов;
- производство безвирусного посадочного материала вегетативно размножаемых культур посредством меристемной ткани (картофель, ягоды и др.);
- моделирование климатических условий природно-климатических зон в селекционном процессе различных культур;
- климатические испытания селекционного материала по фазам развития для определения уровня морозостойкости;
- подгонка фазы цветения сортов с различным вегетационным периодом для проведения гибридизации;
- гаплоидная селекция;
- оценка устойчивости селекционных достижений к болезням в различных климатических условиях;
- доращивание меристемных растений.

Гигантская теплица-сад оригинальной конструкции с регулируемым микроклиматом построена в Великобритании

на территории Ботанического сада Уэльса (Wales Botanical Gardens) (рис. 2.57) [97].

Необыкновенное сооружение в виде стеклянного купола служит домом для растений более чем тысячи видов. В теплице нашли применение различные энергоэффективные технологии. В частности, она оснащена компьютерной системой управления отоплением, оптимизирующей расход энергии путем отслеживания температурных условий внутри и снаружи помещений, системой сбора дождевой воды и бойлером, работающим на биомассе.

Светопрозрачная крыша обеспечивает максимальное поступление естественного света. Стеклянные панели в крыше могут открываться для достижения требуемых уровней температуры, влажности и циркуляции воздуха.

При создании систем управления освещенностью теплицы следует учитывать, что растения адаптированы к тому спектральному составу излучения, который доходит до них в условиях их экологической ниши [98]. Для правильного развития растений важно, чтобы они получали хорошо сбалансированный по спектру свет, поскольку разные спектральные диапазоны света оказывают различное физиологическое действие на растения. Например, красный свет оказывает ярко выраженное действие на фотосинтез, дальний красный – ярко выраженное регуляторное действие; зеленые лучи хорошо проникают даже к листьям нижних ярусов, в то время как синие и красные лучи туда практически не доходят.



Рис. 2.57. Теплица-сад в Wales Botanical Gardens

Из-за того что современные теплицы имеют значительные размеры, в них обычно применяются нерегулируемые системы освещения

с фиксированным спектром и мощностью излучения, поскольку применение светодиодного освещения требует большого числа источников питания или проводов большого сечения для каждого цвета отдельно и отличается сложностью управления такой системой освещения.

В этой связи весьма эффективным может быть использование широкополосной системы, уникальность которой заключается в том, что она позволяет создавать регулируемое освещение растений, при этом регулировка спектра и уровня освещенности выполняется изменением частоты преобразователя напряжения [98].

В основу широкополосной системы освещения теплиц входят светильники на основе светодиодов различного спектра и резонансная система электропитания каждого цвета отдельно. Это обеспечивает требуемый спектральный состав потока света и освещенность на поверхности растений при минимальной потребляемой мощности.

Широкополосная система освещения с варьируемым спектром позволяет регулировать как общую величину светового потока, так и спектральный состав излучения. Это позволяет обеспечивать растениям для более эффективного их роста свет разного спектра в разные периоды развития.

Для контроля интенсивности светового потока служат специальные индикаторы, показывающие значения фотосинтезактивной радиации со спектральной чувствительностью, близкой к средней чувствительности листа.

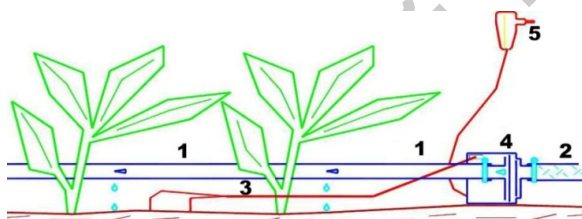
Управление поливом

В ООО «Центр Теплиц» (Россия) разработана автоматическая система полива IRROX сельскохозяйственных культур в теплицах, которая правильно расходует воду и позволяет избежать пересушивания почвы (рис. 2.58) [99]. Контроллер определяет влажность почвы и управляет электроприводом клапана водопровода. Из корпуса клапана выходит кабель, на конце которого смонтированы щупы для определения влажности почвы. Последняя определяется на основе измерения электропроводности почвы, поскольку почва содержит соли и органические кислоты и ее электрическое сопротивление изменяется в соответствии с изменением влажности. Определяя влажность почвы щупами, контроллер выдает команду открыть или закрыть клапан для полива. Устройство настраивается

на тип почвы, выполненные измерения позволяют определить требуемое время полива с учетом установленной нормы расхода воды.

2.4.2. Работы в теплицах

Создание мобильных робототехнических устройств для тепличных комплексов сопряжено с определенными трудностями, обусловленными специфическим микроклиматом в теплицах (повышенная влажность, газообразование) и ограниченными размерами теплиц, не позволяющими применять серийную сельскохозяйственную технику. В то же время стандартные габаритные размеры, ровная, ограниченная контуром поверхность почвы, более широкая возможность использования направляющих рельсов и подводящих электрокабелей обеспечивают им заметные преимущества и широкие возможности роботизации [32].



Подводящий шланг

Измерительные щупы



Рис. 2.58. Автоматическая система полива IRROX

1 – капельная лента, 2 – подводящий шланг,
3 – кабель с измерительными щупами, 4 – электроклапан, 5 – блок питания

Специалисты Массачусетского технологического института (США) спроектировали многофункциональный робот, предназначенный для выращивания помидоров сорта cherry в теплице (рис. 2.59) [78]. Робот оснащен манипулятором с мягкими захватами, позволяющими брать, не повреждая, помидоры, а также насосами для подачи воды. Он может вносить воду и питательные вещества в почву, следить за параметрами микроклимата в теплице, опылять помидоры, находить и снимать созревшие помидоры. При этом растения с помощью множества датчиков через сеть дают роботу сигналы, когда им нужна вода или питательные вещества. Программное обеспечение определяет спелость плода, сверяясь с элементарной моделью роста плодов cherry. Основной сложностью для создателей было конструирование манипулятора, так как плоды могут расти в самых неожиданных местах.



Рис. 2.59. Многофункциональный робот для выращивания помидоров (Массачусетский технологический институт)

Компьютерная система связывает робота с каждым растением благодаря множеству датчиков, сигнализирующих о недостатке воды или удобрений. По сигналу датчика робот подъезжает к растению и выполняет необходимые операции. При этом каждое конкретное растение способно контролировать собственное физическое состояние и по мере необходимости подавать роботу сигнал о необходимости полива или внесения питательных веществ, что позволяет сокращать объем их потребления, кроме того, роботы убирают урожай, уменьшая объем ручного труда.

У фермеров Голландии получил распространение робот, который выращивает салат в гидропонной теплице [78]. Салат выращивается по технологии, известной как технология пленочного питания. Манипулятор робота помещает молодые растения салата в лотки, которые выстроены в ряды и в совокупности образуют искусственное «поле». В каждый лоток подается вода, обогащенная питательными веществами, благодаря чему все растения растут быстро и одновременно.

Японскими инженерами (Japan's National Agricultural and Food Research Organization) предложен робот для сбора земляники [100]. Двигаясь по оранжерее вдоль грядок с садовой земляникой, он находит ягоды, аккуратно срезает их с ветки и укладывает в поддон. Видеокамеры позволяют роботу с большой точностью определять местонахождение ягод, а специально разработанная компьютерная программа помогает по цвету земляники определить степень ее зрелости, так что сбору подлежат только зрелые ягоды. Разработчики утверждают, что использование робота позволяет на сорок процентов сократить время уборки урожая (чтобы срезать одну ягоду роботу требуется в среднем около 10 секунд). Кроме того, робот, по мнению его создателей, может быть адаптирован для сбора самых разных сельхозпродуктов, произрастающих в оранжереях кустовым способом, например, помидоров или лимонов.

Фирмой Romobility Youto (Япония) создан робот для сбора клубники в оранжереях (рис. 2.60) [101]. Он оснащен чувствительной к цвету видеокамерой, позволяющей ему не только идентифицировать ягоды среди листвы, но и определять степень их зрелости.



Рис. 2.60. Робот фирмы Romobility Youto для сбора клубники

2.5. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МОЛОЧНЫЕ ФЕРМЫ

Молочное животноводство играет ведущую роль в животноводческой отрасли многих стран мира. Анализ современных мировых тенденций развития молочного животноводства показывает, что оно направлено на обеспечение высоких надоев, улучшение качества молока и снижение себестоимости его производства на основе полной автоматизации практически всего спектра оборудования для выполнения технологических процессов на молочных фермах [102].

Главной целью автоматизации молочного производства является совершенствование методов содержания, кормления и доения коров, формирование условий для поддержания на высоком уровне их физиологического состояния и молочной продуктивности.

Проектирование автоматизированных технологий производства молока следует осуществлять на основе соответствующих методологических подходов с учетом всей имеющейся нормативно-справочной информации, а также баз данных по технологическому оборудованию и производственным помещениям [103]. При этом важным этапом проектирования является расчет производственно-технических параметров ферм при условии соблюдения зооветеринарных требований по формированию технологических групп животных и их обслуживанию в соответствии с фазами биологического цикла.

К основным факторам использования автоматизированных технологий в молочном производстве относятся оптимизация производственных процессов, сокращение затрат на рабочую силу, улучшение условий труда. Так, согласно расчетам компании GEA на коммерческой молочной ферме, использующей традиционные технологии, около 39 % рабочего времени затрачивается на доение, 17 % – на кормление, 15 % – на решение управленческих задач, 7 % – на смену подстилки, 22 % – на другие процессы [104]. Поэтому производство автоматизированного оборудования для нужд молочного животноводства растет с каждым годом. Так, по данным исследований Вагенингенского университета (Нидерланды), объем продаж автоматизированных систем доения на мировом рынке вырастет в ближайшие пять лет (к 2020 г.) почти в два раза [104].

В последние годы все большее внимание уделяется интеллектуализации молочного животноводства. Многие фирмы, выпускающие оборудование для молочного производства, разрабатывают разнообразные по своим функциональным возможностям интеллектуальные системы управления молочными фермами, а также робототехнические комплексы, способные выполнять различные виды работ на молочных фермах.

Особое значение имеет автоматизация доения, в частности, создание роботизированных доильных установок, что не только обеспечивает повышение эффективности доения, но также ведет к существенному изменению порядка управления стадом на молочных фермах.

Традиционно коров принято доить регулярно, с определенными интервалами. Однако такое строго регламентированное доение ограничивает время фермера. В последние годы, в связи с развитием автоматизации доения, получили распространение технологии добровольного доения, которое дает возможность каждой корове самой решать, когда ей надо доиться, а когда и сколько отдохнуть. Эти технологии получили свое практическое воплощение в роботах-доярках, которые фактически представляют собой автоматизированные системы добровольного доения.

На фермах, оснащенных доильными роботами и использующих схемы добровольного доения, коровы могут постоянно находиться в коровнике, отдыхая или питаясь в зоне свободного передвижения. Если коровы выходят из коровника на выпас, то на пастбище выпускают через селективные ворота только тех коров, которые уже выдоены. Чтобы корова зашла в роботизированную доильную установку, ее привлекают концентрированными кормами, которые размещают в специальной кормушке. В доильной установке коровы идентифицируются, благодаря чему те коровы, которых недавно выдоили, выпроваживаются из доильной установки в зону свободного передвижения.

В молочном животноводстве применяют как привязное, так и беспривязное содержание коров.

Привязное содержание позволяет организовать кормление и доение коров, при которых более удобно учитывать физиологическое состояние каждой коровы. Однако при привязном

содержании ограничиваются возможности автоматизации работ, выполняемых на молочных фермах.

Беспривязное содержание предусматривает содержание животных на ферме без фиксации в стойлах. Тем самым им предоставляется свободное перемещение как внутри помещения фермы, так и на выгульных площадках. Таким образом, для животных создаются условия, оптимально подходящие для их естественной жизнедеятельности и для промышленного производства молока. Главное преимущество беспривязного содержания – высокая производительность труда, которая достигается благодаря автоматизации всех трудоемких процессов, в том числе благодаря широкому применению роботизированного технологического оборудования.

2.5.1. Интеллектуальные системы управления стадом

Основное назначение систем управления стадом – контроль состояния здоровья животных, важным индикатором которого является их двигательная активность. В этой связи представляет интерес система мониторинга состояния здоровья жвачных животных RumiWatch фирмы ITIN+НОСН (Швейцария) [32].

Система RumiWatch определяет изменения в поведении коров при пережевывании жвачки, поедании кормов, потреблении воды, передвижении и отдыхе в режиме реального времени. Для этого используются два сенсора: один регистрирует жевательные движения коровы (закреплен на ее переносице), другой – перемещения коровы (закреплен на ее ноге) (рис. 2.61). Принимаемая сенсорами информация передается беспроводным способом на компьютер. Сенсоры закрепляются на каждом животном, так что обеспечивается возможность постоянно наблюдать за состоянием здоровья каждого животного в отдельности. Так, установленное снижение количества жевательных движений за определенный период времени свидетельствует о нарушениях в работе органов пищеварения коровы или об ошибках в подборе рациона кормления. О наличии проблем со здоровьем свидетельствует также снижение активности перемещений животного. Если же эта активность, наоборот, чрезмерно высокая, то это означает, что у животного наступил период охоты.



Рис. 2.61. Система мониторинга состояния здоровья коров RumiWatch: сенсор жевательных движений (слева) и сенсор-шагомер

Для контроля состояния здоровья животных важно иметь сведения о динамике массы каждого животного (уменьшение массы является одним из симптомов заболевания животного). Эта задача может быть решена с помощью системы optiCOW фирмы Hlscher+Leuschner (Германия), служащей для автоматического определения размеров и веса коров [32].

Каждая корова распознается с помощью RFID-техники (radio-frequency identification – радиочастотная идентификация) в специальном проходном загоне для животных. Радиочастотное распознавание осуществляется с помощью специальных меток, несущих идентификационную информацию (обычно коровы носят RFID-бирки в ушах). Здесь же, в проходном загоне коровы снимаются на трехмерную камеру и автоматически взвешиваются. Математико-статистическая аналитическая программа создает трехмерную модель задней части животного и по полученным данным делается индекс кондиции тела коров BCS (Body Condition Score), т. е. делается оценка упитанности коров. По величине упитанности судят о том, имеется ли у коровы запас питательных веществ, которые она использует для производства молока.

Обрабатывающая трехмерные изображения программа позволяет представлять объективную информацию о динамике массы каждой коровы в течение всего периода лактации. Благодаря системе optiCOW фермер без дополнительных трудовых затрат получает необходимые сведения о физическом и физиологическом состоянии коровы и может оперативно управлять продуктивностью стада, внося коррективы в рацион кормления и условия содержания.

Системы управления стадом (подобные рассмотренным выше) создаются и другими фирмами.

Так, система управления стадом DMS 21 (Dairy Management System 21) фирмы Westfalia Surge (Германия) имеет программное обеспечение DairyPlan C21, благодаря которому в любой момент времени можно получать необходимые сведения о продуктивности животных, а также о производственных процессах посредством составления отчетов, базирующихся на автоматической регистрации или ручном вводе данных. [42]. В состав системы входит устройство Rescounter, служащее для идентификации животных, а также для определения их двигательной активности (через каждые 2 часа). Вся собранная информация закладывается в базу данных компьютера и отображается на мониторе в виде таблиц и графиков.

Дополнительно, для контроля состояния здоровья животных, система DMS 21 оснащена высокоточными (± 1 кг) автоматическими весами Taxatron и селекционными воротами Autoselect. Селекционные ворота, управляемые фотоэлементом и приводимые в действие вакуумной системой доильной установки, предназначены для организации прохода животного через весы, которые мгновенно передают результаты взвешивания на дисплей при наличии системы идентификации в базу данных системы управления стадом. После каждого взвешивания весы автоматически тарируются. Предельная масса взвешивания 1000 кг, в час взвешивают 240 коров. Автоматические весы с селективными воротами могут устанавливаться как перед доильной установкой, так и после нее.

Автоматические весы, селекционные ворота и система идентификации, включенные в общую систему управления стадом, позволяют отслеживать динамику массы животных и при необходимости (когда масса чрезмерно снижается) направлять животных в специально выделенную зону для обследования.

Фирма BouMatic Gascoigne Melotte (Ирландия) выпускает автоматическое устройство StepMetrix, которое позволяет на ранних стадиях распознавать скрытые проблемы с копытами у животных путем исследования их передвижения [42]. При прохождении животных по платформе переходного бокса StepMetrix измеряется воздействие конечностей животного на его поверхность с помощью датчиков, установленных под полом. Полученные данные передаются в процессор SMX StepAnalyzer. С помощью процессора

и аналитического устройства SMX Interpreter выполняется анализ переданных сведений и оценивается поведение коров при ходьбе. Оценка осуществляется исходя из того, что шаговая схема движения является в достаточной степени индивидуальной для каждого здорового животного, поэтому любые отклонения в движении коровы (например, хромота) свидетельствуют о проблемах со здоровьем.

Достоинством устройства StepMetrix является то, что оно проводит мониторинг состояния здоровья животных в автоматическом режиме ежедневно круглый год. Собранная информация сохраняется в компьютере.



Рис. 2.62. Идентификационный датчик системы Qwes, встроенный в ошейник коровы

Фирмой Lely (Нидерланды) предложена система распознавания животных Lely Qwes, основным компонентом которой является идентификационный датчик, встроенный в ошейник (рис. 2.62) [105]. Уровень активности животных определяется специальным датчиком, который измеряет интенсивность и длительность движения, а не просто регистрирует шаги. Система также позволяет определять состояние здоровья коровы путем измерения активности жевания.

Преимуществом системы является то, что устройства идентификации, которые загружают данные с датчика на ошейнике, могут быть установлены в различных местах молочной фермы, например в доильном зале или на кормовой станции. Благодаря применению этой системы может быть обеспечено проведение в требуемое время осеменения, оптимизировано воспроизводство, сокращение интервалов между отелами, а также своевременное выявление первых признаков заболеваний животных.

Одним из направлений совершенствования систем управления стадом является повышение удобства работы обслуживающего

персонала молочной фермы. Как пример – беспроводная система взвешивания Feed Manager, которой оснащаются кормосмесители-кормораздатчики серии Feeder VM фирмы JF-Stoll (Дания) [32].

Система состоит из главного терминала и одного или нескольких портативных терминалов, которые по беспроводному каналу связи получают от кормосмесителя данные о загрузке и, кроме того, взаимодействуют между собой (рис. 2.63). Главный терминал с дисплеем обычно располагается в кабине погрузчика (рис. 2.64), чтобы можно было постоянно контролировать процесс загрузки – фиксировать дату и время загрузки, а также текущий вес загружаемых кормов. Кроме того, с помощью главного терминала можно создавать планы кормления и контролировать процесс их реализации, в частности, можно делить общий объем корма при выгрузке на порции с различным порядком их раздачи. Соответствующая информация пересылается с главного терминала на портативный терминал, который, при наличии в нем батареи питания, можно повсюду брать с собой.



Рис. 2.63. Схема беспроводной связи терминалов системы Feed Manager

Аналогичный технический подход к совершенствованию систем управления стадом предложен фирмой Westfalia Surge (Германия). Согласно этому подходу фермеры для расширения возможностей по оперативному управлению стадом снабжаются карманными персональными компьютерами – КПК (Personal Digital Assistant, PDA – «личный цифровой секретарь»). С помощью программного обеспечения DPMobil, загруженного КПК, фермер получает доступ к информации о продуктивности животных, о процессах их доения и кормления, об их физиологическом состоянии, осеменении и другим сведениям, хранящимся в центральном компьютере автоматизированной системы управления стадом DMS 21. Это помогает ему принимать те или иные управленческие решения, находясь непосредственно в животноводческом помещении [42]. Вся информация с центрального компьютера передается на КПК по каналам беспроводной связи через специальный порт путем нажатия одной клавиши.



Рис. 2.64. Дисплей главного терминала системы Feed Manager, установленный в кабине смесителя-кормораздатчика Feeder VM

Следующим этапом развития компьютерных технологий на молочных фермах является создание фирмой Isagri (Франция) портативных компьютеров Agri-Pocket с управлением от голосовых команд [42]. Для реализации этой функции портативные

компьютеры снабжены специальным распознающим голосовые команды модулем и программой Isalait. Благодаря этому значительно сокращаются затраты времени на управление многочисленными стадами.

2.5.2. Роботы на молочных фермах

Анализ разработанных и поставляемых на рынок роботизированных систем для животноводства показывает, что в подавляющем большинстве они предназначены для использования на молочных фермах [5]. Роботизируются в основном такие работы, обычное выполнение которых требует значительных затрат труда. К ним относятся, прежде всего, работы, связанные с кормлением и доением коров, а также очисткой коровников от навоза. Соответственно, разными фирмами выпускаются специализированные роботы, предназначенные для выполнения работ определенного вида: роботы-кормосмесители-кормораздатчики, роботы-пастухи, роботы-дояры, роботы-уборщики.

Вместе с тем предпринимаются отдельные попытки создания универсальных роботов, способных выполнять комплекс работ разных видов. Так, в Московском институте инженеров сельскохозяйственного производства им. В. П. Горячкина разработана робототехническая система для животноводческих ферм (робот-скотник), в функции которой входит: распознавать и маркировать животных, переводить их в те или иные помещения, раздавать им корм, следить за состоянием их здоровья, в том числе взвешивать их, а также контролировать температуру и влажность воздуха в помещениях и проводить уборку помещений, в том числе мыть стены [106].

В целом благодаря роботизации молочных ферм повышаются качество выполняемых работ и производительность труда, уменьшаются потери рабочего времени и электроэнергии, коровы приучаются изо дня в день к повторению одних и тех же действий, что существенно снижает риск возникновения стрессов, повышает продуктивность коров и продлевает их жизненный цикл. Также благодаря роботизации совершенствуется контроль соблюдения требований гигиены, что способствует улучшению

здоровья животных и, как следствие, увеличению надоев и качества молока.

Роботы-кормосмесители-кормораздатчики

Фирма Pellonraja OY (Финляндия) разработала несколько вариантов автоматизированных систем кормления животных на молочных фермах на основе использования робототехники [42].

Для кормления животных при беспривязном содержании предлагается использовать автоматизированную систему, главным функциональным узлом которой является робот Pellon TMR, способный выполнять как приготовление кормосмеси, так и раздачу корма. Он набирает из раздатчика заданные количества предварительно измельченных кормовых компонентов, необходимых для получения требуемой смеси, и смешивает их в момент подачи на кормовой стол. Комбинированное смешивание, осуществляемое с помощью шнека и цепного транспортера, обеспечивает быстрое получение однородной смеси.

Робот-кормосмеситель-кормораздатчик выполнен в виде подвесного бункера (рис. 2.65). Он совершает запрограммированные многократные перемещения по монорельсу вдоль боксов для содержания животных (монорельс закрепляется в верхней части помещения) (рис. 2.66). При его движении корм автоматически подается через выгрузной патрубок на кормовой стол непрерывным потоком. Робот подвешен на тензодатчике, что обеспечивает возможность подачи отмеренного по весу корма определенным группам животных.

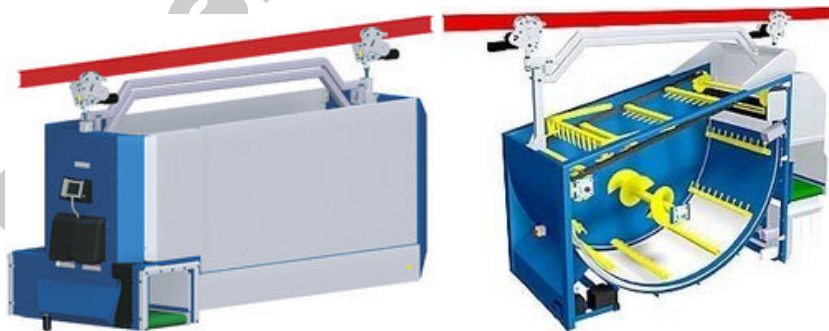


Рис. 2.65. Внешний вид и конструкция робота Pellon TMR



Рис. 2.66. Подача кормов в коровнике с помощью робота Pellon TMR

Загрузка компонентов, соблюдение заданной их комбинации, а также распределение корма зависит от весовых данных, управление которыми осуществляет компьютерная система управления Graphics согласно установленному графику. Осуществляемое этой системой программирование количества животных, времени и частоты раздачи корма, а также состава кормосмеси для группового кормления обеспечивает постоянную подачу свежего корма в желаемых пропорциях для каждой коровы. Это оптимизирует процесс жевания, позволяя тем самым получать надои молока с учетом генотипа животных при одновременном поддержании их здоровья.

Для кормления животных при привязном содержании разработан робот-кормосмеситель-кормораздатчик Pellon Combi, позволяющий осуществлять индивидуальное кормление животных в соответствии с запрограммированным рецептом. Робот готовит кормосмеси с помощью поперечного раздаточного ленточного транспортера, оснащенного устройством электронного взвешивания. На транспортер дозаторами (работают в согласованном с устройством взвешивания режиме) из соответствующих бункеров подается запрограммированная порция грубых и концентрированных кормов. Исходные компоненты кормосмеси смешиваются в ходе их дозирования на поверхности транспортера. Готовая порция кормосмеси транспортером выгружается конкретному животному в кормушку или на кормовой стол.

Для раздачи предварительно приготовленной кормосмеси или грубых кормов предлагается робот-кормораздатчик Pellon Silage, который благодаря высокой точности дозирования можно использовать для кормления животных как при беспривязном, так и при привязном содержании.

Фирма Mullerup (Дания) также предлагает различные варианты автоматизированных систем кормления животных на молочных фермах (по назначению и исполнению они аналогичны рассмотренным выше системам Pellon) [5]. В частности, фирмой разработаны:

- робот-кормосмеситель-кормораздатчик Mix Feeder, который позволяет готовить кормосмеси и раздавать их в коровниках с различными системами содержания животных (беспривязной или привязной) в автоматическом режиме (под управлением компьютера) или вручную;

- типоразмерный ряд роботов-кормораздатчиков серии Free Stall Feeder с бункерами различной вместимости для раздачи предварительно приготовленной кормосмеси.

- система Mix&Carry для кормления молочного стада с большим поголовьем (до 1000 коров) при беспривязном содержании, состоящая из подвешенного робота-кормораздатчика Mix&Carry Feeder, способного обслуживать до 20 групп животных, выдавая до 30 типов рационов кормосмесей, и кормосмесителя MVM, оснащенного электронной системой взвешивания.

Фирма Trioliet (Нидерланды) выпускает роботизированную систему кормления коров Triomatic. Для бесперебойной работы системы необходимо лишь поддерживать требуемый запас кормов – все остальные операции выполняются автоматически в соответствии с заданной программой кормления животных.

Система состоит из кормозаготовительного отделения и подвешенного робота-кормораздатчика, перемещающегося по монорельсу. В кормозаготовительном отделении установлены отсеки для накопления и хранения исходных компонентов кормосмеси (на несколько дней) в различном виде (тюки, рулоны и др.). Днище каждого отсека выполнено в виде транспортера, перемещающего размещенный на нем корм к передней торцевой части отделения, над которой установлена подвижная режущая система, производящая выемку заданного количества корма из указанного отсека.

Отобранные компоненты кормосмеси подаются транспортером в бункер робота-кормораздатчика. Корма поступают в бункер дозировано, в соответствии с запрограммированным рецептом, благодаря наличию в работе электронной системы взвешивания. Кормосмесь готовится с помощью устройства для измельчения и смешивания, состоящего из двух шнеков.

Вся работа системы кормления управляется компьютером с помощью специально разработанной программы, которая позволяет выбирать рационы, время и периодичность кормления по группам животных и др.

Усовершенствованная модель системы Triomatic, помимо кормления коров, может разбрасывать солому на подстилку в боксах для отдыха животных или клетках для их группового содержания.

В последнее время получили распространение роботы для приготовления кормосмесей и раздачи кормов, движение которых осуществляется посредством не монорельса, а автомобильного шасси. Примером тому является разработанный фирмой Schuitemaker Machines B. V (Нидерланды) робот-кормосмеситель-кормораздатчик Innovado [42].

Все рабочие органы робота размещены на шасси, которое имеет четыре колеса с полным приводом и возможностью управления направлением движения каждого колеса в отдельности. Привод осуществляется от электродвигателя с аккумуляторной батареей.

Система управления робота обеспечивает выполнение в автоматическом режиме всех технологических операций выемки, приготовления и раздачи кормосмесей, а также перемещение робота по заданному маршруту, который задается с помощью специальных индукционных датчиков, размещенных под поверхностью дорожного полотна. При этом перемещение робота в заданном направлении осуществляется с помощью гироскопа.

Безопасная эксплуатация робота обеспечивается благодаря установленному на нем лазеру, который сканирует близлежащее пространство на предмет присутствия людей, животных и других объектов. Если они встречаются на пути движения робота, то он немедленно останавливается.

Программное обеспечение системы управления позволяет роботу осуществлять забор кормов из нескольких хранилищ, обслуживая при этом различные группы животных в разных помещениях

и приготавливая им соответствующие каждой из групп рецепты кормосмесей.

Фирма Lely разработала автоматическую систему кормления коров, включающую кормовую кухню и робота для смешивания и подачи корма Vector [105]. Исходные корма нескольких видов, приготовленные на кормовой кухне, передаются устройством захвата роботу, который их смешивает и подает смешанный рацион в нужное место кормовой аллеи коровника. Основные конструктивные элементы робота (рис. 2.67):

- вертикальный перемешивающий шнек (контрнож позволяет перемешивать сено, а также другие виды корма);
- антенна (служит для беспроводной связи между компонентами системы кормления);
- распределитель (распределяет корм вдоль кормового стола; количество корма определяется скоростью движения);
- тензодатчик (составляет правильную порцию и определяет правильное количество корма для дозирования);
- ультразвуковой датчик (обеспечивает следование робота вдоль кормового стола на заранее заданном расстоянии);
- аварийная остановка и кнопка паузы (служат для немедленной остановки или выключения системы в случае необходимости);
- бампер (гарантирует немедленную остановку системы в случае столкновения с препятствием);
- адаптер (обеспечивает соединение с зарядной станцией);
- датчик высоты слоя корма (измеряет количество корма на кормовом столе и определяет, где и когда требуется добавить свежий корм).

На молочных фермах с беспривязным содержанием животных раздача грубых кормов или кормосмесей осуществляется на кормовой стол, преимущества которого перед кормушкой заключаются в удобстве обслуживания и более низких затратах труда на его очистку от остатков корма. Вместе с тем из-за поведенческого стереотипа выборочного поедания корма коровами вскоре после начала кормления часть корма оказывается вне зоны их досягаемости. Поэтому приходится сдвигать корм ближе к кормовой решетке, что обычно делается несколько раз в сутки. Выполнение этой операции вручную требует значительных трудовых затрат. Поэтому для сдвигания корма в зону досягаемости его животными производится соответствующее робототехническое оборудование.



Рис. 2.67. Роботизированная система смешивания и подачи корма Vector

Пример тому – роботизированная установка для сдвигания корма Butler фирмы Wasserbauer (Австрия) [42]. Рабочий орган установки выполнен в виде поперечного вертикального конвейера, привод которого осуществляется от электродвигателя. Установка перемещается 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.

Еще один подобный пример – роботизированный подравниватель кормов Juno фирмы Lely [42]. Робот представляет собой самоходное устройство, размещенное на колесах. Робот автоматически перемещается по кормовому проходу, следуя вдоль ограждения у кормового стола. Во время движения он пододвигает корм к ограждению, не причиняя беспокойства коровам (рис. 2.68). Сдвигание корма в зону досягаемости его животными осуществляется путем вращения рабочего органа цилиндрической формы с приводом от электродвигателя, роль которого выполняет наружный кожух корпуса робота.

На основании анализа информации, поступающей от гироскопа, установленного в корпусе робота, бортовой компьютер определяет направление движения робота. Пройденное им расстояние вычисляется по результатам обработки информации, получаемой от размещенных на приводных колесах датчиков, которые подсчитывают число оборотов колес. Расстояние робота от кормовой решетки по мере его продвижения по кормовому проходу постоянно контролируется ультразвуковым датчиком.



Рис. 2.68. Подравнивание кормов в коровнике с помощью робота Juno

Маршрут движения робота задается вручную путем программирования бортового компьютера. На маршруте движения робота размещается станция для подзарядки аккумулятора, путь к которой также программируется. Для обозначения направления движения по выбранному маршруту в начале и конце пути робота размещаются маркеры в виде металлических планок.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства разработан роботизированный кормосмеситель-кормораздатчик для работы на молочных фермах [107]. Основное его преимущество – полная автономность. Для обеспечения бесперебойной работы кормораздатчика при отсутствии контроля со стороны оператора мобильному модулю необходим алгоритм самостоятельного принятия решений при возникновении препятствий на пути следования и прочих нестандартных ситуациях. Задачи навигации предложено решать с помощью нечеткого контроллера.

В нечеткой логике используются 6 лингвистических переменных, выбранных в соответствии с общими представлениями человека о том, как пройти из точки А в точку Б, миновав препятствие:

1. «Расстояние до препятствия» («Близко», «Далеко»)
2. «Положение препятствия» («Спереди», «Слева», «Справа», «Сзади слева», «Сзади справа»)
3. «Расстояние до финиша» («Близко», «Далеко»)
4. «Положение финиша» («Спереди», «Слева»)
5. «Скорость» («Быстро», «Стоять», «Назад»)
6. «Угловая скорость» («Поворачивать налево», «Поворачивать направо», «Не поворачивать»).

Для более высокого интеллектуального уровня поведения робота лучше использовать сложные правила, состоящие из трех или четырех условий. Для решения этой задачи было составлено 45 правил. Так, если препятствие далеко (дальше 2-х метров), то робот движется с максимальной скоростью. Если препятствие перед роботом, а расстояние до него меньше 2-х метров, то робот начинает снижать скорость. Если препятствие непосредственно перед роботом, он остановится совсем. При этом если препятствие далеко сбоку, то робот проедет быстро, а если близко сбоку, то робот также снизит скорость, чтобы избежать столкновения.

Роботы-пастухи

Одним из эффективных способов снижения себестоимости молока за счет уменьшения издержек на корма является использование для кормления коров пастбищ. Однако выпас животных на обычном пастбище ведет к снижению эффективности использования кормовых ресурсов из-за вытаптывания и загрязнения

фекалиями определенной части угодий. В связи с этим для выпаса целесообразно применять так называемые «фронтальные» пастбища (в виде фронтальной полосы). Ограничение участка со свежей порцией растительного корма под скормливание его животным на таком пастбище проводится с использованием электроизгородей. Это позволяет значительно повысить эффективность использования кормовых ресурсов пастбища, однако при этом существенно увеличиваются затраты труда, так как перестановку электроизгороди на новый участок пастбища проводят вручную.

Для минимизации затрат ручного труда при выпасе коров на «фронтальном» пастбище фирма Lely разработала автоматическую пастбищную систему Voyager, представляющую собой своеобразную мобильную электроизгородь [42].

Система состоит из двух мобильных роботов, соединенных друг с другом токопроводящей проволокой (электроизгородью), которая ограничивает участок для выпаса животных. Перемещаясь в автоматическом режиме на определенные расстояния через установленные промежутки времени по обе продольные стороны «фронтального» пастбища, роботы всякий раз освобождают новый участок для скормливания его коровам (рис. 2.69). Катушка натяжения, находящаяся у одного из роботов, поддерживает проволоку в постоянном напряжении, позволяя роботам по необходимости сближаться и расходиться в их следовании по неровным границам. Оба робота сообщаются посредством беспроводной связи Bluetooth.



Рис. 2.69. Схема функционирования автоматической пастбищной системы Voyager

Роботы имеют автономное электропитание благодаря оснащению каждого робота солнечной панелью (рис. 2.60). Каждый робот

также оснащен: системой управления; следящим устройством для обеспечения движения робота параллельно направляющей продольной проволоки на определенном расстоянии от нее; шокowym устройством, удерживающим животных на определенном расстоянии от робота.

Режим движения роботов (расстояние и временные интервалы между перемещениями) программируется оператором в зависимости от размера стада, ширины «фронтального» пастбища и используемого кормового рациона. В частности, роботы могут быть запрограммированы на загон коров в стойло на дойку в установленное время суток.

Благодаря постоянному доступу животных к свежим порциям травы значительно уменьшается их конкуренция, поэтому стадо находится в спокойном состоянии, меньше подвергаясь стрессам, что способствует повышению продуктивности коров.



Рис. 2.70. Робот-пастух автоматической пастбищной системы Voyager

Роботы-дояры

Эффективность использования роботизированных систем для доения заключается не только в известных преимуществах роботизации, таких как исключение ручного труда, повышение интенсивности использования оборудования и др., но и в создании физиологически более благоприятных условий содержания скота [108, 109].

Доильные роботы начали разрабатываться в конце 70-х гг. Одним из первых их разработчиков была фирма Lely. Промышленное производство доильных роботов было впервые освоено фирмой Lely, которая и сегодня занимает лидирующие позиции в их создании. Одна из последних разработок фирмы – роботизированная доильная установка Astronaut A4 (рис. 2.71) [110].

Главная составная часть конструкции установки – доильный аппарат, который содержит центральный блок, подающий электропитание, воду, моющие и дезинфицирующие растворы, а также регулирующий подачу сжатого воздуха и вакуума, и два роботизированных блока, где происходит доение коров (непосредственно процесс доения осуществляется в доильном боксе роботизированного блока).

Порядок всей работы робота задается системой управления, которая оснащена программным обеспечением T4C, позволяющим отражать все данные о процессе доения каждой коровы на экране компьютера, для того, чтобы фермер мог своевременно принять правильное управленческое решение. Программа оснащена системой предупреждения, которая при необходимости оповещает фермера о сбоях в технологическом процессе и реализует функцию дистанционного управления работой доильного робота.



Рис. 2.71. Роботизированная доильная установка Astronaut A4

Процесс доения включает следующие основные стадии [111, 112]:

- 1) вход коровы в доильный бокс;
- 2) обнаружение и идентификация коровы;

- 4) подготовка к доению;
- 5) доение;
- 6) выход коровы из бокса.

Доильный бокс имеет конструктивное исполнение «I-flow», которое обеспечивает быстрый вход/выход коровы благодаря тому, что корова заходит в бокс и выходит из него поступательно, без поворотов (рис. 2.72). Это облегчает и ускоряет процесс приучения коровы к доению. Корова входит в бокс через входные ворота, которые открываются в тех случаях, когда роботизированный блок находится в состоянии эксплуатации, бокс является пустым и не инициирован процесс очистки.

Система обнаружения коровы фиксирует вхождение коровы в бокс, а также координаты местоположения и все перемещения коровы в боксе, для чего применяется 3D-камера. При этом предоставляется возможность свободного перемещения коровы в боксе вместе с рукой-манипулятором доильного аппарата, что обеспечивает удобное позиционирование в доильном боксе животных разного размера.



Рис. 2.72. Доильный бокс робота Astronaut A4

После того как корова оказалась в боксе, устройство считывания меток идентифицирует корову по метке, прикрепленной к ее шее, уху или ноге. После идентификации коровы робот определяет, нужно ли доить эту корову. Для этого проверяется интервал времени

между двумя доениями. Если этот интервал слишком короткий, то корова должна выйти из бокса.

Подготовительные операции к доению включают установку доильных стаканов и обработку вымени. Стаканы устанавливаются с помощью руки-манипулятора доильного аппарата, а вымя обрабатывается с помощью щеток, размещенных на манипуляторе (во время последующего доения щетки дезинфицируются).

Для размещения доильных стаканов точно под сосками манипулятор перемещается по горизонтали (вперед/назад и вбок) и по вертикали. Перемещение манипулятора происходит в два этапа. На первом этапе определяется положение вымени, для чего используется система обнаружения коровы, формирующая 3D-изображение животного. На втором этапе используется система обнаружения сосков, формирующая 3D-изображение вымени. Сначала манипулятор размещается таким образом, чтобы щетки могли очистить и предварительно помассировать соски. Затем манипулятор переходит в положение, необходимое для прикрепления доильных стаканов к соскам.

Доильные стаканы, прикрепленные к соскам, удерживаются на заданном месте посредством всасывания за счет вакуума, создаваемого в стаканах. Зазор между гильзой и вкладышем доильного стакана обеспечивается попеременно за счет вакуума (вкладыш сжимается) и атмосферного давления (вкладыш разжимается). Когда вкладыш сжимается, молоко вытекает из соска и, наоборот, когда вкладыш разжимается, молоко не вытекает. Изменение давления стимулирует сосок и массирует его во время доения. Периодичность использования вакуума контролируется пульсаторами 4Effekt. Рабочий вакуум в молокопроводе позволяет молоку течь по молокопроводу, в то время как в выпускные отверстия у основания доильных стаканов поступает воздух.

Робот оснащен системой контроля молока MQS, которая расположена в манипуляторе, рядом с выменем. Эта система при каждом доении коровы определяет объем (выход) молока, время сдаивания первых струек молока, время доения и скорость молокоотдачи из каждой четверти вымени. Одновременно она контролирует качество молока (по заборам проб с каждой четверти вымени), а именно: цвет, проводимость и температуру молока, содержание в нем белка/жира и лактозы, а также определяет категорию молока,

в зависимости от количества соматических леток в молоке. Кроме того, система наделена функцией распознавания водянистого молока, наличие которого может быть признаком инфицирования бактериями E-coli, а также функцией распознавания мастита.

В начале процесса доения интегрированное в доильный аппарат устройство предварительного сдаивания собирает первое молоко и обеспечивает его утилизацию, не допуская попадание в молочную цистерну первых миллилитровых порций молока из каждого соска (отделение первых струек молока, содержащих наибольшее количество бактериальной микрофлоры, способствует продлению сыропригодности молока).

Благодаря системе MQS определяется нужный момент времени для снятия доильных стаканов при завершении доения, а также обеспечивается оптимальное функционирование пульсаторов 4Effekt. Если система выявляет низкокачественное молоко, то оно может быть автоматически отделено.

Доильные установки Astronaut оборудованы весовым помостом Gravitor. На нем расположены датчики веса, посредством которых вес коровы измеряется до и после доения. Вес коровы используется в качестве информации о состоянии коровы. Программа T4C учитывает постепенное увеличение веса животного по отношению к первоначальному весу, так что при зафиксированной потере веса фермер может своевременно предпринять необходимые меры.

После окончания доения доильные стаканы отсоединяются по отдельности от сосков, соски опрыскиваются, передние ворота бокса открываются, и корова выходит из бокса.

В боксе осуществляется позиционирование коровы путем автоматического перемещения находящейся перед ней кормушки с учетом индивидуальных размеров животного (ввод данных о размерах проводится однократно при первом доении). Для того чтобы обеспечить выход коровы из бокса кормушка убирается.

Роботизированные доильные установки, аналогичные установкам Astronaut фирмы Lely, производятся рядом фирм. При этом каждая фирма, как правило, вносит в конструкцию создаваемых роботов-дойеров свои инновационные технические решения.

Фирма Fullwood (Великобритания) выпускает робот Merlin, в котором для идентификации животных используются транспондеры, которые в сочетании с программой Crystal позволяют своевременно

выявлять животных, находящихся в состоянии половой охоты [42]. После распознавания коровы робот посредством программы определяет, следует ли доить ее или нет, исходя из того, что для выполнения дойки в вымени должно быть не нее 7 л молока.

Фирмы Insentec, Christensen и BouMatic (Франция) производят доильные роботы, имеющие общее концептуальное построение, которое заключается в следующем: манипулятор устанавливается не в доильном боксе, а за его пределами и может обслуживать как один бокс, так и два бокса, расположенных параллельно друг другу [42]. В последнем случае обеспечивается повышенная пропускная способность доильной установки.

Компания GEA Westfalia Surge (Германия) разработала многобоксовый доильный робот Mlone, который может содержать до пяти доильных боксов (рис. 2.73) [42]. Процесс подключения доильных стаканов в таком роботе состоит из трех последовательных действий: 1) позиционирование доильного модуля (каждый доильный бокс оснащен собственным доильным модулем); 2) определение месторасположения сосков вымени; 3) подключение стаканов к соскам. При этом позиционирование доильного модуля осуществляется с помощью манипулятора, который поочередно обслуживает все доильные боксы системы.



Рис. 2.73. Многобоксовый доильный робот Mlone

Стремление объединить преимущества роботизированного доения (точность операций, избавление от ручного труда) и быстроту обслуживания больших поголовий (одновременное доение большого количества животных) привело к созданию роботизированных роторных доильных установок – так называемых роботизированных «каруселей», где животные доятся одновременно большими группами, но при этом операции по обработке вымени проводятся роботами-манипуляторами, смонтированными на «карусели» [112].

Компания DeLaval (Швеция) разработала автоматизированную доильную установку типа «карусель» AMR (Automatic Milking Rotary) (рис. 2.74). Установка рассчитана на 24 места и оснащена пятью роботами. Она представляет собой набор стойл, расположенных по кругу под углом к центру, где установлены три поста с манипуляторами, осуществляющими доение. На первом посту, как только корова ступила на «карусель» и ридер считал ее идентификационный номер, проводится подготовка сосков к доению. Эту операцию выполняют последовательно два манипулятора: один обмывает вымя, стимулирует и сдаивает первые струйки молока из задних сосков, другой прodelывает то же самое с передними сосками. Затем к обоим манипуляторам попарно прикрепляются доильные стаканы: первую пару ставит один манипулятор, предварительно просканировав вымя, вторую – другой. По завершении доения, когда корова почти подъехала к выходу из «карусели», эстафету перенимает третий манипулятор: он обрабатывает соски после доения дезинфицирующим раствором.



Рис. 2.74. Роботизированная доильная «карусель» AMR

Подобная роботизированная доильная «карусель» DairyProQ предложена компанией GEA Farm Technologies (Германия) (рис. 2.75). Она отличается тем, что роботами-манипуляторами оснащены все доильные посты «карусели», так что на каждом посту отдельный манипулятор осуществляет все операции с выменем

(обработка сосков перед доением, прикрепление стаканов, дезинфекция после доения и др.) – подобно тому, как это делается как в индивидуальных боксах. Главное достоинство установки DairyProQ – высокая производительность: «карусель» может содержать от 16 до 80 мест для доения.



Рис. 2.75. Роботизированная «карусель» DairyProQ

Роботы-уборщики

Регулярная и полная уборка навоза из животноводческих помещений является необходимым условием получения высококачественной продукции животноводства, обеспечения требуемого микроклимата и санитарного состояния ферм, сохранения здоровья животных и обслуживающего персонала. Влага и навоз часто являются источником инфекций копыт. Коровы с заболеваниями копыт дают меньше молока, им труднее передвигаться, охота часто протекает у них без явных признаков. Кроме того, скопление влажного навоза на щелевом полу, особенно около стойл, является источником загрязнения, снижающего качество молока.

Удаление навоза из помещений фермы является довольно трудоемким процессом. В связи с этим рядом фирм разработаны различные по конструктивному исполнению роботизированные установки – роботы-уборщики, обеспечивающие качественную

и своевременную уборку навоза в коровниках и значительно сокращающие затраты труда.

Особенности конструкции навозоуборочных роботов зависят от их функционального назначения, т. е. от того, какие навозные проходы они должны очищать – со сплошными или щелевыми полами.

Для очистки навозных проходов со сплошными полами используются скреперные роботизированные установки, которые собирают навоз с их поверхности и транспортируют его к поперечному сборному навозному каналу.

Так, фирма Sermap Sa (торговая марка – MIRO, Франция) разработала навозоуборочный робот Scarabeo, предназначенный для уборки навоза из навозных проходов со сплошными полами (рис. 2.76) [32, 113].



Рис. 2.76. Навозоуборочный робот Scarabeo

Основными частями робота являются скрепер с регулируемыми боковыми лопастями, блок управления, зарядное устройство и направляющий профиль. Корпус скрепера установлен на колесах, приводимых в движение мотором-редуктором, питающимся от аккумуляторных батарей. При возврате в исходное положение скрепки на корпусе скрепера и боковых лопастях автоматически приподнимаются. Направление перемещения робота задается за счет взаимодействия направляющих профиля скрепера с желобом, выполненным в навозном проходе помещения. 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 автоматическом режиме с возможностью дистанционного управления рабочим процессом. Безопасная эксплуатация робота обеспечивается благодаря функции его остановки при столкновении с препятствием.

При уборке навоза из навозных проходов, оборудованных щелевыми полами, основными функциями роботов-уборщиков являются сбор и проталкивание навозной массы через щели в подпольное пространство, где она накапливается или удаляется с помощью механических или гидравлических систем.

Так, фирма Lely разработала навозоуборочный робот Discovery предназначенный для уборки навоза из навозных проходов со щелевыми полами (рис. 2.77) [32].



Рис. 2.77. Навозоуборочный робот Discovery

Робот питается от аккумуляторной батареи и после каждого цикла уборки возвращается к зарядной станции, которая расположена в удобном месте коровника. Эта зарядная станция также служит отправной точкой каждого маршрута. Рабочий орган – скребок, закрепленный в нижней части корпуса робота, проталкивает навоз в отверстия щелевого пола. Для перемещения робота используется два колеса. Маршруты движения программируются с дистанционного пульта управления E-link по беспроводным каналам связи. Гибкость маршрутов дает возможность тщательно

убирать определенные части коровника (например, пространства за стойлами) в заданное время. Встроенный ультразвуковой датчик обеспечивает движение робота вдоль стен на заранее заданном расстоянии. Благодаря встроенному гироскопу робот может всегда определить свое местоположение. Специфический элемент конструкции робота – так называемое «кольцо» в его передней части – служит для предотвращения блокирования движения робота при его столкновении с препятствиями.

Навозоуборочные роботы также производятся другими фирмами, в частности, такими как Peter Prinzing (Германия), JOZ (Нидерланды), GEA Farm Technologies, DeLaval. Все эти роботы аналогичны по конструкции и функциональным возможностям рассмотренным выше роботам-уборщикам фирм Sermap Sa и Lely.

2.5.3. Интеллектуальные системы комплексного управления молочными фермами

Рядом фирм, к числу которых относятся крупнейшие производители автоматизированного оборудования для молочного производства Lely, GEA и DeLaval, разработаны и реализованы на практике инновационные подходы к комплексной интеллектуализации работы молочных ферм.

Ниже, в качестве примера, рассматриваются интеллектуальные системы комплексного управления молочными фермами, создаваемые компанией DeLaval [114].

Компания DeLaval предложила концепцию Smart Farming («Умная ферма»), суть которой заключается в том, чтобы предоставить владельцам современных молочных хозяйств технологии и средства автоматизации, оптимальным образом объединяющие продукты, знания и сервис с целью повышения качества молока, улучшения контроля над стадом, роста продуктивности животных и увеличения рентабельности производства.

Схема реализации концепции Smart Farming показана на рис. 2.78.

Система управления Smart Farming позволяет фермеру осуществлять контроль и управлять работой фермы, помогает в принятии решений.

Помощь в принятии решений оказывают мобильные беспроводные средства связи, с помощью которых фермер получает сигналы об аварийных ситуациях, регулирует работу с поставками, контролирует выполнение работ, контактирует с организациями, партнерами.

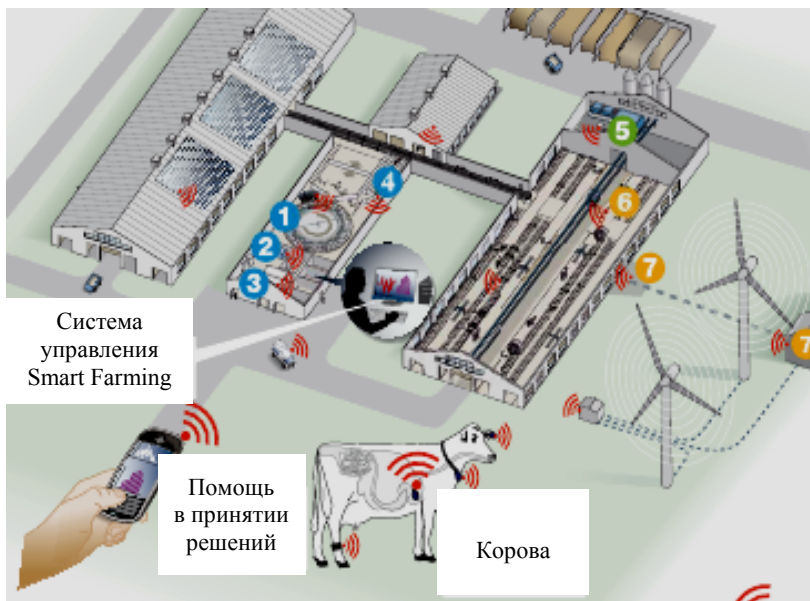


Рис. 2.78. Схема реализации концепции Smart Farming

Корова как объект контроля находится под постоянным наблюдением благодаря применению беспроводной системы контроля с датчиками идентификации, активности, положения и физиологического состояния.

Основные виды работ, выполняемые в рамках реализации концепции Smart Farming:

- доение коров – осуществляется с помощью доильной установки, обеспечивающей автоматическое добровольное доение коров или доение партий коров в случае большого поголовья скота 1;
- контроль молока, полученного от каждой коровы, а также определение некачественного молока с целью определения и предотвращения производственных и репродуктивных нарушений 2;

– контроль процесса охлаждения молока, а также автоматическая промывка с целью сохранения высоких качеств молока 3;

– сортировка коров – оптимальная организация движения стада, которая осуществляется автоматически в зависимости от необходимого проведения мероприятий с животными 4;

– кормление – оптимизация кормления за счет автоматического составления рациона; автоматической раздачи кормов; анализа кормов в режиме реального времени 5;

– содержание коров – создание оптимальных условий содержания коров за счет автоматической вентиляции, которая реагирует на изменения погоды и климата, а также автоматического контроля освещения 6;

– очистка коровника от навоза – автоматический сбор навоза и его дальнейшая переработка для производства энергии 7.

Компания DeLaval предлагает два типа систем управления фермой: ALPRO – для любых доильных залов и роторных систем и DelPro – для роботов-дояров и коровников с привязным содержанием животных.

Система DeLaval ALPRO

Система управления фермой ALPRO упрощает повседневное управление молочной фермой, анализирует текущую работу фермы и предоставляет информацию для долгосрочного планирования.

Система ALPRO ежедневно в течение всех суток автоматически получает от подключенного к ней оборудования точные данные о каждом животном стада, объединяет и анализирует эти данные с помощью программы управления фермой, выдавая информацию, необходимую для принятия решений.

Программное приложение ALPRO для Windows выполняет обработку информации. Рабочая база данных содержит полные сведения о доении, кормлении, разведении и здоровье коров, а также архивные данные по отдельным коровам, стаду и ферме в целом. Программа позволяет получать наглядные отчеты с представлением информации в графическом виде, списки технологических заданий.

Система ALPRO обеспечивает управление молочной фермой по следующим основным направлениям: доение, кормление, воспроизводство и здоровье стада. Ключом к управлению стадом является

автоматическая идентификация животных, позволяющая управлять индивидуально каждой коровой даже в большом стаде.

Система ALPRO-Доение предоставляет информацию, необходимую для оптимизации процесса доения, – от управления доильным местом и контроля надоев до проверки соблюдения процедуры доения.

Контроллеры доильных мест MPC580 и MPC680 и доильное место MP780 предоставляют данные о состоянии здоровья и продуктивности по каждой корове, передают понятные сообщения и сигналы тревоги. Автоматическая регистрация данных сводит к минимуму необходимость ручного ввода, а возможность дистанционного управления с кнопочного пульта и функция Comfort Start снижают нагрузку на оператора доения.

Контроллер отображает номер коровы, время доения и надой, а также дополнительно он информирует оператора, требуется ли корове особое внимание. Контроллеры MPC680 и MPC780 выдают больше информации и сообщений, чем контроллер MPC580, который ориентирован в основном на управление доением. Система сигнализирует оператору о потенциальных проблемах со здоровьем коровы – низком надое, наличии крови в молоке, изменении проводимости молока, снижении аппетита коровы, а также о приходе коровы в охоту. Эти и другие параметры немедленно регистрируются в системе и выводятся на дисплей контроллера доильного места. Для дальнейшей оценки эти коровы могут быть отсечены на выходе из доильного зала.

Устройства автоматического снятия подвесной части доильного аппарата с вымени животного экономят время, снижают трудозатраты и улучшают организацию труда в доильном зале.

Программа ALPRO для Windows отслеживает соблюдение процедуры доения каждым оператором, измеряет результаты доения и предоставляет отчет в виде графика с указанием сессии и времени доения.

Система управления доением в зависимости от потока молока DuoVas, которая предусматривает стимуляцию вымени для повышения эффективности доения, обеспечивает бережное доение с защитой от передаивания животных, помогает поддерживать соски в хорошем состоянии.

Взвешивающий счетчик молока MM15 регистрирует надои от каждой коровы и передает в систему ALPRO точные данные для их дальнейшей обработки. Усовершенствованная модель счетчика молока MM27BC способна также обнаруживать наличие крови в молоке, изменения электропроводности молока и подсосы воздуха (рис. 2.79).



Рис. 2.79. Счетчики молока MM27BC

Полученные данные о надоях можно использовать для оценки и оптимизации рационов отдельных коров или групп животных, расчета фактических кривых лактации и выявления потенциальных проблем со здоровьем. Эти сведения пригодятся для группировки коров в соответствии с продуктивностью и будут способствовать снижению уровня вынужденной выбраковки.

При каждой дойке регистрируются надой, поток молока и продолжительность доения для каждой коровы. При снижении продуктивности на доильном месте загорается сигнальная лампа, что позволяет оператору немедленно идентифицировать проблемных коров. Также выдаются сигналы о соскальзывании сосковой резины, о наличии воздушных пробок, отчеты об эффективности доения в доильном зале, о работе оборудования и другие сведения.

Система ALPRO-Кормление оптимизирует рацион кормов для каждой коровы с учетом стадии лактации и уровня молочной продуктивности, помогая тем самым фермерам добиться максимальных надоев, снизить затраты на корма, повысить производи-

тельность труда и сократить потери. Система проводит мониторинг потребления корма с выдачей тревоги после 8, 24 и 72 часов; рассчитывает изменения рациона для кормовых столов; ведет учет изменения групп животных с проверкой режима кормления; готовит сведения о молочной продуктивности для стада, групп животных и индивидуально по животным, отчеты по низкопродуктивным коровам, контролирует отгрузку молока.

При кормлении животных индивидуальными концентрированными рационами система позволяет быстро выявлять снижение потребления. Она предупреждает о снижении потребления всего через восемь часов и затем выдает тревоги каждые 24 часа и за 3 дня. Система предоставляет данные о кормах для групп в целом, например, чтобы оценить эффект изменения рациона.

Система ALPRO может быть использована для кормления коров как в доильном зале, так и вне доильного зала.

При кормлении в доильном зале выдача индивидуальных рационов в доильном зале позволяет эффективно использовать время доения для индивидуальной корректировки кормления, особенно при пастбищном содержании животных, а также стимулировать коров ко входу в доильный зал роторного типа. На поедание концентрата во время доения выделяется мало времени, поэтому необходимо оптимизировать выдачу корма. Система кормления в доильном зале позволяет применять разные корма в зависимости от стадии лактации или уровня молочной продуктивности: высокопродуктивным коровам можно выдавать высокопитательный концентрат, а коровам в конце лактации во избежание перекармливания – сокращенный рацион.

Система кормления вне доильного зала позволяют корректировать рационы на протяжении всей лактации и достигать максимальной молочной продуктивности. Коровы получают концентрированные корма своего рациона частыми мелкими порциями из автоматических кормовых станций, установленных в коровнике. Благодаря этому достигается экономия на трудозатратах, исключается ненормированный рабочий день, выдаются уведомления в виде тревоги в случае, когда какое-либо животное отклоняется от своего нормального режима кормления.

Система ALPRO имеет ряд преимуществ при использовании для кормления телят. Чтобы телка выросла до высокопродуктивной

коровы, за ней нужен особый уход. Ошейник с транспондером позволяет вести учет каждого теленка, контролировать индивидуальную программу его кормления. Подключенные к системе станции выпойки телят автоматически выдают молоко или заменитель цельного молока при требуемой температуре. Молоко выдается мелкими порциями в течение всего дня, имитируя естественное кормление. Раздаваемые кормосмеси могут дополняться витаминами и кормовыми добавками для улучшения роста и укрепления здоровья телят. Система определяет подходящий момент отлучения теленка от молока и производит отлучение в мягком режиме. Если по какой-либо причине теленок не ест или не пьет, система выдает соответствующее сообщение.

Система ALPRO-Воспроизводство содержит данные о коровах, позволяющие определить оптимальное время для осеменения. Это упрощает работу по воспроизводству, поскольку точно выбранное время осеменения повышает вероятность оплодотворения, снижает затраты на воспроизводство и увеличивает валовое производство молока и рентабельность фермы. Система формирует списки разведения, готовит отчеты по воспроизводству (неоплодотворенные коровы), о случаях аборт, о сухостойных коровах, об ожидаемых датах отела, о коровах, требующих проверки на стельность, о нарушениях репродуктивных функций (репродуктивные проблемы).

Сокращение цикла разведения позволяет быстрее вернуть коров к максимальной лактации. Отслеживая массу тела, активность и другие данные о коровах, система позволяет определить наступление охоты для более успешного осеменения. Кроме того, внося в базу данных сведения о телятах непосредственно при рождении, можно сразу начинать планировать следующий цикл разведения.

Зная динамику веса каждой отдельной коровы и стада в целом, можно использовать эту информацию наряду с другими данными для получения более полного представления об уровне молочного производств. Система ALPRO, осуществляя ежедневный мониторинг веса животного в межсервисный период, позволяет увидеть динамику привеса, свидетельствующую о возможном восстановлении положительного баланса энергии, необходимого для успешного осеменения.

Система ALPRO отслеживает активность и репродуктивный статус каждой коровы с помощью датчика активности, закрепленного на ошейнике животного. Данные об активности передаются и отображаются на экране в удобном для чтения формате. Система отмечает повышенную активность, свидетельствующую об охоте, и пониженную активность, являющуюся предупреждением о возможном ухудшении здоровья.

Используя данные датчика, система ALPRO помогает обнаруживать «скрытую» охоту, а также охоту у нетелей. Система содержит интеллектуальный фильтр для анализа данных, позволяющий выявлять коров, требующих особого внимания. Она отправляет сигналы о повышенной активности на контроллер доильного места и формирует списки и графики, показывающие ожидаемое оптимальное время оплодотворения каждой коровы для планирования программы разведения.

Как только система обнаруживает, что корова приходит в состояние охоты, она отмечает ее для осеменения. Соответствующая отметка отображается на экране системы, а также на контроллере доильного места, когда корова входит в доильный зал для доения. При этом фермер с помощью карманного компьютера может быстро и точно регистрировать моменты осеменения.

Система ALPRO может анализировать большой набор данных для отслеживания эффективности разведения, включая интервал между отелами, коэффициент оплодотворения и коэффициент обнаружения охоты. Такой анализ предоставляет фермеру необходимую информацию для анализа и оптимизации программы разведения с целью достижения максимальной финансовой эффективности.

Система ALPRO-Здоровье стада отслеживает и анализирует ключевые индикаторы, давая четкую картину о состоянии здоровья каждого животного и информируя о потенциальных проблемах для ранней диагностики и лечения заболеваний. Система готовит сводки событий и сводки заболеваний; предоставляет отчеты ветеринара, сведения о предполагаемых проблемах после отела, о проверке здоровья, о статусе коровы, о лечении, об активности и весе коров, о содержании крови в молоке и об электропроводности молока.

Любое уменьшение активности животных, сопровождающееся падением производства молока, потребления кормов и уменьшения веса, может быть первым свидетельством проблем со здоровьем.

Система ALPRO выдает предупреждения о проблемах со здоровьем или сигналы о низкой активности, благодаря чему можно пометить корову для сортировки посредством контроллера доильного места и автоматических сортировочных ворот, либо отсортировать ее вручную.

Важным признаком проблем со здоровьем у первотелок является величина надоев. Падение надоя обычно является первым признаком мастита, проблем с обменом веществ и других нарушений. Система ALPRO контролирует надои и автоматически выдает сигнал об их падении свыше установленной вами величины.

Улучшению качества молока способствует контроль здоровья вымени. Используя счетчик соматических клеток, можно отслеживать их количество у каждой коровы и в танке-охладителе в целом. Благодаря этому становится возможным идентифицировать, лечить и контролировать коров с маститом; проверять всех коров перед переводом на сухостой и при необходимости проводить лечение; следить за состоянием первотелок; выполнять проверку коров при покупке или продаже во избежание распространения мастита.

В систему ALPRO интегрированы проходные весы AWS100 для взвешивания коров. Сопоставляя данные о весе, надоях и фазе лактации, система позволяет сформировать нормальную кривую веса для каждой коровы и сигнализировать о возможных отклонениях.

Система ALPRO позволяет регистрировать любые заболевания, их лечение и длительность, анализировать динамику состояния каждой коровы и стада в целом.

Система DeLaval DelPro

Система управления фермой DelPro предназначена для ферм, оборудованных роботизированными доильными установками VMS, а также ферм с привязным содержанием животных.

Автоматика системы DelPro обеспечивает управление производством молока, анализ эффективности кормления и корректировку рационов в зависимости от надоев, точное кормление при помощи кормовагонов или кормостанций, контроль состояния здоровья коров и успешное воспроизводство.

Важнейшим компонентом системы DelPro является программное обеспечение, которое реализует интеллектуальные функции для интегрированного управления молочной фермой. Беспроводная

двусторонняя связь с доильными аппаратами позволяет автоматизировать получение информации в режиме реального времени для быстрого и точного составления отчетов и напоминания событий по животным, составление технологических заданий специалистам фермы, принятия соответствующих решений.

Входящие в состав системы DelPro доильные аппараты и оборудование для кормления в коровнике обмениваются автоматически по каналам беспроводной связи в режиме реального времени данными между собой, а также с компьютером с программным обеспечением DelPro, в котором получаемые данные собираются и анализируются.

Доильная установка VMS (рис. 2.80) имеет ряд новшеств, направленных на совершенствование операций подготовки к доению и контроля качества молока в процессе доения.



Рис. 2.80. Доильный робот VMS

Она оснащена манипулятором с гидравлическим приводом, обладающим более высокой надежностью и более простым техническим обслуживанием по сравнению с манипуляторами, в которых используется пневматический привод. Данный манипулятор рассчитан на работу в диапазоне движений человеческой руки, что позволяет ему легко обслуживать коров, у которых имеют место отклонения уровня расположения и формы вымени, а также формы сосков от стандартных требований. Он выполняет подготовку сосков к доению, подсоединяет к ним доильные стаканы, выравнивает молочные шланги и обрабатывает соски после доения. Каждый

сосок перед доением очищается теплой водой, стимулируется и сушится, одновременно сдаиваются первые струйки молока. Тщательное ополаскивание доильных стаканов перед доением каждой коровы и обработка сосков дезинфицирующим раствором после доения позволяют поддерживать на высоком уровне гигиену коров.

В роботе используется система визуализации сосков, которая имеет оптическую камеру, сопряженную с двумя лазерами. Такая система способствует повышению скорости и точности поиска сосков и, как следствие, более быстрому и надежному подсоединению к ним доильных стаканов. Специальное программное обеспечение позволяет выбирать подходящую схему поиска сосков для каждого животного, что важно при доении коров со сложной формой вымени.

В процессе доения уровень надоя, скорость молокоотдачи, продолжительность доения, электропроводность молока и содержание в нем крови контролируются четырьмя оптическими счетчиками молока (по одному на каждую четверть). Кроме того, контролируется содержание соматических клеток в молоке. Непригодное молоко автоматически сливается в отдельную емкость, а управляющее программное обеспечение регистрирует соответствующие данные о качестве молока каждой коровы.

Для обеспечения высоких гигиенических условий доения в установку интегрирован навозный лоток, который автоматически удаляет навоз и мочу из зоны доения, благодаря чему коровы во время доения всякий раз стоят на чистом полу.

При осуществлении управления доением в коровниках с привязным содержанием животных используется переносной автоматический доильный аппарат MU480, снабженный устройством идентификации коров. Как только аппарат идентифицирует корову, он сразу же уведомляет оператора о наличии тех или иных проблем в отношении животного во время подготовки к доению. Сведения о доении также отправляются оператору. Наибольшее значение имеют сведения о повседневных надоях молока, поскольку являются одним из самых важных факторов, влияющих на управление стадом, и служат для расчета и оценки рациона кормления, своевременного выявления потенциальных проблем со здоровьем, расчета фактической кривой лактации, оценки долгосрочного

производства молока для отдельных коров, планирования размножения и выбраковки, выявления коров в охоте.

Для управления кормлением в системе DelPro используются автоматизированные подвесные кормовагоны, которые предназначены для многократной круглосуточной раздачи как грубых кормов, так и концентратов. Кормовые рационы рассчитываются автоматически. Точность кормления обеспечивается информацией, получаемой из каждого цикла доения, так что можно корректировать требования в отношении кормления для каждой коровы. Данные по удоям от счетчика молока вместе с информацией о содержании жира и белка в отдельных пробах молока могут быть собраны, проанализированы и использованы при составлении рациона каждой коровы.

С целью повышения продуктивности стада система DelPro отслеживает, когда каждая корова должна быть готова к осеменению, и напоминает о необходимости осмотреть животное для выявления охоты, что позволяет подобрать оптимальное время для осеменения.

Система DelPro помогает сформировать полную картину состояния здоровья вашего стада, представляя соответствующую информацию по каждому животному. Сведения о состоянии здоровья животных открываются в удобном для чтения отдельном окне компьютера.

Интегрированный в систему DelPro модуль посещений ветеринара обеспечивает возможность подготовки плановых визитов ветеринара, включая своевременную отправку приглашений. Система генерирует распечатку полного набора сведений о животном для справки при ветеринарном осмотре. Модуль обеспечивает быструю и точную запись результатов ветеринарной проверки.

2.6. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СВИНОФЕРМЫ

В последние годы технический уровень свиноводческого оборудования определяется степенью автоматизации, которая охватывает основные технологические процессы на свинофермах, такие как создание и поддержание микроклимата, кормление животных. Благодаря этому производство продукции на свинофермах может

быть в полной мере отнесено к интеллектуальному, обеспечивающему не только сокращение доли ручного труда, но и принятие управленческих решений, на основе собираемых и обрабатываемых данных.

Фирмой Insentec BV (Нидерланды) предлагаются установки Compufeeder, предназначенные для кормления свиней (рис. 2.81) [115]. Конструкция установок позволяет осуществлять идентификацию свиноматок, находящихся в группах, и добровольный проход животных к месту кормления, расположенному в изолированном боксе. Корм сухой (в рассыпанном или гранулированном виде) или жидкий выдается небольшими порциями и массой 100–150 г.

Установки оборудованы встроенными электронными весами, с помощью которых по результатам взвешивания свиней определяются оптимальный рацион и нормы выдачи, а также производится сортировка животных с целью сохранения выровненных по массе групп. Кроме того, предусмотрено устройство для диагностики (определяется температура тела животного) и профилактики заболеваний (через вакцинацию, проводимую с помощью добавления различных медикаментов как в воду, так и в кормосмесь).



Рис. 2.81. Установка для кормления свиней Compufeeder

2.7. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПТИЦЕФЕРМЫ

Птицефермы занимаются выращиванием птицы для обеспечения населения пищевыми яйцами и птичьим мясом. Пищевые яйца получают в основном от кур яичных пород. Главным источником получения мяса птицы является выращивание бройлеров. Для получения птичьего мяса также разводят мясные породы кур, уток, гусей, индеек и др. Для содержания и разведения птиц, прежде всего кур-несушек, широко используются клеточные батареи. Они состоят из клеток, установленных на многоярусном каркасе, а также содержат технологические модули для привода конвейерных лент и приспособлений для очистки помета и выгрузки птицы.

На современных птицефермах все основные технологические процессы автоматизированы. В последние годы в птицеводстве все большее распространение получают роботы, а также интеллектуальные системы управления [116, 117].

Для вывода цыплят, утят и другой птицы применяются полностью автоматизированные инкубаторы, где автоматически поддерживаются постоянная температура и влажность воздуха, а яйца через определенные промежутки времени специальным механизмом переворачиваются с боку на бок.

Птичники оснащаются автоматическими установками искусственного освещения, которые продлевают световой день. Дополнительное освещение включается осенью и зимой до рассвета, днем при пасмурной погоде и вечером, когда естественного освещения не хватает.

Развитие автоматизации в птицеводстве привело к созданию птицефабрик-автоматов, на которых осуществляется комплексная автоматизация управления технологическими процессами с помощью программно-аппаратных средств, включая процессы обеспечения требуемого микроклимата в производственных помещениях, процессы кормления и поения птиц, уборки помета и др.

Для управления микроклиматом в птичниках используется система автоматического управления компании Rotem Control & Management (Израиль) [116]. Система обеспечивает программируемое включение и отключение вентиляции. В частности, программа «Точная вентиляция» позволяет установить точный желаемый воздухообмен в птичнике при минимальной вентиляции,

тем самым уменьшая расход электроэнергии, увеличивая срок службы вентиляционного оборудования и обеспечивая требуемые параметры среды в птичнике. Система включает контроллер с необходимыми силовыми элементами для управления исполнительными механизмами, а также датчики температуры, влажности, давления, CO₂ и т. д.

Автоматизированное оборудование для содержания кур-несушек производится компанией Теспо (Италия) [116]. Кормораздача осуществляется с помощью передвижного бункера, который оборудован дозатором корма, что обеспечивает равномерное распределение корма по всей длине кормового желоба. Поение осуществляется с помощью подвесной линии поения, в которой можно регулировать давление подаваемой воды.

В последние годы увеличилось количество хозяйств, разводящих уток. Как следствие, вырос спрос на оборудование для инкубирования утиных яиц. С целью удовлетворения потребностей на рынке в инкубаторах для утиных яиц, компания XINGYI Electronic Equipment (Китай) запустила в производство интеллектуальные одноступенчатые инкубаторы [118]. Основные параметры процесса инкубирования, такие как температура, влажность и газовый состав воздуха в помещении, могут быть настроены с помощью системы компьютерного управления инкубатором. В инкубатор встроен увлажняющий спрей, что позволяет оперативно управлять влажностью. Также инкубатор оборудован регулируемой системой водяного охлаждения, что позволяет адаптировать его к любой рабочей среде.

В современном птицеводстве роботы выполняют различные функции: кормление птиц; транспортировка, обработка и упаковка яйца; управление микроклиматом. При производстве куриного мяса роботы обеспечивают автоматическую передачу туш и обнаружение дефектных туш [119].

Примером роботизированного процесса в производстве яиц является сбор и транспортировка яиц в упаковочные помещения с помощью конвейерных лент, которые исключают необходимость использования для этого ручного труда (рис. 2.82). Это особенно актуально в современных птицефермах с многоуровневыми клетками, поскольку сбор яиц с помощью конвейерных лент исключает

риски, связанные с ручным сбором яиц на высоте, а также при низких уровнях освещенности.



Рис. 2.82. Роботизированная шестиуровневая установка с лифтовой системой для сбора яиц

В традиционном птицеводстве многие производственные процессы являются низкоинтенсивными, а их реализация требует от птицеводов выполнения повторяющихся и вызывающих напряжение действий, например, кормление и проверка состояния здоровья птиц, сбор яиц и уборка помета. Некоторые виды работ также связаны с поднятием тяжестей. Механизация существенно облегчает труд. Кроме того, ряд производственных процессов может быть полностью автоматизирован.

Например, в современном производстве яиц полностью автоматизируются процессы кормления птиц, удаления помета, а также сбора, подсчета, сортировки и упаковки яиц. В производстве бройлеров цыплят можно автоматически переводить из инкубатора в бройлерный сектор, рост птицы можно контролировать с помощью автоматических весовых платформ. Данные взвешивания учитываются при совершенствовании процесса кормления птиц. Робототехника применяется для управления микроклиматом

в помещениях птицеферм. Полностью автоматизированные технологические системы управляются с помощью компьютера, который отслеживает показания датчиков температуры, влажности, концентрации газов и т. д.

Роботы могут быть как полуавтоматическими, так и полностью автоматическими. Примером полуавтоматической системы является система сбора яиц с помощью ленточного конвейера. Система хотя и может автоматически подсчитать количество яиц, проходящих определенных места при движении на конвейере, но она не в состоянии сама принимать решения о том, как она должна работать в тех или иных проблемных ситуациях, связанных со сбором яиц. Поэтому при возникновении таких ситуаций оператор должен брать их под свой контроль и принимать соответствующие меры.

В свою очередь, полностью автоматическая система сбора яиц обладает автономией в принятии решений. Она снабжена датчиками, которые контролируют вес яиц в определенных местах и передают соответствующие данные в компьютерную систему управления робота, который запрограммирована так, чтобы оценивать количество яиц в зависимости от веса. Если количество яиц возрастает, так что возникает риск того, что дополнительные яйца, добавленные в общую кучу, могут растрескаться, снижая, таким образом, качество или количество продукции. Робот запрограммирован так, что способен реагировать на увеличение веса яиц путем перераспределения их на конвейере, чтобы предотвращать их скапывание в чрезмерно большие кучи.

Наиболее перспективные робототехнические системы включают элементы искусственного интеллекта, используя возможности компьютерного зрения (рис. 2.83). Так, одна или несколько камер передают цифровые изображения яиц на конвейере компьютеру робота, который обрабатывает полученную информацию, чтобы использовать ее при принятии решений. Благодаря этому обеспечивается возможность предотвращать блокировки яиц на конвейере. Подобным образом, используя возможности компьютерного зрения, можно подсчитывать кур в клетках.

Для определения биологических параметров птиц можно весьма эффективно использовать технологии дистанционного зондирования. Соответствующие данные передаются в компьютерную систему управления, которая анализирует их и выдает требования

по совершенствованию процесса кормления или микроклимата с целью повышения производительности птиц.



Рис. 2.83. Система компьютерного зрения для контроля яиц во избежание их возможных блокировок при движении на конвейере

Робот-штаблер Cobot фирмы Jansen Poultry Equipment (Нидерланды) для загрузки яиц в лотки (для последующей отправки потребителям) гарантирует точное размещение лотков в контейнерах и на паллетах (рис. 2.84) [120]. Полностью автоматическое управление осуществляется при помощи сенсорного экрана.

В Технологическом институте Джорджии (США) разработана роботизированная установка для разделки курицы (рис. 2.85) [121]. Робот визуально (с помощью 3D-камеры) ищет фиксированные точки на курице и использует их как часть алгоритма, который оценивает внутреннее строение курицы и определяет, где нужно делать разрезы. Для максимизации количества отделенного мяса используются два манипулятора: один манипулятор (с шестью степенями подвижности) держит птицу, другой (с двумя степенями подвижности) – режет ее. Таким образом, два синхронно действующих манипулятора позволяют роботу правильно расположить курицу и сделать необходимые разрезы. Робот оснащен системой обратной связи, которая сообщает роботу, когда он встречает сопротивление, например, кость или сухожилие. Если сопротивление жесткое, то это воспринимается роботом как кость и учитывается

в траектории режущего инструмента. Если же сопротивление растет постепенно, то алгоритм робота подсказывает, что это сухожилия или связки.



Рис. 2.84. Робот-штаблер Cobot для загрузки яиц в лотки

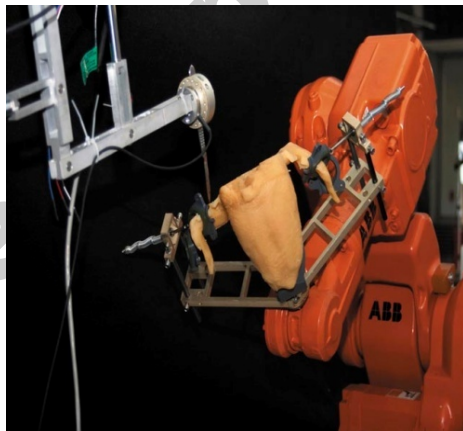


Рис. 2.85. Робот для разделки курицы

Фирмой «Дэйтамикро» (Россия) разработан масштабируемый комплекс автоматизации и управления scalaPACS (scalable Poultry-farm Automation & Control System), предназначенный для комплексной

автоматизации птицефермы с целью обеспечения требуемых условий содержания различных технологических групп поголовья на всех фазах выращивания птицы [122].

Комплекс обеспечивает: поддержание требуемого микроклимата и светового режима в производственных помещениях; нормативный прирост птицы за счет дозирования кормления и оптимального соотношения количеств потребляемых воды и корма; контроль всех производственных параметров.

В рамках комплекса все здания (структурные подразделения) птицефермы, задействованные в технологическом процессе содержания птицы, объединены в единое информационное пространство посредством локальных сетей Ethernet или CAN (Controller Area Network – сеть контроллеров; стандарт промышленной сети, ориентированный на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков).

Комплекс базируется на распределенной многоуровневой управляющей сетевой платформе DDCNP, основной образующей сетью которой является CAN-шина (система цифровой связи устройств автоматики, датчиков и исполнительных механизмов, позволяющая собирать данные от всех устройств, обмениваться информацией между ними и управлять ими в соответствии со стандартом CAN).

Функционирование комплекса обеспечивается набором программно-аппаратных средств. Управление и мониторинг состояния комплекса осуществляется единым интегрированным набором программного обеспечения. Контроль комплекса может осуществляться с различных автоматизированных рабочих мест с разграничением зон контроля (например, набор птичников) и прав на выполнения тех или иных действий.

Система управления микроклиматом обеспечивает:

- автоматическое поддержание параметров микроклимата (температура, влажность, загазованность воздуха);
- возможность программирования посуточных параметров микроклимата на полный цикл выращивания птицы;
- автоматический воздухообмен с учетом температуры наружного воздуха и концентрации вредных газов внутри помещения;
- возможность программирования параметров воздухообмена на полный цикл выращивания птицы;

- плавное управление вентиляторами;
- контроль параметров микроклимата посредством датчиков.

Система управления хранением, подачи и додачи корма обеспечивает:

- отслеживание степени текущего заполнения внешнего бункера, хранение корма и контроль состояния загрузочного люка;
- выдачу предупреждающего сигнала о необходимости пополнения внешнего бункера хранения;
- автоматическую транспортировку корма из внешнего бункера, хранения в весовой бункер посредством шнекового транспортера;
- взвешивание необходимого для кормления количества корма;
- контроль переполнения весового бункера;
- автоматическую додачу корма из весового бункера в буферные бункеры линий кормления;
- возможность программирования посуточных режимов кормления на полный цикл выращивания птицы;
- возможность корректировки среднесуточной нормы кормления при отклонении среднего веса птицы от планового веса;
- автоматический учет расхода корма;
- взаимодействие с системой управления кормлением.

Система управления кормлением обеспечивает:

- автоматическое манипулирование лебедками линии кормления;
- автоматическое включение контуров кормления;
- возможность программирования посуточных режимов кормления на полный цикл выращивания для птицы;
- контроль переполнения и опустошения кормушек;
- взаимодействие с системой управления хранением, подачи и додачи корма.

Система управления поением обеспечивает:

- автоматическое манипулирование лебедками поения;
- возможность программирования посуточных режимов поения на полный цикл выращивания птицы;
- корректировка посуточных режимов поения в зависимости от температуры окружающего воздуха;
- автоматическое управление станцией водоподготовки;
- учет расхода воды;
- контроль температуры подаваемой воды.

Система управления внутренним и внешним освещением обеспечивает:

- автоматическое включение и выключение разных групп освещения;
- возможность программирования посуточных режимов освещения на полный цикл выращивания птицы;
- плавное регулирование освещения.

Все системы комплекса scalaPACS внутри одного птичника строятся на базе единой инфраструктуры сетей и устройств. Внутренние коммуникации состоят из трех CAN-сетей: одна проложена внутри служебного помещения (тамбура птичника), две – внутри служебного помещения (тамбура птичника), две другие – по левой и правой стороне помещения, в котором содержится птица. Объединение корпусов в общую сеть птицефермы осуществляется через CAN-сеть всей птицефермы.

На CAN-сети внутри птичника подключаются разнообразные устройства, обеспечивающие функционирование систем. Число и номенклатура подключаемых устройств зависит от набора требуемых систем, а также числа датчиков и исполнительных механизмов, установленных на птичнике. Расширение номенклатуры или числа систем/устройств не требует прокладки новых коммуникаций.

Все базовые системы комплекса имеют три общих устройства, расположенных в тамбуре каждого птичника:

- устройства управления освещением, обеспечивающие плавное регулирование светом птичника;
- графический пульт отображения и ввода параметров процесса с сенсорным экраном, который служит для отображения и корректировки текущих параметров функционирования птичника и оперативного управления;
- шлюз CAN-сети, обеспечивающий подключение/развязку птичника к/от CAN-сети всей птицефермы.

Кроме указанных трех общих устройств, установленных в каждом птичнике, и участвующих в циклах управления любой системы, в комплекс также входят:

- устройства управления приводами приточных жалюзи, которые обеспечивают запуск/остановку электроприводов;

– устройства управления вытяжными и дополнительными вентиляторами (электромоторами), которые обеспечивают плавный старт и оптимальное регулирование оборотов электромотора, а также позволяют управлять группой электромоторов (с учетом их совокупной мощности);

– устройства управления термогенераторами, которые обеспечивают плавный старт и регулирование температуры на выходе термогенератора;

– устройство управления освещением, обеспечивающее плавное регулирование светом птичника;

– устройство контроля расхода воды (расходомер воды);

– устройство контроля состояния бункера, обеспечивающее контроль уровня корма в бункере и загрузочного люка с помощью датчиков;

– блок контроля веса, обеспечивающий посредством тензодатчиков взвешивание корма и другие функции, например, управление двигателями лебедок для регулирования высоты подъема кормушек и поилок.

Данные устройства участвуют в цикле управления птичника, используя необходимую информацию от задатчика режима работы птичника (задается оператором через пульт) и первичной информации от сетевых датчиков (температуры, разрежения (вакуума), воздуха, влажности, аммиака, освещенности). Датчики обеспечивают съем и выдачу в локальную CAN-сеть значений измеряемых параметров как внутри помещения, так и снаружи птичника. Кроме того, по мере необходимости в комплекс могут быть включены сетевые датчики углекислого газа, сероводорода, кислорода, атмосферного давления и др.

Все используемые в системе устройства являются сетевыми, что позволяет проводить поэтапное подключение и плавное количественное наращивание устройств с целью повышения точности регулирования конечных параметров (температуры, газовой среды и др.).

Состав интегрированного программного обеспечения для базовых систем scalaPACS состоит из трех программ:

– графическое отображение процессов, протекающих в системах комплекса, оперативное управление состоянием систем, оперативное отображение всех измеряемых параметров, накопление

информации по всем регистрируемым параметрам, регистрация аварийных ситуаций и другие функции;

- составление статистических отчетов и графиков;
- разработка режимов работы систем комплекса (задание различных параметров и графиков содержания птицы на цикл выращивания птицы).

Использование сетевых технологий при реализации комплекса scalaPACS позволяет поэтапно наделять его новыми функциональными возможностями, внедрять новые технологические решения, интегрировать с другими уже существующими комплексами с целью создания глобальной системы автоматизированного управления сельскохозяйственными предприятиями. Так, если для повышения точности управления технологическим циклом во всех птичниках необходимо знать глобальные атмосферные параметры в месте расположения птицефермы (температура, атмосферное давление, скорость и направление ветра, влажность, освещенность и т. д.), то достаточно выбрать компактный измеритель метеоусловий или метеостанцию, и, если прибор не имеет сетевого CAN- или Ethernet-интерфейса, подключить его в scalaPACS через шлюз. Тем самым, все устройства, реализующие технологический алгоритм управления во всех птичниках, получают необходимые дополнительные параметры.

ГЛАВА 3

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

В агропромышленном производстве применяются разнообразные по конструкции и функциональному назначению технические средства, эксплуатация которых сопровождается естественным изнашиванием и ухудшением технико-экономических показателей. Для поддержания машин в исправном состоянии необходимо управлять их техническим состоянием, своевременно и качественно проводить их техническое обслуживание.

Техническое обслуживание (ТО) – это комплекс мероприятий по поддержанию работоспособности или исправности производственного оборудования в процессе эксплуатации, хранения и транспортировки. Оно включает определенные виды работ: собственно техническое обслуживание, ремонт, модернизацию и замену.

Эффективность ТО зависит от уровня развития инженерно-технической сервисной инфраструктуры. В экономически развитых странах объем работ, выполняемых различными организациями сервисной инфраструктуры АПК, в стоимостном выражении составляет более 40 % стоимости производимой отраслью продукции (для сравнения в Беларуси этот показатель не превышает 25 %) [123].

При организации ТО важная роль отводится мероприятиям по повышению качества ремонта деталей и узлов машин на основе использования новых технологии ремонта, высокоэффективного технологического оборудования. При этом особое внимание уделяется совершенствованию технологий восстановления изношенных или поврежденных деталей. Это обусловлено тем, что, как показывает практика, при ремонте техники затраты на запасные части составляют 50–70 % от стоимости ремонта, в то время как себестоимость восстановления изношенных деталей не превышает 30–50 % цены новых [124]. Таким образом, цена отремонтированных машин, в которых

используют восстановленные детали, оказывается на 30–40 % ниже цены новых при сопоставимом ресурсе работы.

В последние годы в экономически развитых странах прослеживается тенденция модернизации техники, бывшей в эксплуатации [125]. В основном модернизации при ремонте подвергаются дизельные двигатели, компрессоры, электрооборудование, агрегаты трансмиссии, гидроагрегаты, системы топливоподачи. Характерным примером в этом отношении является деятельность компании Caterpillar (США), которая занимается модернизацией дизельных двигателей в процессе их ремонта с максимальным использованием изношенных деталей путем их восстановления. Если в новом дизельном двигателе на комплектующие и материалы приходится 70 % стоимости двигателя, то в восстановленном двигателе (цена на который составляет около половины цены нового) – 40 %. Ввиду значительных доходов от ремонта и модернизации дизельных двигателей компания создала специальное подразделение, осуществляющее модернизацию изношенной техники. Подобную деятельность развивают и многие другие ремонтные предприятия в разных странах. При этом следует отметить, что для этих предприятий является практически важным обеспечивать ремонт и модернизацию не только изношенной техники, но и технологического (прежде всего, металлообрабатывающего) оборудования, с помощью которого проводятся работы по ремонту и модернизации.

Существуют три вида ТО [126]:

- 1) внеплановое обслуживание (обслуживание по мере необходимости, текущий ремонт);
- 2) планово-предупредительное обслуживание (регламентное профилактическое обслуживание);
- 3) диагностическое обслуживание (обслуживание по текущему состоянию, основанное на прогнозировании запаса надежности).

При внеплановом обслуживании не предусматриваются меры по постоянному поддержанию машин в исправном состоянии и, как следствие, не планируются затраты на мониторинг их состояния. Вместе с тем внеплановое обслуживание имеет недостатки: высокий риск возникновения сопутствующих и вторичных повреждений; большие простои производства, вызываемые поломкой

оборудования; необходимость выполнения сверхурочных ремонтных работ; высокая стоимость запасных частей.

Планово-предупредительное обслуживание проводится периодически, через определенные интервалы времени, исходя из предположения, что в противном случае машины будут выходить из строя. При планово-предупредительном обслуживании возникает гораздо меньше катастрофических поломок и сопутствующих повреждений, улучшается учет рабочего времени и запасных частей. Однако при этом машины согласно установленному графику подвергаются обязательному обслуживанию, даже если они являются полностью исправными и, кроме того, не исключается их неожиданный выход из строя и, как следствие, внеплановое техобслуживание.

Диагностическое обслуживание, являясь альтернативой двум рассмотренным выше видам обслуживания, предполагает упреждающий анализ деталей машин, который осуществляется по результатам контроля в реальном времени отклонений в функциональных параметрах и выявления аномалий, потенциально ведущих к повреждениям. Это позволяет предвидеть возможные аварии задолго до того, когда они произойдут. Диагностическое обслуживание имеет ряд достоинств: уменьшение или полное исключение неожиданных поломок; упорядочение в обеспечении необходимыми деталями; увеличение времени жизни машин. Однако такое обслуживание является довольно дорогостоящим и для его проведения требуются высококвалифицированные специалисты.

В последние годы все более широкое распространение получают интеллектуальные системы ТО, которые применяются на различных ремонтно-обслуживающих предприятиях, в том числе в сфере АПК.

3.1 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Развитие интеллектуальных систем ТО является следствием развития автоматизации управления ТО на основе широкого использования информационных технологий.

Информационная система управления ТО включает три уровня [127]:

1) сбор данных – осуществляется путем мониторинга основных показателей, характеризующих состояние контролируемой машины;

2) аналитическая обработка данных – проводится в автоматизированном режиме с помощью методов статистической обработки, математического моделирования, нечеткой логики, экспертных систем, нейросетевых и генетических алгоритмов (все эти методы составляют базу современных технологий прогнозирования);

3) управление информацией – интеграция и актуализация потоков информации, согласование внутренней информации ремонтного предприятия с информацией, поступающей от других организаций, в частности, консалтинговых служб, информационных агентств и др.

Интеллектуальные системы находят наибольшее применение в диагностическом обслуживании, которое осуществляется в сочетании с телематикой, основанной на использовании сенсоров (рис. 3.1), благодаря чему обеспечивается глубокое проникновение в особенности работы машин и, как следствие, оптимизация процедур обслуживания с целью повышения работоспособности машин [126].

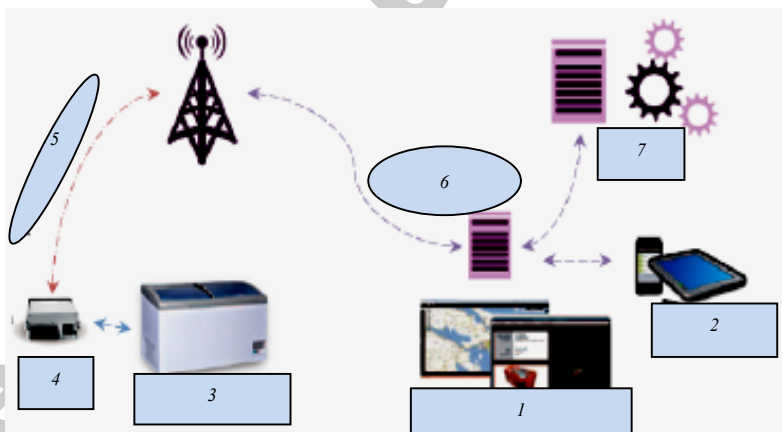


Рис. 3.1. Система диагностического обслуживания, использующая сенсоры и телематику:

1 – центр контроля и управления, 2 – удаленное управление, 3 – внутренние сенсоры, 4 – внешние сенсоры, 5 – поток данных сенсоров в реальном времени, 6 – сбор данных, 7 – аналитическая обработка данных

Сенсоры, с помощью которых осуществляется диагностическое обслуживание, устанавливаются на удаленных машинах (мобильных или стационарных). Они передают потоки данных об условиях функционирования машин на станцию контроля, которая затем анализирует их в реальном времени, используя методы упреждающего анализа, и выявляет проблемы в поведении машин. При обнаружении таких проблем выполняются соответствующие действия, направленные на то, чтобы уведомить оператора о необходимости принятия корректирующих мер.

Станция контроля может работать в той же коммуникационной сети, что и сенсоры. Она также может быть соединена с сенсорами через глобальную сеть или посредством спутниковой связи.

Сенсоры в системе диагностического обслуживания выполняют следующие основные измерительные процедуры [126]:

1) контроль температуры: тепловые индикаторы, такие как термочувствительные краски или термографы, помогают определять потенциальные повреждения, вызываемые изменениями температуры оборудования; типичные проблемы, которые могут определяться с помощью данного вида измерений: чрезмерное трение, теплообмен, плохие электрические соединения;

2) контроль движения: методы спектрального анализа, а также анализа импульсных ударных воздействий позволяют определять энергию, излучаемую оборудованием в форме волн, вибрации, импульсов и акустических эффектов; типичные проблемы, которые могут определяться с помощью данного вида измерений: износ и разрыв, разбалансировка, несоосность, смещения, внутренние повреждения поверхности.

3) анализ жидкостей: ферроанализ и счетчики частиц-загрязнителей обеспечивают контроль состояния различных масел (смазочных, гидравлических, трансформаторных) и, как следствие, выявляют потенциальные проблемы, вызывающие износ и повреждение машин; типичные проблемы такого рода: загрязнение масел, неподходящая консистенция и ухудшение их качества (при этом контролю подлежат внешний вид и вязкость масел, наличие примесей, загрязнений, растворенных газов и другие параметры);

4) контроль коррозии: методы коррометрии позволяют определять площадь распространения коррозии, ее скорость и состояние

(активная или пассивная коррозия) для материалов, используемых в машинах;

5) неразрушающий контроль: основан на рентгеновских, ультразвуковых и других методах неразрушающего контроля, обеспечивающих определение роста потенциальных аномалий в машинах, в том числе в условиях их эксплуатации.

6) электрические испытания: высоковольтные испытания, анализ мощных сигналов и другие методы электрических испытаний позволяют определять изменения таких свойств компонентов машин, как электрическое сопротивление, индуктивность, диэлектрическая прочность и другие; типичные проблемы, которые могут определяться с помощью данного вида контроля: ухудшение электрической изоляции, повреждение электрических проводников двигателя и др.

После того как все измерительные процедуры завершены, следует определить, что в поведении машины является приемлемым, и что аномальным. С учетом того, что диагностическое обслуживание является дорогостоящим, его целесообразно проводить в тех случаях, когда затраты, связанные с последствиями аномалий, гораздо больше, чем стоимость обнаружения этих аномалий.

При проведении диагностического обслуживания важно установить частоту выполняемых измерений. При этом следует учитывать тот факт, что большинство повреждений оборудования не случаются внезапно и часто можно определить их на финальной стадии их развития. Если становится ясным, что какие-либо части машины находятся на финальной стадии развития повреждений, то имеется возможность предотвратить эти разрушения полностью или избежать их последствий.

Характер развития повреждения в процессе функционирования большинства машин показан на рис. 3.2 [126]. В ходе работы, спустя какой-то период времени, машина входит в фазу потенциального отказа (П) и начинают проявляться ранние признаки износа и разрушения или иного стрессового поведения и, если не принять соответствующих мер, то, в конце концов, наступит полный функциональный отказ (Ф). Как правило, интервал между точками П и Ф достаточно большой, что позволяет своевременно установить и предотвратить разрушение.

При разработке экономически эффективной стратегии диагностического обслуживания желательно, чтобы П–Ф-интервал был,

по возможности, максимальным. Он может составлять часы или дни, недели или месяцы в зависимости от сложности машины. Однако независимо от длительности П–Ф-интервала система диагностического обслуживания должна быть способной определить ранние сигналы после момента П и ответить на них до момента Ф. Ответные действия обычно включают ряд шагов и должны осуществляться в пределах П–Ф-интервала.

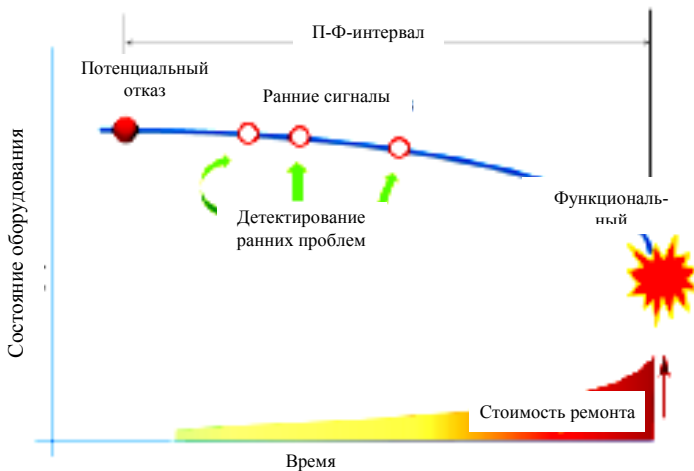


Рис. 3.2. Развитие повреждения в процессе функционирования машины

В пределах каждого такого интервала система диагностического обслуживания собирает данные от сенсоров и использует один из следующих методов для определения состояния машины, подвергаемой мониторингу [126]:

- трендовый анализ (сравнение значений одного и того же показателя за несколько периодов времени для выявления основной тенденции изменения показателя);
- распознавание образов (установление соотношения между определенными типами повреждений и конкретными повреждениями машины);
- критические интервалы (проверка наличия данных в пределах критических интервалов);
- статистический анализ процесса (данные о существующих повреждениях подвергаются аналитическим процедурам, чтобы найти точную модель кривой разрушения, и новые данные сравни-

ваются с этой моделью для идентификации какого-либо потенциального повреждения).

Системы диагностического обслуживания машин, построенные на основе использования сенсорного мониторинга в реальном времени и телематических технологий, обладают высокой гибкостью и обеспечивают значительные экономические выгоды. Основные преимущества диагностического обслуживания по сравнению с традиционными видами ТО: удаленный сенсорный мониторинг и сбор данных, обработка сенсорных данных в режиме реального времени, упреждающий анализ.

Типичная архитектура системы удаленного контроля и диагностики машин включает три основные части: модуль получения и обработки данных, модуль представления данных и сайт клиента [128].

Модуль получения и обработка данных включает программу, которая анализирует данные с приборов удаленного контроля (сенсоров), веб- или видеокамер, микрофонов, усилителей или формирователей сигналов, карт приема данных-карт и т. д. Сенсоры собирают текущие вибрационные сигналы с контролируемых машин и затем передают собранные сигналы на усилители. Усилители переводят сигналы в приемлемый формат, так что карты приема данных могут преобразовывать их в цифровые сигналы для дальнейшего анализа дефектов. Диагностическая программа на сервере анализирует цифровые сигналы и затем определяет состояние контролируемой машины.

Работа системы основана на использовании Интернет-технологий и мобильных коммуникационных технологиях. Система работает на языке XML, служащем для шифровки диагностических данных. Система представляет данные не только в WEB (Интернет-пространство), но и в WAP (Wireless Application Protocol – беспроводной протокол передачи данных, созданный специально для сетей GSM, где нужно устанавливать связь портативных устройств, таких как мобильные телефоны, пейджеры, устройства двусторонней радиосвязи, смартфоны и другие терминалы, с Интернет). Пользователи могут проверять состояние машины, включая данные, изображение и видео, через Интернет и мобильные терминалы. Автоматический компонент тревоги, разработанный на основе оперативной системы Microsoft Smartphone, может активно посылать тревожные сообщения на мобильные телефоны операторов о том, что состояние машины ненормальное.

3.2 ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ В АПК

3.2.1 Сельскохозяйственные машины

Дистанционная диагностика сельскохозяйственных машин

Одним из основных направлений интеллектуализации ТО сельскохозяйственных машин, служащих для выполнения полевых работ, является разработка систем дистанционной диагностики их технического состояния на основе использования информационных технологий и устройств телематики. Особенно эффективным является комплексный подход к управлению работающими на поле сельскохозяйственными машинами, при котором работники сельхозпредприятий получают возможность, не выходя из кабинета, отслеживать в реальном времени все аспекты функционирования машин – не только их техническое состояние, но также местоположение, расход топлива, производительность, текущий объем выполненных полевых работ (например, намолот). Все это осуществляется путем анализа соответствующей информации, поступающей по беспроводным каналам связи от машин на офисный компьютер и отображающейся на его экране.

Такого рода подход к управлению сельскохозяйственными машинами реализован фирмой Claas в системе ClaasTelematics (рис. 3.3) [42]. Установленный в машине сенсорный модуль собирает требуемые данные (в том числе GPS) и с помощью мобильной связи отправляет их на сервер Telematics. Таким образом, ремонтно-техническая служба сельхозпредприятия может провести первичный удаленный анализ технического состояния машин, оперативно определить причины сбоев в работе машин, провести соответствующие подготовительные работы и в кратчайшие сроки оказать помощь на месте.

Фирмой Claas также разработано программное обеспечение UT App [129]. Оно предназначено для iPad или планшетов на базе Android, которая превращает их в терминал ISOBUS для управления машинами. Таким образом, с помощью обычного планшета можно удаленно контролировать работу машин, в том числе осуществлять диагностику их технического состояния.

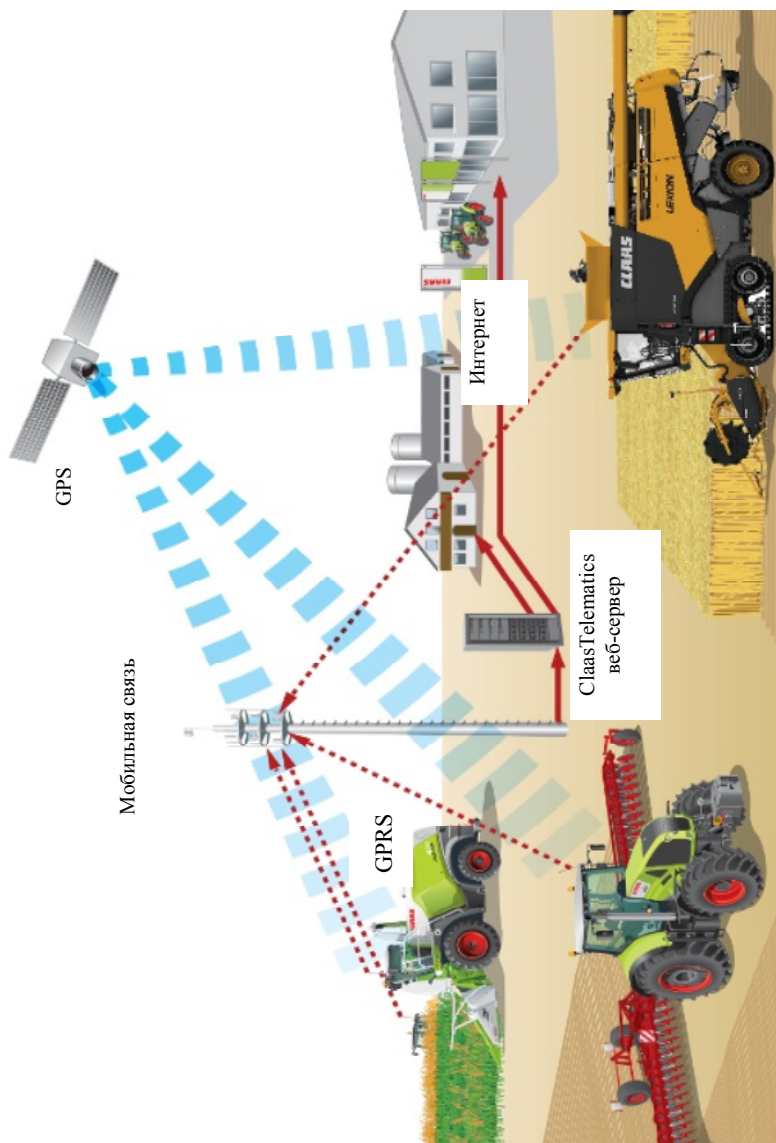


Рис. 3.3. Система управления сельскохозяйственными машинами ClaasTelematics

Компания John Deere предложила систему удаленного доступа к терминалам сельскохозяйственных машин Remote Display Access, пользуясь которой специалист по обслуживанию машин может видеть на дисплее компьютера, находящегося в офисе сельхозпредприятия, то же самое, что видит комбайнер или тракторист на дисплее компьютера, который установлен на машине и управляет ее рабочими органами [42]. Благодаря этому он может оказать оператору машины своевременную помощь в настройке узлов машины, исправить ошибки программного обеспечения, а также дать рекомендации по проведению полевых работ, например, по внесению удобрений или средств защиты растений.

Сравнительно новым продуктом деятельности компании John Deere является система интеллектуального управления сельскохозяйственным производством John Deere FarmSight, призванная содействовать оптимизации работы машин и сельхозпредприятий [130]. Система предусматривает широкое применение беспроводной связи на земледельческих и животноводческих фермах. Она соединяет в единую сеть машины, операторов и владельцев в интересах повышения эффективности производства за счет совместного пользования информацией.

Телематическая система Link Ultimate компании John Deere осуществляет дистанционный контроль местоположения машины и расхода топлива, а также дистанционную диагностику и планирование предупредительного ТО или ремонта. При этом машина автоматически генерирует и посылает сообщения по электронной почте или мобильному телефону (SMS) при возникновении потребности в ТО или ремонте. Благодаря применению такой системы повышается эффективность диагностирования и устранения неисправностей машин и, как следствие, снижается простой машин.

Практическая реализация дистанционной диагностики сельскохозяйственных машин в режиме реального времени сопряжена с рядом трудностей, обусловленных большой номенклатурой различных по исполнению машин, низкой приспособленностью машин к контролю, разнообразием физических величин контроля, значительной вариацией режимов работы и состояния машин [131].

Так, из диагностических параметров тракторных дизелей целесообразно достоверно и непрерывно контролировать следующие:

- текущий расход топлива, например, по динамике снижения зеркала топлива в баке или уменьшения давления столба топлива на придонный датчик;
- эффективную мощность, например, по расходу топлива с корректировкой на плотность топлива и эффективный КПД дизеля;
- параметры картерных газов (температура, пульсации давления на микрофон);
- оптическую плотность, удельное сопротивление, обводненность масла;
- цвет, уровень звука и температуру отработавших газов;
- давление наддува турбокомпрессором и разрежение за воздухоочистителем;
- виброускорения на блоке цилиндров в зонах газораспределительного механизма и коренных подшипников.

При разработке системы дистанционной диагностики сельскохозяйственных машин необходимо учитывать определенные требования [131]. Контроль технического состояния машин в режиме реального времени должен охватывать основные параметры функционирования узлов, в том числе ресурсные параметры, а также показатели выполнения полевых работ. В бортовой системе контроля должны накапливаться сигналы о совместной работе тракторов и агрегированных с ними сельхозмашин, другие технико-эксплуатационные данные для автоматического диагностирования машин с выдачей рекомендаций о проведении ТО по фактической потребности. Также необходимо принять меры по оснащению тракторов и мобильных сельхозмашин системой датчиков и нормативов для контроля функционирования их узлов и рабочих органов.

По мере реализации предупредительной диагностики с использованием мониторинга в системе ГЛОНАСС/GPS могут быть предложены мероприятия по модернизации всей системы технического сервиса машин АПК, благодаря чему станет возможным вести историю технического состояния машин за весь жизненный цикл от ввода в эксплуатацию до утилизации.

Для моделирования процессов принятия решений при эксплуатации современных сельскохозяйственных машин нового, интеллектуального типа разработан метод организации ТО, отличительной особенностью которого является использование эвристики и нечетких знаний [132].

Данный метод основан на использовании экспертных систем. Моделирование процессов принятия решений при технологической регулировке и поиске неисправностей основано на теории искусственного интеллекта и теории нечетких множеств. Практическая реализация этих процессов связана с решением задач по проектированию экспертных систем, а именно: по разработке информационно-логической модели предметной области; разработке архитектуры экспертной системы; формировании базы знаний экспертной системы; создании программных средств.

Экспертная система работает в двух режимах: приобретение знаний и решение задачи.

В режиме приобретения знаний формируется база знаний. При этом главная роль отводится входящему в состав системы блоку приобретения знаний, который реализуется как самостоятельная программа, позволяющая эксперту в автоматизированном режиме формировать базу знаний, в том числе дополнять, удалять и редактировать знания.

В режиме решения задачи в системе включаются в действие следующие блоки:

- диалоговый блок ввода информации обеспечивает естественно-языковой интерфейс с пользователем;
- блок поиска причин неисправностей содержит перечень возможных неисправностей и методов их устранения;
- блок настройки содержит описание технологических регулировок рабочих органов для различных условий функционирования;
- блок анализа ситуации содержит описание условий уборки;
- блок поиска причин появления отклонений показателей качества технологического процесса от допустимых значений содержит перечень возможных отклонений и методов их устранения;
- блок механизмов вывода формирует решение задачи на основе текущей информации, полученной от пользователя (либо от датчиков), правил и фактов о предметной области;
- блок объяснения решений позволяет разъяснить пользователю, каким образом получено то или иное решение, какие правила и почему при этом использовались;
- блок синтеза ответа является конечным звеном в работе экспертной системы;

– блок обучения включает подсистемы мультимедиа для наглядного представления протекающих процессов и устройства различных элементов систем и агрегатов комбайна.

Главное преимущество построения экспертной системы заключается в компактном и адекватном представлении реальных ситуаций функционирования уборочных машин. Система обеспечивает возможность учета признаков внешней среды, параметров технического машины и показателей качества работы.

Техобслуживание молочно-доильного оборудования

Процесс ТО и ремонта молочно-доильного оборудования включает следующие этапы [133]:

– определение зависимости скорости молокоотдачи от технических параметров оборудования с учетом типа и конструктивных особенностей оборудования, а также физиологических параметров коровы (давление молока в вымени, обхват вымени, глубина вымени, разовый удой и индекс вымени);

– разработка плана ТО и ремонта оборудования на основе результатов технического осмотра согласно методике прогнозирования ресурса узлов оборудования;

– проведение ТО и ремонта оборудования, необходимых для восстановления узлов оборудования и его технических параметров.

При проведении ТО и ремонта оборудования следует руководствоваться следующими положениями:

– исходя из требования повышения эффективности машинного доения, скорость молокоотдачи должна быть максимальной, что возможно при соблюдении оптимальных значений технических параметров оборудования.

– при эксплуатации оборудования его технические параметры со временем изменяются, поэтому оценка технического состояния оборудования должна проводиться периодически.

– технический осмотр оборудования следует проводить только с использованием специального комплекта контрольно-измерительных приборов, которые должны работать в динамическом режиме.

Современные средства диагностики молочно-доильного оборудования, выпускаемые ведущими фирмами (DeLaval, GEA и др.), способны определять регламентированные международными

стандартами основные технические параметры оборудования, однако их стоимость довольно высока. В связи с этим в Институте механизации животноводства НАН Украины предложен приборный комплект для контроля технических параметров молочно-доильного оборудования, включающего блок питания, клавиатуру управления, цифровой индикатор, датчики давления и датчик расхода воздуха, которые соединены с автоматизированной системой управления [133]. Автоматизированная система управления представляет собой микроконтроллер с аналого-цифровым преобразователем и внешним запоминающим устройством. Цифровой индикатор выполнен в виде графического LCD-дисплея (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Общий вид комплекта приборов для контроля технических параметров молочно-доильного оборудования

Также разработана методика прогнозирования ресурса вакуумной системы молочно-доильного оборудования, которая вошла в состав программного пакета «Altviewer 1.0», предназначенного для отображения и автоматической обработки результатов измерений технических параметров оборудования, осуществляемых с помощью разработанного комплекта контрольно-измерительных приборов.

Разработанные программный пакет, методика прогнозирования ресурса и приборный комплект применяются на практике для проведения ТО молочно-доильного оборудования (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Применение комплекта приборов для контроля технических параметров молочно-доильного оборудования в производственных условиях

3.2.2 Транспортные машины

В АПК широко применяется автомобильный транспорт, который представляет собой довольно сложную технику, характеризующуюся высокой степенью автоматизации и компьютеризации [134]. В современных автомобилях создан ряд нетрадиционных для автомобиля еще в недалеком прошлом систем автоматического управления, таких, как электронная система управления двигателем, электронная система управления трансмиссией, антиблокировочная система, система автоматического контроля пробуксовывания и другие. Главной особенностью таких систем является обязательное наличие в их составе электронного блока, который управляет всеми остальными составными частями системы.

Включение в конструкцию автомобиля сложных электронных устройств управления различными системами на базе бортового компьютера привело к необходимости развития различных форм и методов оказания услуг по диагностике, ремонту и настройке компонентов бортовой электроники на этапе эксплуатации автомобиля [135].

В последние годы особенно большое распространение получила компьютерная диагностика автомобиля – комплексная проверка

электронных устройств и исполнительных механизмов автомобиля на наличие в них неисправностей с целью их последующего устранения. В процессе эксплуатации автомобиля важная роль отводится бортовым системам самодиагностики.

Компьютерная диагностика автомобиля

Компьютерная диагностика может проводиться непосредственно на автомобиле (на открытых площадках), а также в сервисных центрах и мастерских по ремонту автомобилей, цехах, отделах технического контроля и лабораториях производственных предприятий [134]. Для обеспечения контроля работы систем на автомобиле в дорожных условиях, например при обкатке автомобиля, обычно используется персональный компьютер (ноутбук).

Принято выделять следующие основные стадии компьютерной диагностики [134]:

- создание и передача под управлением персонального компьютера через диагностический интерфейс (адаптер), выполненный в соответствии со стандартом ISO 9141, электрических сигналов, инициализирующих связь с конкретным электронным блоком;
- прием информации от электронного блока, поступающей по диагностическому каналу;
- преобразование информации в сигналы стандарта RS 232C;
- обработка полученных данных по заданной программе и отображение результатов на экране персонального компьютера.

Диагностическая программа позволяет получать информацию о текущих неисправностях системы, если они имеются, а также о тех неисправностях, которые были ранее, но в данный момент отсутствуют. Кроме того, с ее помощью могут быть получены сведения о номере электронного блока, его изготовителе и дате изготовления, версии программного обеспечения, дате последнего изменения параметров.

С электронного блока системы управления двигателем могут быть считаны данные об общей наработке двигателя (суммарное число полных оборотов коленчатого вала, моточасы работы), об общем пробеге автомобиля и пробеге после последнего ТО и т. д.

Обычно в автомобиле компьютерной диагностике подвергаются двигатели (бензиновые и дизельные), а также разнообразные электронные системы: система удержания при столкновении, антибло-

кировочная система, система курсовой устойчивости, парковочный ассистент, пневматическая или гидравлическая система регулирования дорожного просвета, система контроля давления в шинах, климатическая установка, коммуникационная система и др.

Особое внимание отводится компьютерной диагностике двигателя автомобиля (рис. 3.6) [136], которая состоит из следующих операций:

- считывание кодов неисправностей из памяти электронного блока управления двигателем;
- анализ считанных кодов неисправностей;
- проверка параметров работы датчиков при помощи диагностического компьютера;
- проверка формы сигналов датчиков при помощи осциллоскопа;
- тестирование исполнительных механизмов;
- диагностика системы зажигания бензинового двигателя;
- проверка топливного давления;
- электронный замер компрессии;
- механический замер компрессии;
- визуальный осмотр свечей зажигания и воздушных фильтров;
- заполнение электронной формы результатов диагностики.

Вибродиагностика автомобиля

Одним из путей повышения эффективности диагностирования автомобилей является совершенствование используемых в целях диагностики методов неразрушающего контроля, в частности, виброакустического метода, основанного на косвенных виброакустических признаках неисправностей [137].

Преимущество использования косвенных параметров при диагностировании состоит в их доступности, а также в технической простоте, поскольку контроль косвенных параметров не требует разборки механизмов и может осуществляться с минимальными подготовительными операциями. Однако обработка результатов косвенных измерений требует детального анализа получаемой при этом информации, систематизации и комплексной оценки всей совокупности диагностических данных.

Виброакустический метод диагностирования хорош тем, что позволяет определять дефекты автомобиля дистанционно. Однако, несмотря на длительную историю своего развития, этот метод

применительно к автомобилям до недавних пор характеризовался сравнительно невысокой степенью объективности. Дело в том, что механизмы автомобиля издают широкий спектр звуков, колеблющиеся поверхности корпусных деталей распространяют акустические волны в примыкающей к ним окружающей среде – как в воздухе, так и в других деталях автомобиля. Поэтому распознать и правильно интерпретировать информативный сигнал на фоне значительных помех, определить его параметры и сделать правильный прогноз – довольно сложная задача даже для высококвалифицированного специалиста.

Возможности вибродиагностики могут быть значительно расширены благодаря использованию современных программно-аппаратных средств. Однако эти средства не в состоянии полностью заменить субъективные ощущения эксперта. Поэтому представляется перспективным применение комбинированных экспертных систем, в которых эксперт и программно-аппаратные средства взаимно дополняют друг друга.

С целью повышения эффективности таких систем практически важно установить закономерности, связывающие субъективно воспринимаемые «на слух» и объективно отображаемые виброакустические сигналы с параметрами технического состояния автомобиля [137]. Для решения задач формализации трудно вербализуемых (интуитивных или нечетких для самого эксперта) представлений предлагаются следующие пути:

- учет в базе знаний интуитивных представлений эксперта, например, проявляющихся в форме ассоциаций;
- отображение в формализмах базы знаний степени уверенности эксперта в сообщаемых представлениях;
- отражение на входе системы того, что можно характеризовать термином «сомнения» в воспринимаемых экспертом объективных и/или субъективных признаках.

Для того чтобы улучшить возможности учета сложных взаимосвязей признаков, которые в явной или неявной субъективной форме принимаются во внимание экспертами в процессе диагностирования, перспективно использовать современные экспертные системы, основанные на теории нечетких множеств.

Степень практической применимости вибродиагностики автомобилей, ее достоверность и содержательность могут быть существенно

повышены по мере развития компьютерных методов преобразования и обработки виброакустических сигналов, все более широкого использования компьютерных средств для сбора и анализа информации, а также экспертных систем, создаваемых на их основе.



Рис. 3.6. Компьютерная диагностика двигателя в сервисном центре

Бортовые системы контроля и диагностики

Для постоянного отслеживания режима движения и технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации служат бортовые системы контроля и диагностики [138]

В автомобилях применяются различные по назначению контрольно-измерительные приборы, различающиеся конструкцией и принципом действия.

С помощью датчиков положения (перемещение/угол) контролируются такие параметры, как: положение дроссельной заслонки, положение педали управления подачи топлива, перемещение сервомеханизма капота двигателя, дистанция до другого автомобиля или препятствия, угол поворота рулевого колеса; угла поворота колеса; угол наклона поддрессоренной массы при повороте, курсовой угол и угол положения педали тормоза и др.

С помощью электроизмерительных приборов осуществляется контроль параметров системы электроснабжения. Приборы измерения давления и разряжения служат для контроля давления масла

в двигателе и в гидромеханической передаче, воздуха в пневматической тормозной системе, разряжения во впускном коллекторе. Термометры используются для измерения температуры охлаждающей жидкости, а также температурных режимов работы узлов и агрегатов, спидометры – для контроля режима движения, а тахометры – для контроля частоты вращения вала двигателя. Специальные приборы разных типов контролируют уровень топлива в баке, уровень эксплуатационных жидкостей в заправочных емкостях, а также техническое состояние тормозных накладок, фильтров и других частей автомобиля.

Особое значение имеют приборы диагностики, которые предназначены для информирования водителя о возникновении неисправностей или нарушении рабочих функций узлов или агрегатов, определения оптимальных действий по выбору режимов функционирования. При этом основными параметрами контроля являются: уровень масла в двигателе; уровни охлаждающей и тормозной жидкостей, а также жидкости в бачке стеклоомывателя; износ тормозных накладок; исправность ламп системы освещения и сигнализации. Кроме того, с помощью встроенных датчиков определяются: напряжение аккумуляторной батареи; регулируемое напряжение генератора; исправность диодов выпрямителя генератора; напряжение на катушке зажигания при включении замка зажигания и стартера; напряжение на контактах прерывателя; угол замкнутого состояния контактов прерывателя при контрольных значениях частоты вращения вала двигателя; асинхронизм искрообразования по цилиндрам; угол опережения зажигания при контрольных значениях частоты вращения двигателя; падение частоты вращения двигателя при отключении цилиндров.

В современных автомобилях находят широкое применение бортовые персональные компьютеры, предназначенные для оказания всесторонней помощи водителю. В компьютер поступают сигналы, характеризующие работу систем регулирования подачи топлива, скорости автомобиля, уровня топлива в баке, напряжения аккумуляторной батареи, включения подсветки приборной панели и др. Кроме того, бортовой компьютер может выполнять функции противоугонного устройства, управлять антиблокировочной системой, выбирать оптимальный маршрут.

Электронные информационные устройства и индикаторы, устанавливаемые на приборную панель, могут предоставлять водителю информацию о состоянии автомобиля в цифровой, графической и текстовой форме, также возможен синтез человеческой речи.

Например, панель приборов автомобилей марки Mercedes-Benz отражает следующие параметры: температура двигателя; уровень и давление масла; уровень тормозной, охлаждающей и омывающей жидкостей; толщина тормозных накладок; степень засоренности воздушного фильтра; напряжение аккумуляторной батареи. Также на панели предоставляются сведения о состоянии антиблокировочной системы, гидропривода тормозов, гидроподвески, стояночного тормоза, ремней безопасности, замков дверей, ламп сигнальной аппаратуры. Кроме того, на ней указываются скорость движения автомобиля, частота вращения вала двигателя, пробег, расход топлива, текущее время, время в пути и время простоя, температура наружного воздуха, интервалы технического обслуживания и др. [138]

Главной задачей бортовой диагностики является определение изменений параметров электрооборудования (электронных систем) автомобиля с учетом их влияния на его работу. Для этого каждая электронная система имеет разъем для присоединения диагностической аппаратуры или же имеет выход на центральный пункт бортовой диагностики – бортовой компьютер. Для бортовой диагностики электронных систем применяют испытательное специальное оборудование, созданное с возможностью совмещения с бортовой системой диагностики.

Наличие большого числа электронных устройств в автомобиле, от работы которых сильно зависит работа автомобиля в целом, обуславливают необходимость ужесточения требований к их надежности, что, в свою очередь, заставляет уделять повышенное внимание вопросам их технического обслуживания, прежде всего, диагностики их технического состояния. Наиболее эффективный путь решения этих вопросов – наделение электронных устройств функциями самодиагностики [135, 138].

Бортовые системы самодиагностики, которыми оснащаются электронные устройства современных автомобилей, не только снабжают водителя сведениями о работе автомобиля в целом, но также информируют его о возникающих неисправностях узлов

и агрегатов, отслеживают межсервисные интервалы, напоминая о необходимости своевременно пройти ТО автомобиля.

Так, на приборном щитке автомобилей обычно имеется многофункциональный индикатор – лампочка CheckEngine, которая загорается при включении зажигания и гаснет, спустя некоторое время после запуска двигателя [139]. Если в результате самодиагностики обнаруживаются неисправные компоненты, то индикатор не погасает. Индикатор также загорается при возникновении некоторых неисправностей во время движения. Если имеют место мелкие, возникающие однократно неисправности, то индикатор может погаснуть, сохранив при этом данные о неисправностях в памяти для последующего считывания.

К основным функциям бортовых систем самодиагностики относятся [138]:

- контроль работы наиболее сложных узлов, прежде всего, двигателя;

- контроль технического состояния узлов и деталей, подвергающихся особому риску в случае появления неисправностей (например, функция защиты каталитического нейтрализатора заключается в реагировании на пропуски зажигания в двигателе путем отключения подачи топлива в неисправный цилиндр для предотвращения перегрева нейтрализатора);

- контроль аварийных ситуаций (например, при выходе из строя датчика нагрузки, определяющего массовый расход воздуха, генерируется сигнал его замены – по результатам контроля частоты вращения коленчатого вала и положения дроссельной заслонки).

Бортовые системы самодиагностики обеспечивают хранение информации о контролируемых параметрах и выявленных неисправностях.

В последние годы в автомобилях получают все большее распространение интеллектуальные датчики, которые имеют собственные встроенные микропроцессорные устройства для первичной обработки сигнала, например для аналого-цифрового преобразования, амплитудно-частотного анализа, интегрирования или внесения поправок с учетом характеристик датчика. При этом большое значение имеет возможность предсказания поведения исследуемой системы на как можно большем отрезке времени. Особое значение в алгоритмах предсказания имеет проблема раннего обнаружения

начала опасного или аварийного развития событий путем выявления и регистрации сбойных состояний.

В этой связи приобретает особую важность совершенствование методов диагностирования различных датчиков указанного типа [140]. Это обусловлено в основном двумя обстоятельствами: интеллектуализацией процесса диагностирования и обнаружением отклонений характеристик датчиков на ранних стадиях возникновения, связанных с их скрытыми дефектами, проявляемыми, например, в виде сбойных и предсбойных состояний. Одним из путей решения данной проблемы является использование методов программно-алгоритмического контроля, получивших распространение в последнее время из-за широкого внедрения микропроцессорной техники в автомобильный транспорт.

Бортовые телематические системы техобслуживания

Большое значение в осуществлении процедур ТО имеют устанавливаемые на автомобилях системы телематики [134]. Они применяются для дистанционной диагностики технического состояния автомобиля, а также выполняют следующие функции:

- определение местоположения автомобиля;
- навигация;
- информирование о состоянии дорожного трафика;
- обеспечение связи при аварийных остановках и оказании технической помощи;
- обеспечение безопасности транспортных средств и их владельцев.

Для фирм, занимающихся автоперевозками и прокатом автомобилей, а также передающих свою автотранспортную технику в лизинг, системы телематики позволяют проследить в режиме реального времени транспортировку грузов, соблюдение водителем предписанных маршрутов и режима движения, «санитарных профессиональных» норм труда и отдыха.

В Москве существует система скорой автопомощи «Ангел», которая функционирует на основе взаимодействия датчиков на автомобиле с устройствами спутниковой навигации, что позволяет по данным картографии осуществлять выбор машин техобслуживания, которые находятся ближе к автомобилю, оказавшемуся в неисправном состоянии. При этом также возможен быстрый переход на беспроводную связь.

Примером эффективного применения средств телематики для решения задач ТО автомобилей является интеллектуальная система контроля давления в шинах автомобилей TPMS, которая предложена фирмой TireStamp (Канада) [141].

Главное достоинство системы TPMS состоит в том, что она может подавать сигналы о падении давления в шине и отправлять уведомления тем, кто за это отвечает. Система TPMS интегрирована с телематической системой и GPS. Телематика обеспечивает передачу данных в службу технической поддержки посредством спутниковой, сотовой, Wi-Fi или другой беспроводной связи. Таким образом, система TPMS дает возможность проводить дистанционную диагностику шин. Она отправляет информацию о состоянии всех шин в базу данных, где эта информация накапливается, хранится и анализируется. Это позволяет контролировать как одну конкретную шину, так и все шины одного автомобиля или группы автомобилей.

Так как данные о шинах хранятся в базе данных, то необходимые отчеты и уведомления о техническом обслуживании шин можно получать регулярно в удобное время. Например, каждое утро автомеханикам может приходиться плановое задание со списком транспортных средств, шины которых нуждаются в обслуживании, которое необходимо провести прежде, чем прибудут водители. Благодаря этому все проблемы с шинами можно решать еще до начала поездок, предотвращая простои.

Сочетание систем TPMS и GPS позволяет также определять местоположение автотранспортных средств. Если в дороге возникает проблема с шинами, то можно отследить маршрут движения автомобиля и направить инструкции ближайшему к нему поставщику услуг или точке техобслуживания. Еще одно важное преимущество системы TPMS заключается в том, что она может сообщать точный пробег, а также расстояние, пройденное с перегретыми или недостаточно накаченными шинами, что помогает определить, следует ли сменить покрышку. Кроме того, во избежание соскакивания колеса, она напоминает проверить момент затяжки гайки колеса после его сборки.

Система TPMS управляется компьютерной программой, с помощью которой можно легко настраивать пороги предупреждения и параметры отчетов в соответствии с требованиями заказчика,

планировать автоматическую доставку отчетов и иметь доступ к необходимой информации в любое время через Интернет. Для повышения эффективности ТО шин система TPMS объединяется с системой автоматического накачивания шин.

Интеллектуальное прогнозирование неисправностей

С появлением Интернета и беспроводных систем связи возникли существенные изменения в методологии проведения ТО, а именно: наметился переход от традиционного ТО, осуществляемому по принципу «выявление и устранение неисправности», к ТО, которое проводится по принципу «предсказание и предотвращение неисправности». Соответственно, появилась все возрастающая потребность в применении интеллектуальных средств, которые в большей мере отслеживают процесс ухудшения технического состояния эксплуатируемых машин, чем выявляют уже возникшие неисправности. Такое интеллектуальное прогнозирование рассматривается как перспективный системный подход к ТО, в рамках которого становится возможным не просто контролировать техническое состояние машин, но, что особенно важно, определять возможные изменения показателей технического состояния с течением времени, предсказывать риски неприемлемого поведения машин по мере их эксплуатации, выявлять детали и узлы машин, которые могут выйти из строя в первую очередь.

В Университете Цинциннати и Университете Мичигана (США) разработана интеллектуальная система Watch-dog Agent, предназначенная для контроля и прогнозирования технического состояния машин, которая позволяет количественно оценивать техническое состояние основных деталей и узлов машин и предсказывать его возможное ухудшение [142]. Действие системы можно пояснить на примере стендовых испытаний подшипников (рис. 3.7). Четыре подшипника устанавливали на одном валу, который вращался с постоянной скоростью. На вал и подшипники налагалась радиальная нагрузка при помощи пружинного механизма. На корпусе каждого подшипника размещали высокочувствительные акселерометры. К внешнему кольцу каждого подшипника были прикреплены термоэлементы, регистрирующие температуру подшипников, по которой можно было судить о состоянии смазки. Магнитный коллектор собирал частицы износа из смазочного масла, наличие которых

свидетельствовало о том, что имеет место процесс изнашивания подшипников. Испытания прекращались, когда количество собранных частиц износа достигало определенной величины.

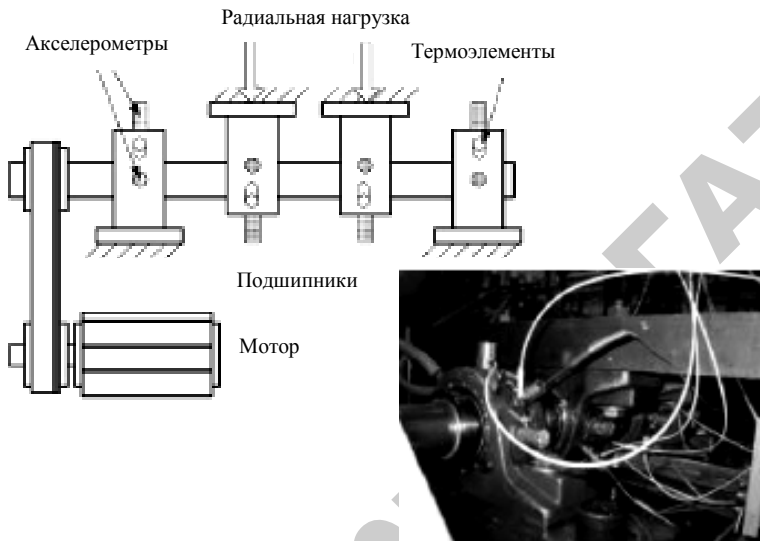


Рис. 3.7. Установка для испытания подшипников

Испытания показали, что в течение большей части времени работы подшипников в их материале идет накопление повреждений, в то время как период распространения трещин является относительно коротким. На рис. 3.8, *а* показана волнообразная кривая сигнала, полученная от одного из подшипников на последней стадии испытаний. Сигнал представляет собой последовательность ярко выраженных импульсов, что обусловлено ударными воздействиями, генерируемыми образующимися дефектами дорожки качения подшипника. Для сравнения на рис. 3.8, *б* показана кривая сигнала, полученная от этого же подшипника на ранней стадии испытаний. На данной кривой импульсы весьма незначительны и практически перекрываются шумовым фоном.

Таким образом, если в традиционном ТО дефекты выявляются на завершающей стадии их развития – по фактам сбоев в работе машин, вызванных этими дефектами, то в интеллектуальном ТО, основанном на прогностическом подходе, дефекты выявляются

на ранней стадии их развития, так что имеется достаточно времени для проведения ТО с целью предотвращения возможных сбоев.

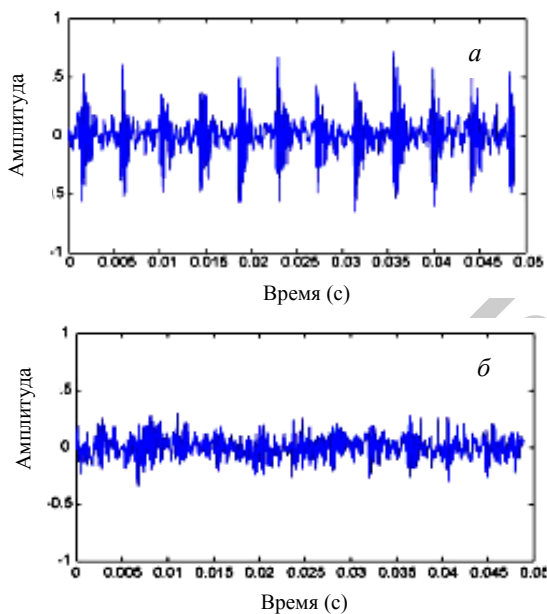


Рис. 3.8. Кривые сигналов от испытуемых подшипников

3.2.3 Станочное оборудование

На предприятиях, занимающихся изготовлением и ремонтом сельхозтехники, применяются разнообразные по назначению металлообрабатывающие станки. Повышение эффективности их работы обеспечивается с помощью специально создаваемых интеллектуальных систем непрерывного контроля их технического состояния непосредственно в процессе работы. Встраивание таких систем в конструкцию станков приводит к повышению производительности и улучшению качества обработки, при этом вероятность поломок станков во время работы практически сводится к нулю.

Примером тому является интеллектуальная система контроля металлорежущего станка, содержащая разные модули, которые

можно классифицировать по признакам их функциональности [143]:

1) модуль контроля состояния режущего инструмента – включает контроль износа, поломки, отсутствия инструмента; контроль течения рабочей жидкости, исправности шпинделя; контроль технического обслуживания, а также адаптивный контроль, при котором параметры системы контроля пересматриваются по мере изменения параметров станка;

2) модуль контроля процесса обработки – обеспечивает обследование обрабатываемой на станке детали, в частности, осуществляет определение координат ее положения;

3) модуль планирования процесса обработки – обеспечивает задание, контроль и оптимизацию траектории движения режущего инструмента, выбор наиболее подходящего инструмента, оптимизацию режимов резания (скорости, подачи) с учетом требований к качеству обработки, включая шероховатость поверхности, силу резания, скорость удаления материала, срок службы инструмента;

4) модуль метрологии станка – устанавливает различия в задаваемом и реальном положении режущего инструмента; причинами таких различий могут быть ошибки, допущенные при изготовлении станка (отклонение от требуемых прямолинейности, прямоугольности, угла наклона и т. п.), или динамические ошибки (рост температуры, деформация под действием сил резания);

5) модуль контроля технического обслуживания станка – осуществляет оценку исправного состояния станка; оцениваемые данные, получаемые от сенсоров, анализируются с помощью прогнозных алгоритмов, которые способны прогнозировать деградацию эксплуатационных показателей, так что оборудование может быть отремонтировано, прежде чем наступят повреждения.

Интеллектуальная система контроля станка объединяет в себе все модули контроля и координирует их работу, накапливает все данные о состоянии станка, для того чтобы реализовать общее решение по обеспечению эффективной работы станка, повышению производительности и качества процесса обработки.

3.2.4 Электроэнергетическое оборудование

В условиях современного агропромышленного производства все большее внимание уделяется решению задач по повышению надежности электрооборудования технологических систем.

Одними из массовых типов промышленного электроэнергетического оборудования являются электроприводы и трансформаторы. Если данное оборудование находится в неудовлетворительном техническом состоянии, то его эксплуатация приводит как к прямым финансовым потерям, связанным с выходом из строя оборудования, так и к косвенным потерям из-за простоя производственного оборудования.

Проблемы сокращения потерь от неисправностей электрооборудования в промышленности в значительной степени решаются путем его диагностирования оборудования, в первую очередь за счет обнаружения в нем неисправностей на ранней стадии их возникновения.

Наиболее сложными задачами в ТО и ремонте электрооборудования являются процедуры оценки установленной ситуации и принятия соответствующего решения. Для решения этих задач весьма перспективно использовать интеллектуальные системы, разработанные на основе применения логических методов технической диагностики и технологии экспертных систем [144]. Такие интеллектуальные системы дают возможность диагностировать разные типы электрооборудования и являются доступными для использования широкому кругу специалистов разной квалификации.

ГЛАВА 4

АГРАРНОЕ ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Для повышения эффективности АПК требуется поиск новых путей совершенствования не только производственной, но и социальной сферы. Одним из важнейших направлений решения социальных проблем на селе является развитие жилищного строительства и жилищно-коммунального хозяйства в сельской местности.

Необходимость формирования высокоразвитой социальной инфраструктуры на селе обусловлена тем, что эта инфраструктура, не создавая конечной продукции непосредственно, обеспечивает предпосылки для производства сельскохозяйственной продукции, выступает как фактор интенсификации сельского хозяйства и повышения уровня благосостояния сельских тружеников [145].

Жилищное строительство – это не только возведение жилых зданий, но также их ремонт, реконструкция и реновация. При этом под реконструкцией понимается изменение параметров зданий или их отдельных частей, в том числе надстройка, перестройка, расширение зданий, а под реновацией – целенаправленное освобождение территории (снос зданий, извлечение из подземного пространства инженерных коммуникаций, сетей) для обеспечения возможности нового строительства вне зависимости от степени сохранности расположенных на ней строений.

Строительство жилья в сельской местности является одним из основных факторов закрепления кадров на селе. При этом одновременно решаются вопросы обеспечения жильем непосредственно работников сельского хозяйства, а также проживающих не селе специалистов несельскохозяйственных профессий (медицинских работников, учителей, работников органов внутренних дел и др.).

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) включает комплекс методов и средств, обеспечивающих функционирование инженерной инфраструктуры жилых зданий, создающий удобства и комфортабельность проживания и нахождения в них людей путем

предоставления им широкого спектра услуг. В широком смысле ЖКХ подразумевает:

- энергоснабжение: электроснабжение – обеспечение поставки электричества; газоснабжение – обеспечение поставки газа; теплоснабжение – обеспечение поставки горячей воды и тепла, обеспечение работы котельных и теплоэлектроцентралей; энергосбережение;

- водоснабжение и водоотведение: водопровод – прокладка и ремонт водопроводных труб, водозабор, очистка и доставка воды в здания, в том числе для последующего подогрева для нужд горячего водоснабжения и отопления; канализация – отведение сточных вод;

- системы вентиляции и кондиционирования воздуха;

- слаботочные сети (системы коммуникации и контроля): радиотрансляционные, телевизионные, телефонные и компьютерные сети; домофон; технические средства видеонаблюдения и охраны;

- технические средства молниезащиты зданий;

- системы пожарной безопасности и др.

Основные направления совершенствования ЖКХ в сельской местности включают дальнейшее благоустройство сельских населенных пунктов и создание условий проживания на селе. Для этого необходимо постоянно улучшать и модернизировать техническое состояние жилых зданий, развивать системы электро-, водо- и газоснабжения, заниматься благоустройством населенных пунктов и созданием комфортных условий проживания в сельской местности.

Система ЖКХ является одной из важнейших отраслей социальной сферы, наравне с образованием, здравоохранением и др., так как затрагивает все население в схеме социального взаимодействия [146]. ЖКХ на селе имеет ряд особенностей, которые обусловлены тем, что для сельских районов характерна незначительная доля многоквартирной жилой площади; наблюдается доминирование частных одно- и двухквартирных домов с приусадебными участками, что определяет специфику управления ими [147].

Существуют различные формы и методы развития жилищного строительства и ЖКХ в сельской местности. Особого внимания заслуживает получивший в последние годы в Республике Беларусь опыт формирования качественно новых типов сельских поселков – агрогородков.

Агрородак – это благоустроенный населенный пункт, в котором создаются производственная и социальная инфраструктуры для обеспечения социальных стандартов проживающему в нем населению и жителям прилегающих территорий, включая:

- центральное водо- и газоснабжение;
- транспортное сообщение с населенными пунктами в зоне обслуживания, с районным и областным центрами;
- стационарные и мобильные системы телефонной связи;
- торгово-закупочные объекты потребительской кооперации;
- предприятия жилищно-коммунального обслуживания;
- структуры по обслуживанию личных подсобных хозяйств населения;
- дошкольные учреждения и школы;
- медицинские учреждения;
- пожарные аварийно-спасательные посты;
- объекты придорожного сервисного обслуживания (общественного питания, автомобильного сервиса, автозаправочные станции, гостиницы);
- спортивные объекты и сооружения, организации экологического туризма, охотничьи хозяйства;
- учреждения культуры (дома культуры, клубы, библиотеки и т. д.), центры традиционных народных промыслов и ремесел.

Для повышения эффективности проектирования, строительства и благоустройства агрогородков необходимо выполнение ряда требований, в частности [148]:

- планировочные решения поселений должны быть максимально компактными, что будет способствовать уменьшению затрат на коммуникации и обеспечивать высокий уровень их содержания;
- структура зданий должна учитывать возможность использования новых технологий по энергосбережению, утилизации хозяйственных и бытовых отходов;
- строительство зданий должно выполняться из высококачественных и вместе с тем недорогих материалов.

При создании агрогородков целесообразно более широкое использование малых архитектурных форм в соответствии с их функциями и видами, что позволяет обеспечить комфортное и функциональное благоустройство территории агрогородка [148].

Успешное развитие аграрного жилищного строительства и жилищно-коммунального хозяйства требует применения эффективных организационно-технических подходов, в частности, основанных на использовании интеллектуальных систем.

4.1. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ

Существует ряд отраслей экономики, в которых цена ошибки на этапах проектирования и создания продукции может быть довольно высока. К их числу относится строительство, где даже незначительное отклонение в расчетах может привести к серьезным последствиям, как в плане увеличения расходов на реализацию проекта, так и в плане снижения уровня безопасности для пользователей объектов строительства или инженерной инфраструктуры [149]. Недооценка глубины залегания и уровня сезонного подъема грунтовых вод при выборе места под строительство здания может приводить к подтоплению подвальных и цокольных этажей уже построенного здания, разрушению фундамента и иным малоприятным для застройщика последствиям. Прокладка подземной высоковольтной линии, выполненная без учета близости прохождения магистрального трубопровода, давно нуждающегося в ремонте, а на некоторых участках – и в замене труб, может вызывать аварии при последующем повреждении изоляции высоковольтной линии.

Подобных ошибок при проектировании систем инженерных коммуникаций и подготовке к строительным работам можно избежать использованием специализированных геоинформационных систем (ГИС) [149]. Такие системы позволяют не только автоматизировать рутинную работу инженеров-строителей, но также снизить риски ошибок, связанные с влиянием человеческого фактора. Так, действующая на основе заранее определенных алгоритмов и правил, прикладная ГИС не позволит выбрать участок под строительство на частично затопляемой местности или нестабильном грунте для здания не на свайном фундаменте, а при проектировании маршрута прокладки силовой высоковольтной линии – предупредит пользователя о nepозволительно близком расположении старого

магистрального водопровода, укажет на дату его введения в эксплуатацию и давно просроченный ремонт, на опасность возникновения аварийной ситуации вследствие прорыва трубопровода вблизи силовой линии.

Располагая необходимой совокупностью данных, представляемых в режиме реального времени, пользователи имеют возможность вырабатывать при помощи ГИС наиболее оптимальные решения, что, в конечном итоге, позволяет проектным и строительным организациям действовать более эффективно, повышая качество своих работ и сводя к минимуму затраты.

ГИС в строительстве применяются для решения следующих задач [149]:

- выбор участка под застройку с учетом всех необходимых параметров (удаленность от промышленных зон, характеристика почвы и глубина залегания грунтовых вод, точные границы административных районов, состояние и параметры рынка недвижимости на прилегающих территориях и т. д.);
- планирование размещения объектов распределенной социальной инфраструктуры в районе застройки с учетом уже имеющейся инфраструктуры прилегающих территорий;
- проектирование инженерных и энергетических сетей района застройки с учетом рельефа местности и характеристик грунта;
- планирование транспортной сети в районе застройки, маршрутов движения маршрутных транспортных средств;
- определение и оптимизация требуемого количества техники, сил и средств для выполнения строительных работ;
- определение ближайших поставщиков строительных и отделочных материалов, специализированных организаций, предоставляющих инженерные и другие необходимые в процессе строительства услуги;
- расчет наиболее подходящих маршрутов доставки строительных материалов с целью сокращения сроков и минимизации стоимости доставки.

Для проектирования сетей инженерных коммуникаций и управления используются инженерные ГИС, которые обладают большим набором специализированных функций и позволяют эффективно решать следующие задачи [149]:

– проектирование инженерных сооружений (в т.ч. строительство дорог, подготовка стройплощадок, расчеты по гидрологии и гидравлике и т. д.);

– проектирование профилей наружных коммуникаций (сети водо- и теплоснабжения, газопровода и канализации);

– управление сетью инженерных коммуникаций на основе неограниченной детализации описания объектов сети – от точного месторасположения на карте (схеме) с характеристиками местности до состава материалов объектов сети, сроков их службы, данных организации, осуществлявшей установку или ремонт объектов сети;

– сбор и анализ данных об эксплуатационной нагрузке инженерных коммуникаций;

– подготовка и ведение графиков плановых ремонтов сети;

– проведение обследований объектов инженерных сетей, анализ их технического состояния;

– точная географическая локализация мест поломок и аварий на инженерных коммуникациях;

– автоматизация составления нарядов на ремонт, смет на приобретение необходимых запчастей для ремонтных и восстановительных работ;

– отслеживание действий ремонтных бригад при устранении аварийных ситуаций и при плановом техническом обслуживании объектов сетей;

– взаимодействие с организациями, выполняющими работы на объектах сети в рамках подряда;

– предоставление данных, необходимых для расчета амортизации инженерных коммуникаций.

При проектировании маршрутов прокладки трасс инженерных коммуникаций приходится решать следующие типовые задачи [149]:

– определение общей необходимой протяженности трассы, количественных и качественных характеристик пересечений предполагаемого маршрута сети с природными препятствиями (карьерами, водоемами, заболоченными или труднопроходимыми участками местности и т. д.);

– оценка удаленности маршрута трассы от транспортных коммуникаций, по которым будут доставляться к месту строительства материалы, техника и люди, задействованные в работах;

– комплексный анализ характеристик грунта в месте прокладки трассы, поскольку участки с неплотным или разнородным (например, песчаным или каменистым) грунтом серьезно увеличивают объем работ и повышают общую стоимость строительства).

При этом в расчетах следует использовать большие объемы данных о структуре ландшафта, физико-географических, инженерно-геологических свойствах и экологическом состоянии исследуемой местности с целью детализированной оценки территории.

Высокая трудоемкость и, следовательно, себестоимость решения таких задач отражается на количестве и качестве проработываемых вариантов выбора маршрута трассы. При этом проектная команда старается выбрать для прокладки трассы тот маршрут, данные по которому более-менее известны – из открытых источников, либо вследствие проведения подобных работ на данной территории ранее. Далеко не во всех случаях качество уже имеющихся данных можно назвать удовлетворительным – они часто отличаются по форме представления, актуальности и точности. В результате качество даже того небольшого количества вариантов маршрута, что было проработано проектной командой, оставляет желать лучшего.

Повысить качество решения таких сложных и трудоемких задач, решаемых при ручной или частично автоматизированной обработке информации, а также существенно сократить сроки на их выполнение помогают средства пространственного моделирования и анализа ГИС. Это становится возможным за счет автоматизации комплексной оценки параметров местности, по которой предполагается прокладка трассы. Использование прикладных ГИС позволяет создавать гораздо большее количество вариаций маршрутов, сопоставлять их характеристики и выбирать действительно оптимальный вариант прокладки трассы, причем, при минимальных затратах времени и трудовых ресурсов. Развитые средства импорта данных позволяют использовать в прикладных ГИС федеральные, муниципальные и отраслевые базы данных, информацию проектных и научно-исследовательских институтов и других организаций в стандартных форматах. Это существенно уменьшает затраты на получение исходной информации о характеристиках исследуемой территории. Кроме того, пространственные данные, впервые получаемые при производстве инженерно-

изыскательных работ, будучи занесенными один раз в базу ГИС, используются впоследствии многократно для решения самых разнообразных задач.

Эффект от использования прикладных ГИС значительно повышается, если с ними синхронизирована работа других систем, например, систем мониторинга подвижных объектов и используемых ими коммерческих реляционных систем управления базами данных (MS SQL Server, Oracle и др.) [149].

Во-первых, указанные системы функционально дополняют друг друга. Так, организация, имеющая ERP-систему (Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия), построенную на основе системы управления базами данных, обеспечивающей корректный обмен данными с ГИС и системой мониторинга подвижных объектов, получает возможности:

- использовать данные о движении транспортных средств компании (например, ремонтных бригад на автотранспорте) для отображения их местоположения относительно обслуживаемых сетей инженерных коммуникаций или объектов строительства в режиме реального времени;

- контролировать соблюдение графика ремонтов или правильности доставки нужных грузов в конечные точки в нужное время;

- снижать расход горюче-смазочных материалов за счет оптимизации маршрутов движения;

- правильно расставлять приоритеты для первоочередного решения задач, требующих немедленной реакции и т. д.

ERP-система, используя данные ГИС и системы мониторинга подвижных объектов, помогает автоматически учесть все материалы, израсходованные в ходе внеплановых ремонтов, начислить работниками из ремонтной бригады дополнительно зарплату за успешно предотвращенную аварийную ситуацию или за проведение ночного внепланового ремонта, определить по конкретному транспортному средству экономию или перерасход топлива и выяснить причину этого факта и т. д.

Во-вторых, организация взаимодействия между этими системами помогает расширить функциональность каждой из них посредством возможности решения качественно новых задач. Например, ERP-система за счет ГИС-технологий может приобрести функции пространственного анализа сбыта продукции, активности клиентов,

перспективности освоения новых территориальных рынков, эффективности региональных рекламных кампаний и т. д.

В-третьих, подобный подход, за счет суммарного эффекта от использования внедренных систем, позволяет снизить совокупные издержки на их обслуживание и создает предпосылки для выхода организации-пользователя на новый уровень управления технологическими и бизнес-процессами, обеспечивая ответственных руководителей всей необходимой информацией для принятия верных и своевременных управленческих решений.

Одной из наиболее сложных проблем в сфере ЖКХ сельских территорий является проблема энергосбережения. В частности, эта проблема стоит особенно остро в России, а также в других странах СНГ, где значительная доля жилищного фонда на селе состоит из старых домов. Состояние этого фонда таково, что около 70 % выработанного на тепловых источниках тепла не доходит до потребителей, из них 40 % теряется в теплоцентралях и 30 % непосредственно в домах [150]. При проектировании, строительстве и эксплуатации жилых зданий далеко не в полной мере реализуется комплексный подход к энергосбережению. Так, в России согласно статистическим данным фактические потери тепла в жилых домах на 20-30 % превышают проектные значения [150].

Экономия тепла обычно достигается за счет снижения потерь в тепловых сетях; а экономия электроэнергии – за счет снижения потерь в системах трансформирования, распределения и преобразования, а также за счет оптимизации режимов работы электрооборудования; экономия расходования воды – за счет снижения утечек в трубопроводах, повышения качества санитарно-технической арматуры.

Отсюда следует, что для решения проблем энергосбережения в ЖКХ необходим эффективный учет и контроль потребления энергоресурсов на основе использования современных технических средств. К наиболее перспективным средствам такого рода относятся ГИС.

ГИС-технологии в ЖКХ используются, прежде всего, для учета и обработки информации о потреблении энергоресурсов на различных объектах ЖКХ, в частности, в жилых зданиях с учетом степени изношенности инженерных коммуникаций и технического состояния самих зданий с целью разработки соответствующих

мероприятий по энергосбережению. Принципиальная схема ГИС для мониторинга объектов ЖКХ включает датчики расходования энергоресурсов, GPS-приемники, аппаратно-программное обеспечение, автоматизированное рабочее место диспетчера и набор методик анализа.

Применение ГИС-технологий в ЖКХ дает ряд преимуществ, в частности, ГИС обеспечивают повышение эффективности в управлении и принятии решений и помогают решать инвентаризационно-учетные задачи [150].

Наиболее востребованными и перспективными являются системы измерения различных показателей, прежде всего, энергоресурсов для учета, контроля и анализа состояния объектов ЖКХ. Применение ГИС для учета ресурсов помогает осуществлять не только контроль количественных показателей, но и анализ качества и режимов снабжения и потребления воды и энергоносителей, кроме того, ГИС проводят паспортизацию всех объектов с последующей привязкой атрибутивной информации к интерактивной карте. В общем виде ГИС учета энергоресурсов показана на рис. 4.1 [150].

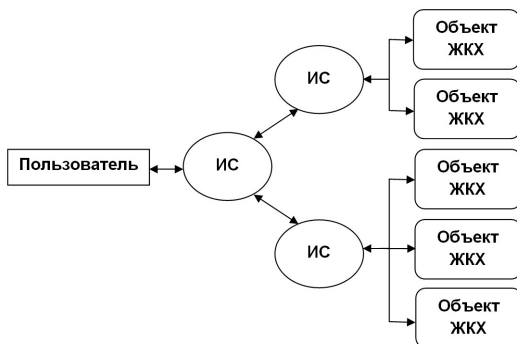


Рис. 4.1. Принципиальная схема ГИС в ЖКХ на примере диспетчерской системы

Информация от специальных счетчиков, расположенных на объектах ЖКХ, поступает через интеграторы сети (ИС) к пользователю, т. е. в диспетчерскую, где установлен сервер, содержащий базу данных с необходимой измерительной и атрибутивной информацией. На сервере установлено программное обеспечение, которое содержит в себе как возможность создания, хранения

и редактирования картографической информации с привязанными к ней атрибутивными данными, так и возможность использования специальных интегрированных систем управления базами данных. Применение такого рода ГИС в сфере ЖКХ дает весьма ощутимый экономический, социальный и административный эффект, который является особенно значительным при мониторинге объектов ЖКХ сельских территорий.

4.2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ

4.2.1. Концепция системы «умный дом»

В 1980–1990-е гг. на волне бурного развития информационных технологий сформировалось и начало получать все более широкое распространение новое направление информатизации общества, связанное с использованием технологий Intelligent Building и Smart Home [151, 152]. Перевод этих терминов на русский язык ассоциируется с понятиями «интеллектуальное здание» и «умный дом», причем термин Smart Home обычно относится к жилым зданиям.

Обобщая высказывания разных специалистов, к понятию «интеллектуальное здание» можно отнести следующие положения [151]:

– «интеллектуальное здание» – это комплекс проектных, организационных, инженерно-технических и программных решений, обеспечивающих гибкую и эффективную технологию обслуживания здания и наиболее полно отвечающих потребностям его владельцев и арендаторов с соблюдением современных требований безопасности;

– «интеллектуальное здание» – это такое здание, в котором при помощи специальных технических средств созданы идеальные климатические и профессиональные условия труда персонала, обеспечивается необходимый уровень защиты от стихийных бедствий и несанкционированного доступа, максимально рациональным образом расходуются имеющиеся энергетические и коммунальные ресурсы;

– «интеллектуальное здание» – это комплекс организационно-технических мероприятий, заложенных на этапе проектирования

и строительства и направленных на создание комфорта, безопасности и экономии;

– «интеллектуальное здание» – это комплекс технических систем, адекватно реагирующих на состояние окружающей среды и направленных на создание комфорта человека, его безопасности, экономии.

Несмотря на имеющиеся различия в перечисленных формулировках термина «интеллектуальное здание», во всех них явно просматриваются три основных фактора, на которых базируется концепция построения «интеллектуального здания» – это комфорт, безопасность и экономия.

Нередко понятие «умный дом» ошибочно отождествляется с понятием «системы жизнеобеспечения». К системам жизнеобеспечения принято относить в первую очередь инженерные коммуникации, включая теплоснабжение, электроснабжение, газоснабжение, водоснабжение, и системы безопасности, включая системы охраны, сигнализации, ограничения доступа. В последнее время, в связи с бурным развитием мультимедийного оборудования, к системам жизнеобеспечения стали относить телекоммуникационные системы, включая радио- и телефонную связь, телевидение, интернет, компьютерные развлекательные устройства.

Как правило, в большинстве строящихся современных зданий при установке различных систем жизнеобеспечения используются отдельные системы автоматики, например, системы автономного отопления, приточно-вытяжной вентиляции, учета энергоносителей, охраны и ограничения доступа. Однако каждая из таких систем является автономной и замкнутой, что не позволяет говорить об «интеллектуализации» здания.

В отличие от традиционных систем жизнеобеспечения система «умный дом» – это наиболее прогрессивная концепция взаимодействия человека с жилым пространством, когда человек одной командой задает желаемую обстановку, а уже автоматика в соответствии с внешними и внутренними условиями обеспечивает режимы работы инженерных систем или отдельных технических устройств [152]. Таким образом, система «умный дом» предполагает новый подход в организации жизнедеятельности в доме, при котором на основе комплекса высокотехнологичного оборудования создается единая автоматизированная система управления,

позволяющая значительно увеличить эффективность функционирования и надежность управления всех систем жизнеобеспечения [153].

Как уже указывалось, главным функциональным назначением системы «умный дом» является создание условий для комфортного, безопасного и экономного жилья. Эти условия обеспечиваются не только путем простого управления соответствующими подсистемами «умного дома», но также путем слаженного взаимодействия всех подсистем между собой и их гармоничного расположения в интерьере дома. Основные виды подсистем «умного дома», сгруппированных по функциональным признакам, показаны в табл. 4.1.

Как отмечалось выше, концепция «умного дома» относится к жилому сектору, куда она сравнительно недавно пришла из промышленной сферы, где технологии «интеллектуального здания» успешно реализуются уже многие годы [151]. Концепция «умного дома» до сих пор еще не получила широкого распространения. Это связано в первую очередь с тем, что ее реализация на сегодняшний день является довольно дорогостоящей, доступной пока лишь весьма обеспеченным людям. Вместе с тем следует отметить, что уже в настоящее время существует реальная сфера применения отдельных элементов системы «умный дом» для создания определенного комфорта людям, которым по инвалидности, болезни или старости трудно или невозможно без посторонней помощи передвигаться по квартире, чтобы, например, включить радио, телевизор или свет. В этом им с успехом могут помочь несложные и дешевые приборы, наделенные соответствующими функциями.

Реальная потребность в создании и применении систем «умного дома» вызвана, прежде всего, экономическими причинами. Вместе с тем активное распространение комплексной автоматизации зданий наталкивается на проблему увеличения стоимости зданий. Расчеты показывают [152], что окупаемость вложений в интеллектуальные системы автоматизации зданий наступает после 5–6 лет их эксплуатации (при условии, что к этому сроку системы морально не устареют).

Затраты на установку интеллектуальных систем окупаются благодаря снижению затрат на эксплуатацию зданий, в том числе в результате:

– снижения затрат на электроэнергию, теплоснабжение и водоснабжение за счет рационального их расхода;

– своевременного обнаружения протечек систем водоснабжения, отопления и канализации, что позволяет вовремя принять меры по их устранению и не допустить последствий аварии: затопления помещений, порчи имущества и оборудования;

– контроля систем электроснабжения, что позволяет быстро определить место аварии и подключить резервное электропитание.

Таблица 4.1

Основные виды подсистем «умного дома»

Группа подсистем с общим функциональным назначением	Вид подсистем
Подсистемы обеспечения комфорта	– электроснабжение; электроосвещение; водоснабжение; климат-контроль (отопление, кондиционирование, вентиляция, увлажнение); развлечения (передача аудио- и видеосигналов)
Подсистемы обеспечения безопасности: – подсистемы обеспечения личной безопасности – подсистемы обеспечения технической безопасности	– охранный видеонаблюдение; ограничение доступа; пожарная безопасность – обеспечение бесперебойной работы системы «умного дома» (резервные источники питания); передача аварийных сигналов
Подсистемы обеспечения экономии	– энергосбережение (экономное энергопотребление системой «умного дома»)
Подсистемы оптимального контроля и управления	– вывод видеоизображения на любой телевизор, компьютер, сенсорную панель; дистанционное управление системой «умного дома» посредством мобильного телефона или через интернет; единое управление системой «умного дома» посредством любого переносного или стационарного устройства, подключенного к локальной сети или имеющего выход в Интернет

Кроме того, системы обеспечения безопасности, помимо повсеместно распространенных систем охраны и пожарной сигнализации, могут включать в себя системы контроля целостности конструкций самого здания.

Для того чтобы оценить реальную выгоду от внедрения таких систем, следует оценить возможный ущерб от возможных аварий, трудоемкость и сроки ремонтных работ.

Многие виды систем поддержания климата в здании принципиально не могут работать без системы управления, которые обычно входят в комплект климатического оборудования. Однако для обеспечения комплексного управления зданием надо совместить работу климатической системы с работой общей системы управления. Необходимость этого продиктована, прежде всего, требованиями пожарной безопасности – при возникновении возгорания в здании необходима немедленная реакция систем вентиляции.

Пожалуй, самым важным фактором экономии от внедрения интеллектуальных систем автоматизации будет сокращение затрат на отопление здания. Существуют два основных метода борьбы с повышением затрат на отопление: 1) установка систем учета непосредственно на отапливаемых объектах; 2) отключение от системы центрального отопления и установка автономных систем отопления, работающих на природном газе. Для систем учета важна не только точность учета, но и возможность передачи учетных данных на автоматизированные системы учета верхнего уровня, что позволяет производить расчеты с поставщиками услуг своевременно и рационально. Наличие систем управления отоплением даст возможность оптимизировать расход горячей воды или пара, а также природного газа.

Аналогичные меры можно принимать по учету холодной и горячей воды и электроэнергии. Объединение всех систем учета в одно целое позволит не только построить единый автоматизированный расчетный центр, но и создать единую систему для предотвращения аварий [152]. Кроме того, системы домашней автоматизации могут существенно поднять уровень защиты жилища от несанкционированного проникновения посторонних лиц.

В последние годы рынок систем «умного дома» стремительно расширяется, что обусловлено, с одной стороны, повышением

материального благосостояния людей и, как следствие, повышением требований к качеству жизни, и с другой – уменьшением стоимости систем автоматизации [154].

4.2.2. Функции и структурная схема системы «умный дом»

Систему «умный дом» при ее создании следует наделять такими наборами функций, которые в совокупности обеспечивают максимальный комфорт, безопасность и экономию для жильцов. В табл. 4.2 в качестве примера приведены типовые функции, которыми обладает система «умный дом», разработанная компанией SHT-Electronics (Беларусь) [155].

Структурная схема системы «умный дом» содержит информацию о составе оборудования, входящего в состав системы, способах его размещения и соединения. На рис. 4.2–4.10 представлены в качестве примера некоторые структурные схемы комплексной автоматизации частного дома, разработанные компанией Beckhoff Automation GmbH (Германия) [156].

Компания выполняет автоматизацию различных технических систем здания, таких как: климат-контроль; кондиционирование; вентиляция; радиаторное отопление; теплые полы; электро-снабжение; электроосвещение; защита от протечек; видеомультимедиа; аудио-мультимедиа; домашний кинотеатр; охранно-пожарная система; структурированные кабельные системы и локально-вычислительные сети; удаленное управление. Автоматизация осуществляется на основе использования сети Интернет и Ethernet (системы пакетной передачи данных для компьютерных сетей).

4.2.3. Принципы проектирования системы «умный дом»

Для проектирования систем «умный дом» необходимо построение соответствующей концепции и наличие системного подхода к проектированию. При этом важно соблюдать ряд определенных требований к проектированию, в частности [151, 152]:

– в системах «умный дом» должны быть заложены принципы модульной архитектуры с возможностью гибкого наращивания функциональных возможностей, а также способность оборудования

к взаимной интеграции в единую систему, для чего необходима унификация сигналов между ними;

– учитывая зависимость безопасности жильцов от качества функционирования информационного компонента систем «умный дом», а также современный уровень преступности в сфере информационных технологий, необходимо обеспечить защиту оборудования и информационных ресурсов систем от различных видов несанкционированного воздействия, в том числе деструктивного характера.

Таблица 4.2

Функции системы «умный дом»

Вид функции	Содержательное описание функции
1. Управление освещением	
1.1. Реализация световых сцен	Сценарное управление освещением обеспечивается во всех помещениях. Любой выключатель способен управлять каждой группой светильников, что упрощает управление светом и минимизирует число нажатий на выключатели. При большом количестве групп светильников сценарное управление освещением позволяет быстро выбирать желаемую схему их работы
1.2. Плавная регулировка яркости света	Плавная регулировка яркости света реализуется для всех светильников. Предусмотрена установка пускателей, обеспечивающих плавный запуск работы светильников
1.3. Централизованное отключение всего электричества	Централизованное отключение реализуется для всех устройств, потребляющих электричество, кроме холодильника, котла, гаражных ворот и т. п. Предусмотрено автоматическое отключение электричества при сдаче дома на охранную сигнализацию
1.4. Централизованное отключение всего освещения	Отключение всего освещения выполняется нажатием одной клавиши при выходе из дома

Вид функции	Содержательное описание функции
1.5. Управление освещением от датчиков движения/освещенности	Управление освещением предусмотрено в проходных зонах от датчиков, которые не срабатывают при достаточной освещенности. Также предусмотрены: управление работой светильников от датчиков движения; включение светильников не на полную мощность ночью; управление ландшафтным освещением в зависимости от уровня естественной освещенности на улице
1.6. Дублирующие выключатели	Предусмотрена установка дублирующих выключателей в комнатах с несколькими входами, а также возле кроватей и рабочих столов
1.7. Имитация присутствия	Имитация присутствия реализуется во время длительного отсутствия жильцов (при необходимости)
2. Управление климатическим оборудованием	
2.1. Согласование режимов работы климатического оборудования	Согласование режимов работы для всего климатического оборудования: отопительных радиаторов, теплых полов, кондиционеров, вентиляции и др.
2.2. Формирование отдельных климатических зон	Формирование требуемого числа климатических зоны, в которых управление температурой осуществляется со сценарных выключателей с термостатами либо с помощью iPad, iPhone
2.3. Контроль содержания CO ₂	Регулировка интенсивности работы вентиляционной установки осуществляется в зависимости от уровня CO ₂ или иных событий (все дома, никого нет дома, пожар и т. д.)
2.4. Удаленное управление климатом	Удаленное управление (изменение температурных режимов) для всего климатического оборудования

Вид функции	Содержательное описание функции
2.5. Функция «дежурный режим»	Функция «дежурный режим» предусматривает во время длительного отсутствия жильцов в доме: перевод всего климатического оборудования в экономный режим (поддержание невысокой температуры); требуемое селективное отключение электроприборов, светильников; закрытие роллет, окон и карнизов с электроприводами
3. Диспетчеризация	
3.1. Контроль параметров работы различного оборудования	Контроль параметров работы, ошибок и информации о необходимости техобслуживания различного оборудования (отопительный котел, вентиляционная установка, оборудование бассейна и др.)
3.2. Контроль показаний счетчиков и передача соответствующей информации жильцам	Контроль показаний счетчиков расхода энергоресурсов с отображением информации в реальном времени на iPad и автоматической передачей требуемой информации жильцам (ежемесячные отчеты о показаниях счетчиков, сообщения о необходимости техобслуживания оборудования)
4. Электрокарнизы	Предусматривается установка электрокарнизов для любых видов штор, управление которыми осуществляется с настенных световых выключателей, радиопульты, iPad; может быть запрограммировано открытие штор по времени или в соответствии с различными сценариями
5. Безопасность	
5.1. Отслеживание утечек опасных газов	Отслеживание утечек опасных (горючих) газов ведется в котельной и на кухне (если установлена газовая плита)
5.2. Отслеживание пожара	Отслеживание пожара ведется с помощью пожарных датчиков во всех помещениях

Вид функции	Содержательное описание функции
5.3. Отслеживание утечек воды	Отслеживание утечек воды ведется в санузлах, на кухне, в техническом помещении, где установлен бойлер. В случае обнаружения утечки перекрывается ввод воды в дом
5.4. Связь с охранной сигнализацией	Предусматривается прием тревожных сигналов от охранной сигнализации, а также информации об ошибках и необходимости техобслуживания данной системы. В соответствии с полученными сигналами пожарной и газовой тревоги система сигнализации переводит вентиляцию в требуемый режим работы, включает сирены
5.5. Уведомление владельцев по телефону/SMS/E-mail/Интернету	Информация о всех тревожных событиях передается жильцам с помощью SMS/iPad/e-mail
6. Видеонаблюдение	Предусматривается реализация системы видеонаблюдения с возможностью просмотра видеоизображений в реальном времени или в записи (до трех месяцев) и управления через локальную сеть или интернет. По сценариям (например, срабатывание охранной сигнализации) сервер системы автоматизации передает управляющие сигналы видеорегистратору (по протоколу RS-232, IP телеграммами или сухим контактом)
7. Способы управления системой	Предусматривается управление всеми функциями системы автоматизации с возможностью передавать соответствующую информацию Через интернет с помощью iPhone, iPad или веб-интерфейса, а также получать SMS или голосовые звонки в случае срабатывания сигналов тревоги.

Вид функции	Содержательное описание функции
	За счет наличия сервера, с помощью которого реализуется система визуализации, также можно расширить возможности программирования световых сцен и других сценариев, например, смена световых сцен в помещении поочередным нажатием одной и той же клавиши светового выключателя
8. Дополнительные функции	
8.1. Установка датчика дождя, датчика ветра и внешнего датчика температуры	Предусматривается установка датчиков погодных условий. В соответствии с показаниями этих датчиков могут выполняться различные сценарии, например: открытие/ закрытие роллет, мансардных окон, полив газонов и т. д. Данные о погоде отображаются на iPad и настенных термостатах
8.2. Управление мансардными окнами с электроприводом, камином и сауной	Управление мансардными окнами с электроприводом, камином и сауной осуществляется с помощью системы автоматизации по различным сценариям (например, семейная встреча, приезд жильцов), в т. ч. с помощью iPad и Интернета
8.3. Видео-домофон	Установка видеодомофона осуществляется с возможностью автоматически управлять работой калитки
9. Любые другие функции	Система «умный дом» реализует практически любые другие пожелания заказчика (управление нагревателем сауны или оборудованием бассейна; удаленное кормление домашних животных; приготовление кофе в заданное время; подогрев обледевающих ступенек при снижении температуры ниже нуля, полив газона и т. д.)

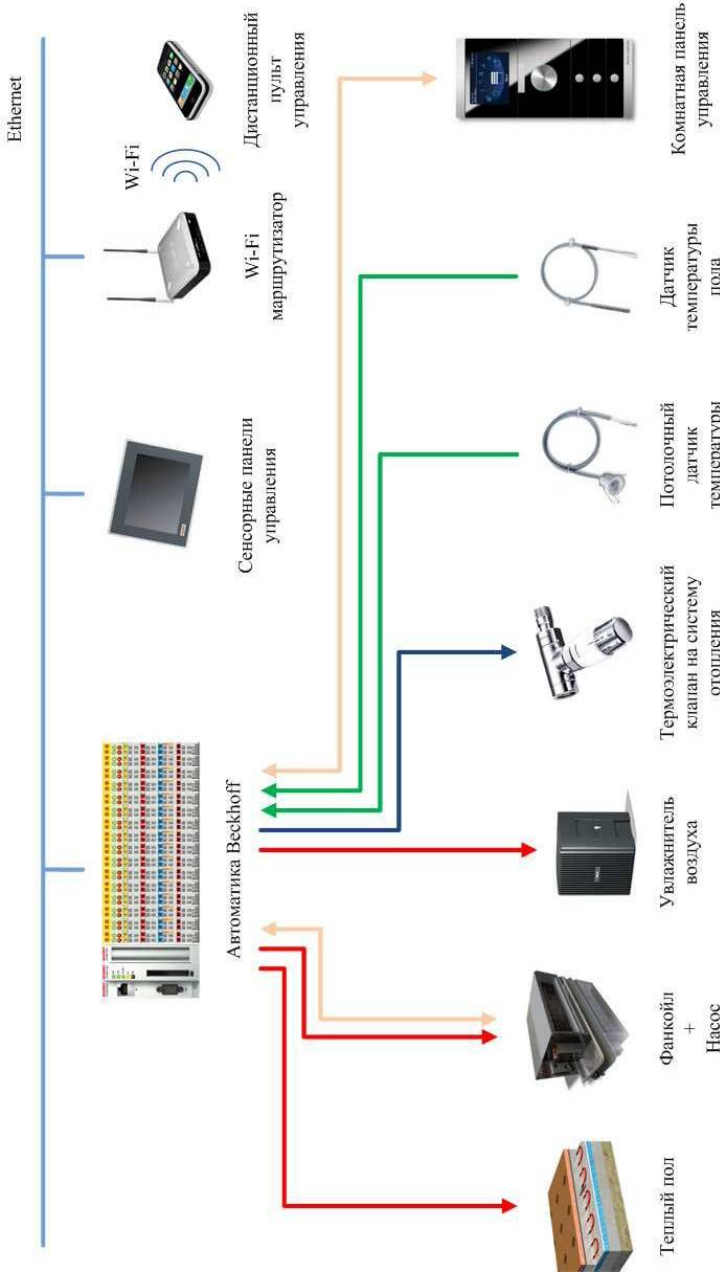


Рис. 4.2. Комплексная автоматизация частного дома: система «климат-контроль»

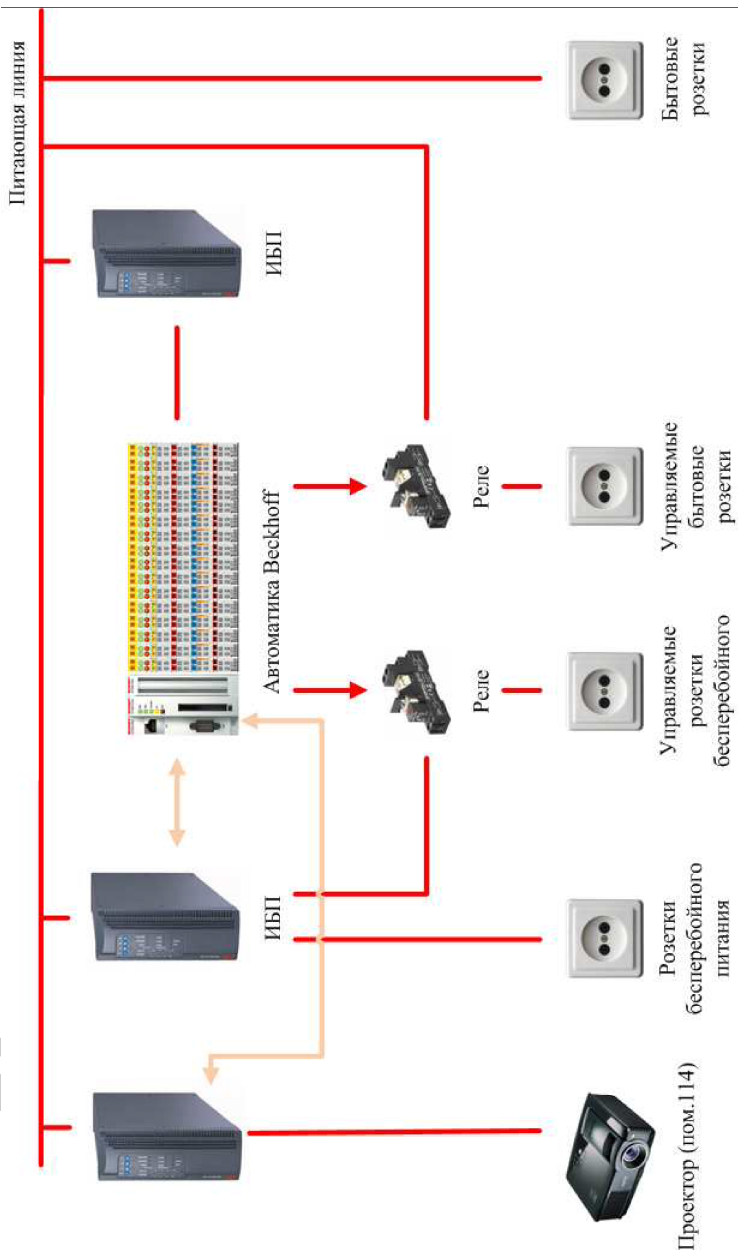


Рис. 4.3. Комплексная автоматизация частного дома: система «электропитание»

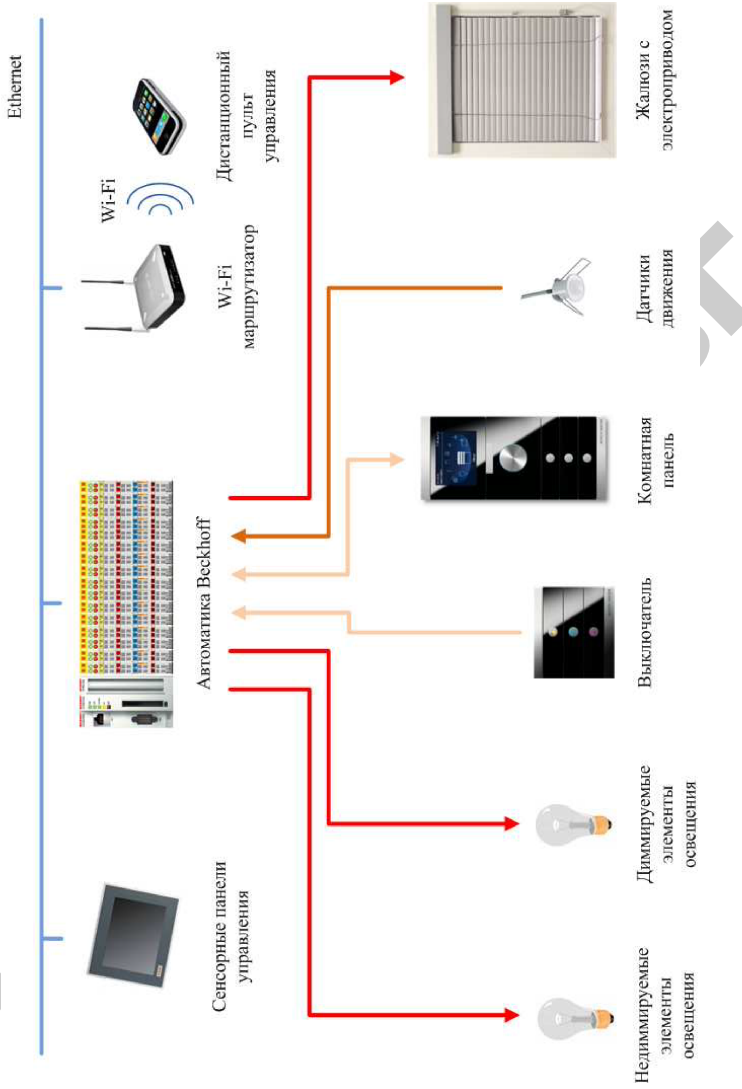


Рис. 4.4. Комплексная автоматизация частного дома: система «электроосвещение»

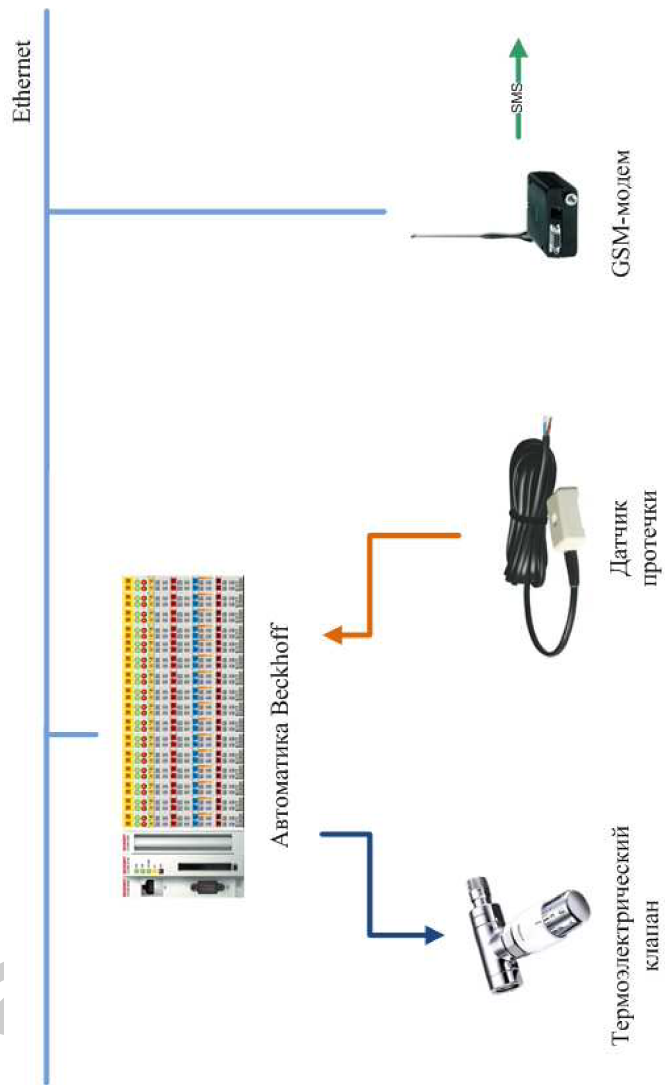


Рис. 4.5. Комплексная автоматизация частного дома: автоматизированная система «защита от протечек»

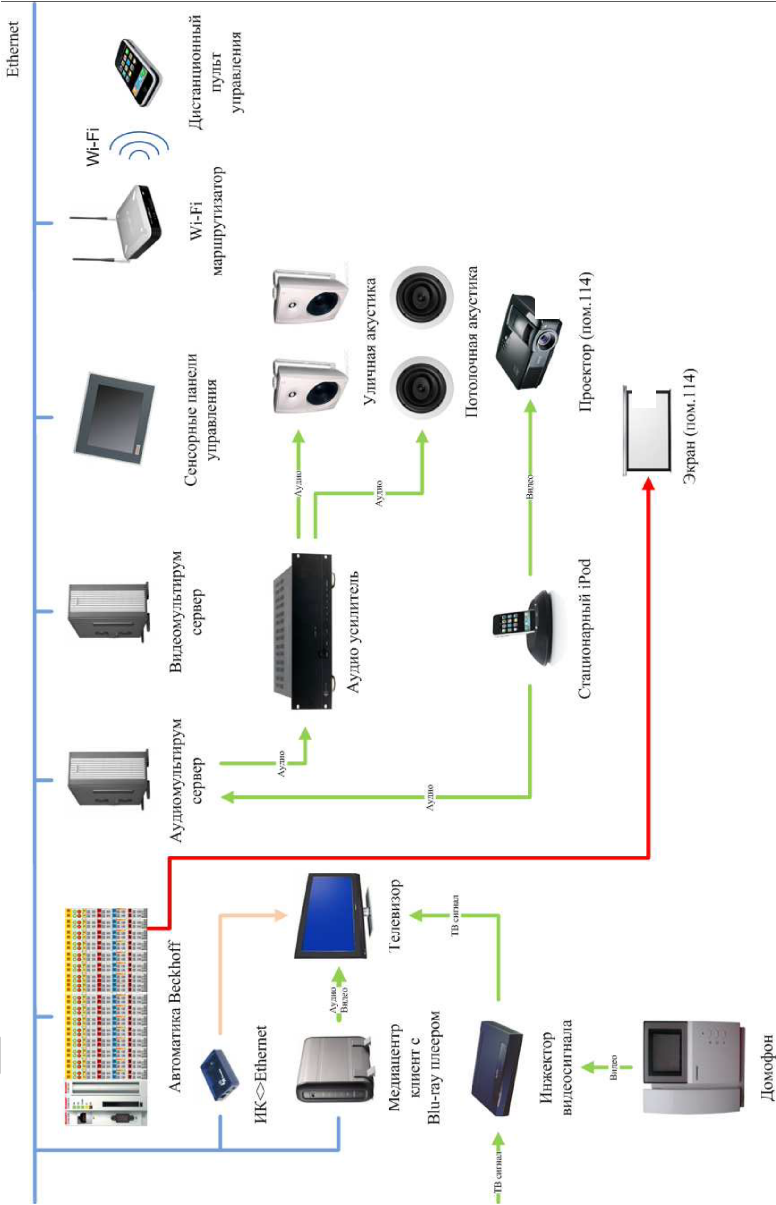


Рис. 4.6. Комплексная автоматизация частного дома: система «мультирум»

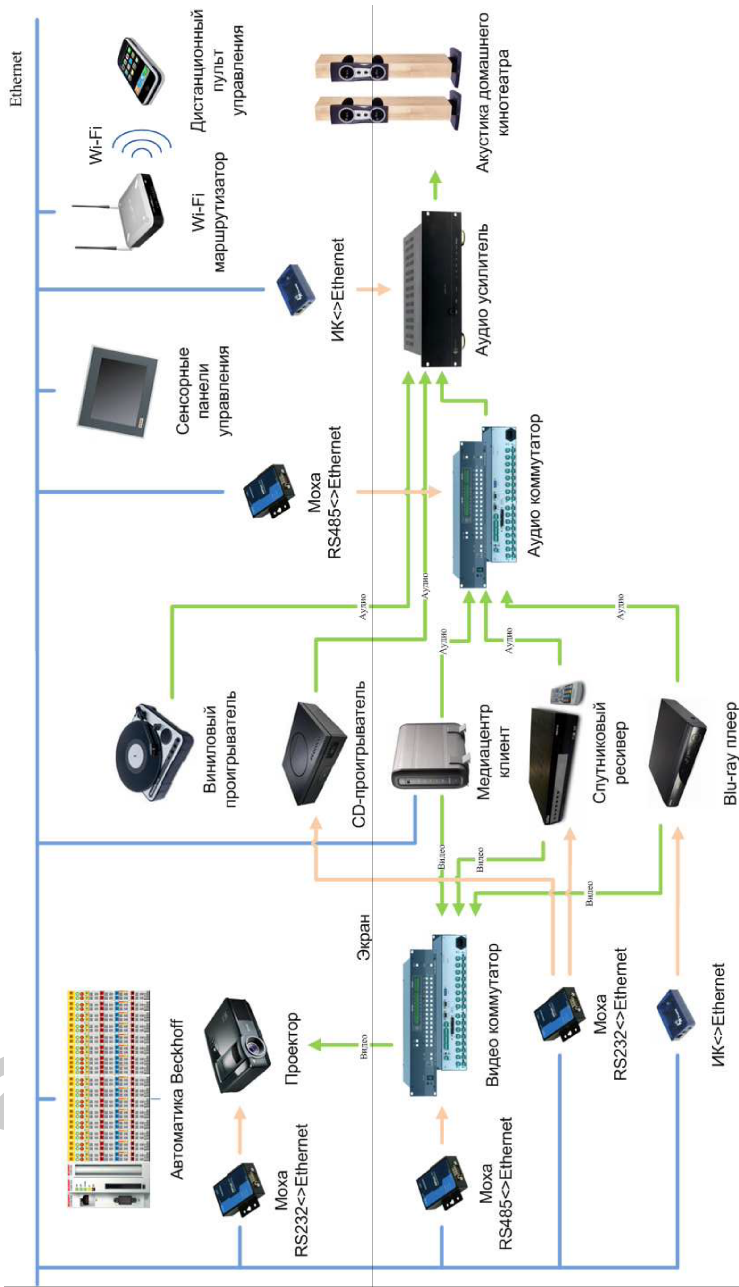


Рис. 4.7. Комплексная автоматизация частного дома: система «домашний кинотеатр»

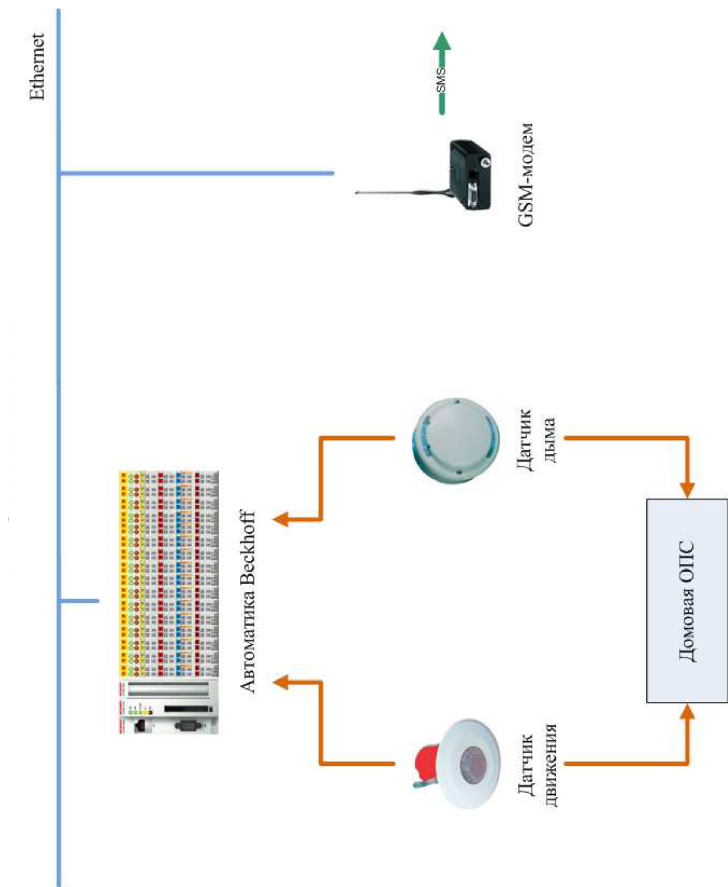


Рис. 4.8. Комплексная автоматизация частного дома: домовая охранно-пожарная система

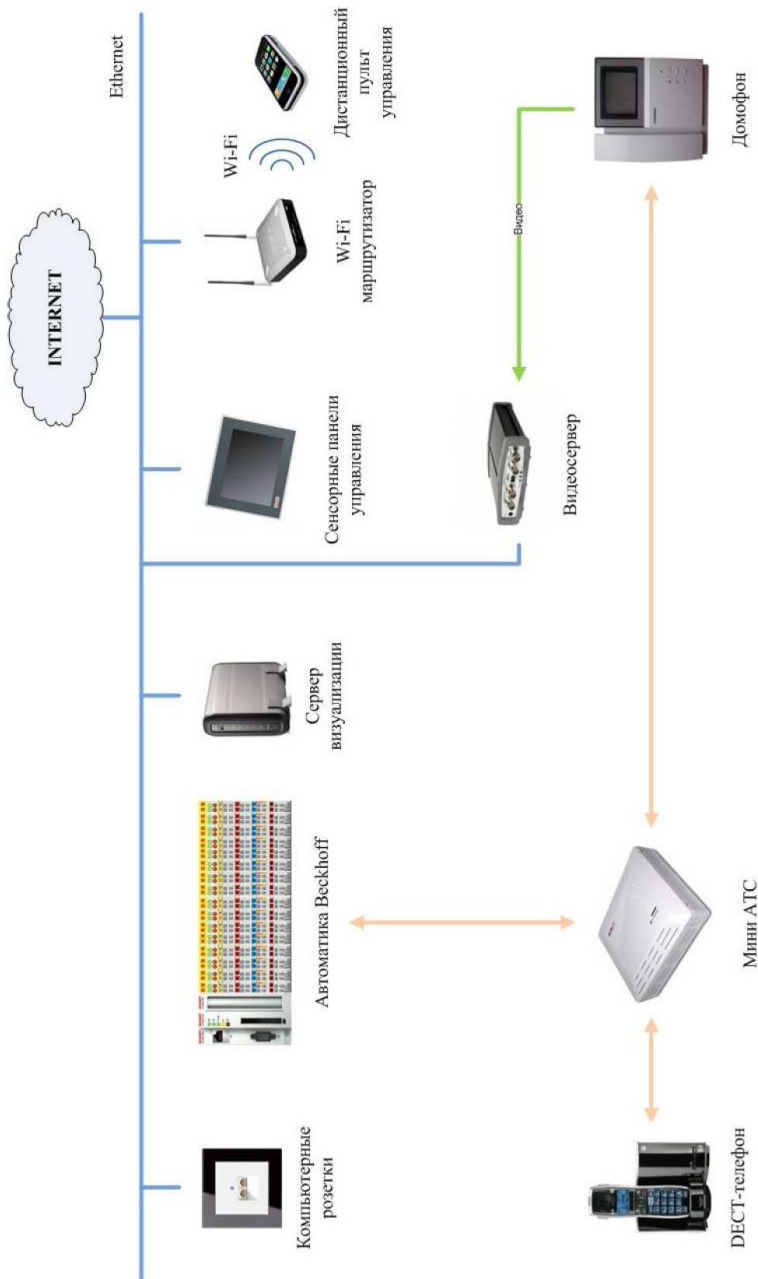


Рис. 4.9. Комплексная автоматизация частного дома: структурированные кабельные системы и локально-вычислительные сети

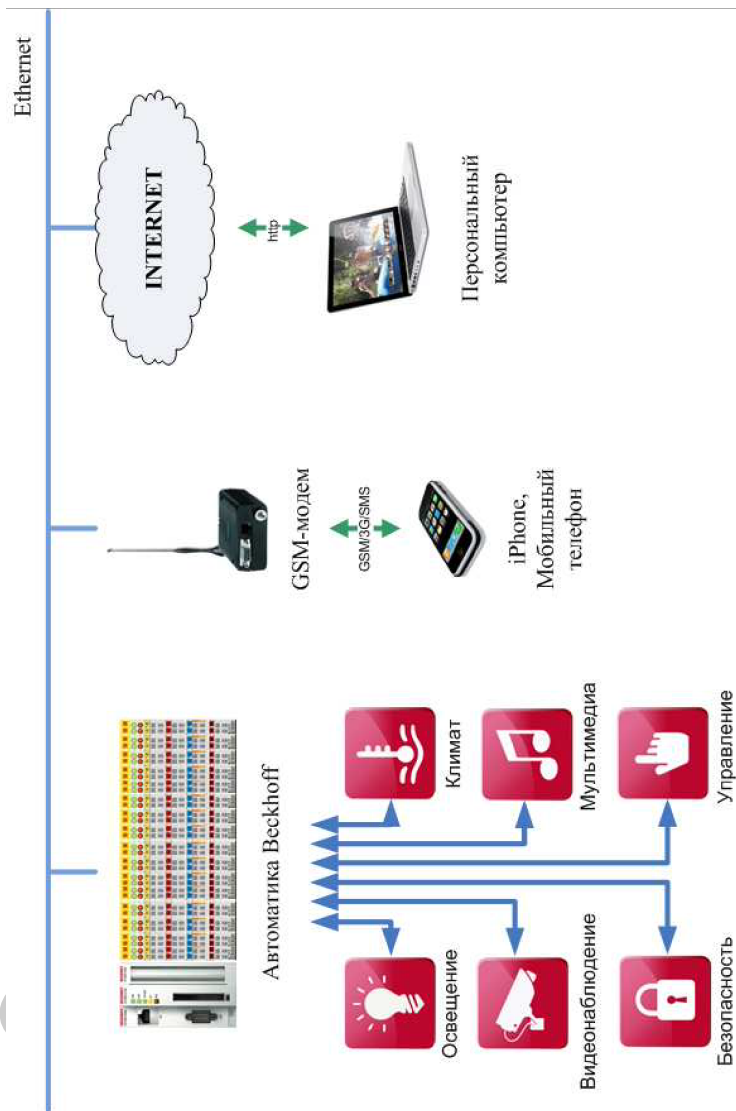


Рис. 4.10. Комплексная автоматизация частного дома: система «удаленное управление»

В разных странах мира активно разрабатываются различные варианты систем «умный дом». При этом важно обеспечить взаимодействие между существующими и перспективными нормативными документами по интеллектуальному управлению жилищем, а также разработать единые универсальные подходы (стандарты) к созданию таких систем, использование которых позволит потребителям контролировать жилище в рамках одной логической сети, включающей разнообразные аппаратно-программные средства приема, обработки, хранения и передачи информации [151].

При проектировании систем «умный дом» следует уделять особое внимание не только выбору соответствующего оборудования, но также алгоритмам управления с учетом индивидуальных запросов потребителей систем [152]. Так, применение программируемых контроллеров и специализированных сетей передачи данных хотя и решает задачи обеспечения комфортной и безопасной эксплуатации зданий, но для жильцов дома это не всегда дает ощутимый эффект. Для некоторых из них скорее важен сам факт присутствия «искусственного интеллекта» в доме, где все системы работают в автоматическом режиме. Создание такого рода систем интеллектуализации зданий с использованием аудио- и видеоустройств целесообразно на основе IBM PC совместимой техники, благодаря ее большой вычислительной мощности, развитому программному обеспечению и встроенной аппаратной поддержке этих устройств. Кроме того, развитие беспроводных систем Wi-Fi позволяет организовать эффективную систему управления без прокладки кабельных линий, но с широкими возможностями по передаче аудио и видеоинформации.

Следует также учитывать то обстоятельство, что строители зданий, создатели систем их интеллектуализации и сами потребители вкладывают разный смысл в понятие «умного» [152]. Если для первых важнейшим критерием является технологичность и стоимость здания, для вторых – реализация технических возможностей имеющегося в их распоряжении оборудования, то, что касается потребителей, то им сложнее всего определиться с критериями, поскольку приходится выбирать из множества новых функций те, которые удовлетворяют оптимальному с его точки зрения соотношению качества и цены. Часто вопрос для потребителя заключается

в том, хочет ли он превратить свой дом в центр отдыха и развлечений или же уменьшить или сделать более рациональными энергозатраты.

Как отмечалось выше, до последнего времени не было разработано единой нормативной базы проектирования, строительства и эксплуатации интеллектуальных зданий. Поэтому в зависимости от того, кто из участников рынка являлся инициатором внедрения на конкретном объекте концепции интеллектуализации, предложения и подходы по его созданию были разными [157, 158].

Ниже в качестве примера рассмотрены Рекомендации по проектированию, возведению и эксплуатации интеллектуальных зданий и сооружений [159], разработанные РУП «Институт БелНИИС» по поручению Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь с целью выработки системных подходов к решению вопросов интеллектуализации зданий.

В первом разделе документа определена область его применения – Рекомендации распространяются на разработку конструктивных, организационно-технических и технологических решений интеллектуальных зданий, направленных на повышение эффективности управления их инженерными системами в рамках единой автоматизированной управляющей системы, минимизацию затрат при обеспечении требований пользователя, предъявляемых к каждому типу помещения в зависимости от его назначения.

Документом устанавливаются:

- основные правила проектирования инженерных систем интеллектуального здания и единой автоматизированной системы управления зданием, базовые функциональные характеристики основных компонентов системы и устройств диспетчеризации и администрирования;

- рекомендуемый перечень основных функций интеллектуального здания, реализуемых на этапе его строительства в отношении инженерных систем и направленных на создание комфортных и безопасных (с учетом экономических факторов) условий для пользователя;

- правила классификации интеллектуальности зданий и пр.

Во втором разделе приведены действующие на территории Республики Беларусь технические нормативные правовые акты (ТНПА), ссылки на которые имеются в тексте документа.

В третьем разделе приведены термины, позволяющие единообразно трактовать понятия, использующиеся при проектировании, возведении и эксплуатации интеллектуальных зданий, в частности, такие понятия, как «интеллектуальное здание», «единая автоматизированная система управления зданием (ЕАСУЗ)», «сетевой протокол», «совместимость технических средств», «структурированная кабельная система» и др.

В четвертом разделе изложены общие положения, где отмечается, что работы по проектированию, строительству и эксплуатации интеллектуальных зданий должны выполняться с учетом функционального назначения здания и его частей, особенностей работы служб эксплуатации и безопасности в соответствии с техническим заданием, проектной и технологической документацией, соблюдением действующих ТНПА по производству работ, организации строительства и безопасности труда в строительстве, пожарной безопасности при производстве строительно-монтажных работ, а также требований органов госнадзора и настоящих Рекомендаций.

Также определены группы пользователей на основании базовых характеристик инженерных систем интеллектуального здания.

В пятом разделе описаны основные правила проектирования, возведения и эксплуатации интеллектуальных зданий. В частности, определено, что интеллектуальное здание предполагает совокупность инженерно-технических и технологических решений, направленных на создание высокоэффективной экономной системы, максимально отвечающей потребностям его пользователей и владельцев. Указано, что данный эффект достигается благодаря интеграции в единую информационно-управляющую инфраструктуру основных инженерных систем и их взаимодействия на базе единой среды передачи данных, как правило, организованной по принципу структурированных кабельных систем. Правильно выстроенная структура интеллектуального здания обеспечивает получение объективной информации о состоянии инженерных систем здания и их работы, оптимизацию управления инженерным оборудованием, что позволяет сократить общие расходы и принимать оперативные решения при возникновении чрезвычайных ситуаций и их своевременную локализацию.

В данном разделе также представлены:

– рекомендуемый перечень инженерных систем зданий и сооружений, в отношении которых целесообразно осуществлять функции единой автоматизированной системы управления зданием;

– основные функции единой автоматизированной системы управления зданием в отношении различных инженерных систем интеллектуального здания;

– основные компоненты единой автоматизированной системы управления зданием, технические и технологические требования к ним;

– состав, содержание и порядок разработки технического задания на проектирование интеллектуального здания;

– группы энергопотребления в системе электроснабжения зданий в зависимости от условий их использования, например система интеллектуального освещения, система гарантированного электроснабжения и пр.;

– базовые компоненты инженерных систем здания, определяющие возможность их функционирования в рамках единой автоматизированной системы управления зданием;

– классификатор интеллектуальности зданий, способствующий разработке и внедрению организационных, проектных, инженерно-технических и технологических решений, обеспечивающих эффективную реализацию основных функций единой автоматизированной системы управления в отношении инженерных систем интеллектуального здания;

– базовые функциональные характеристики компонентов единой автоматизированной системы управления зданием, определяемые в техническом задании (потребляемая мощность, рабочее сетевое напряжение, тепловыделение, акустический шум, электромагнитная совместимость технических средств и пр.);

– базовые функциональные характеристики периферийных запоминающих и архивирующих устройств, обеспечивающих формирование, хранение, анализ и статистическую обработку баз данных;

– базовые функциональные характеристики периферийных устройств отображения информации и печатающих устройств, обеспечивающих формирование тревожного сигнала о возникновении чрезвычайной ситуации, отображение временного расписания,

диспетчеризацию и администрирование пользователем инженерных систем интеллектуального здания и пр.;

– базовые функциональные характеристики интерфейсных устройств, в том числе поддерживаемые сетевые протоколы, методы сжатия и коррекции данных, скорость передачи данных и пр.;

– требования к организации электропитания устройств единой автоматизированной системы управления зданием с учетом организации системы гарантированного электроснабжения и установки резервирующих источников питания;

– технические и технологические требования к элементам структурированной кабельной системы;

– условия сохранения работоспособности единой автоматизированной системы управления зданием.

К инженерным системам интеллектуального здания, осуществляющим функции ЕАСУЗ, относятся системы электроснабжения, отопления, горячего и холодного водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха, канализации, охранной и пожарной сигнализаций и пожаротушения, контроля напряженно-деформированного состояния, контроля и управления информацией и связью, контроля и управления вспомогательными службами, а также структурированная систем мониторинга и управления инженерными системами интеллектуального здания.

Документом определены основные функции ЕАСУЗ по отношению к каждой из вышеуказанных инженерных систем. Так, система электроснабжения интеллектуального здания должна предусматривать:

– автоматическое поддержание контролируемых параметров системы электроснабжения в заданных пределах, в том числе управление рабочим, дежурным, аварийным, эвакуационным освещением в отдельных зонах и (или) помещениях здания; указателями пожарного гидранта и сигнальными огнями светового ограждения; ночными и дневными маркировочными знаками; фасадной (декоративной) подсветкой;

– автоматическое установление и поддержание энергосберегающих режимов работы системы электроснабжения, в том числе в зависимости от времени года, суток, количества людей в здании в целом или в отдельных зонах (помещениях) и пр.;

– обеспечение бесперебойного электропитания потребителей, ввод резервирующих источников питания (местные электростанции, аккумуляторы и пр.) и (или) автоматический перевод электроснабжения на резервную линию при повреждении основной;

– слежение за наличием электроэнергии (по вводам и другим источникам), а также перегрузками линий электроснабжения;

– слежение за состоянием элементов системы электроснабжения (подстанции, распределительные и резервные линии электроснабжения, резервирующие источники питания и пр.);

– автоматический запуск системы оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации в системе электроснабжения и необходимости проведения действий по эвакуации одновременным оповещением соответствующих специалистов, отвечающих за безопасность интеллектуального здания и окружающей застройки, выполнение действий, направленных на защиту основного оборудования и пр.;

– формирование и передачу блока формализованной оперативной информации о состоянии элементов системы электроснабжения интеллектуального здания в диспетчерскую службу и (или) на регистрирующее устройство.

Для реализации основных функций ЕАСУЗ в системе электроснабжения интеллектуального здания рекомендуется устанавливать следующие группы энергопотребления:

– система общего электроснабжения, предоставляющая электрическую энергию потребителям, не критичным к ее качеству, и состоящая из следующих элементов: силовая кабельная часть; вводно-распределительные устройства и автоматы, разделяющие пользователей на секции и группы потребителей; датчики напряжения и тока, позволяющие в активном режиме определять нагрузку в электросети и качество энергии;

– система интеллектуального освещения, обеспечивающая требуемые с учетом экономических факторов условия освещения во всех зонах и (или) помещениях здания в автоматическом режиме или в зависимости от внешних факторов с учетом следующих параметров: присутствие/отсутствие людей в помещении; условия внешнего освещения; расположение работающих людей и пр.;

– система гарантированного электроснабжения, обеспечивающая бесперебойное электроснабжение высокотехнологического оборудования в нормальных условиях и условиях нарушения штатного режима энергоснабжения (высокотехнологическим является оборудование, требующее по своему назначению высоких качественных характеристик по электроснабжению, а также не допускающее по технологическому циклу основной деятельности предприятия перерывов в работе (либо эти перерывы должны быть кратковременными));

– система электропитания высокотехнологического оборудования, предназначенная для организации силовой кабельной структуры здания, способная обеспечить распределение и надежное подключение системы гарантированного электроснабжения ко всему комплексу высокотехнологического оборудования;

– система заземления;

– система контроля и управления основными энергетическими показателями, обеспечивающая контроль и управление показателями качества и потреблением всей энергетической системы здания.

Подобным образом регулируются функции систем мониторинга и управления инженерными системами здания, систем охраны, пожарной сигнализации и пожаротушения, систем мониторинга напряженно-деформированного состояния здания, систем контроля и управления информацией и связью интеллектуального здания, систем контроля и управления вспомогательными службами.

В Рекомендациях содержатся требования к составлению технического задания на проектирование интеллектуального здания, а также к компонентам ЕАСУЗ, периферийным запоминающим и архивирующим устройствам, защите от несанкционированного изменения значений параметров периферийных устройств. Определены базовые функциональные характеристики устройств систем интеллектуализации.

Ряд специальных требований предъявляется к построению интеллектуальных систем управления инженерными сетями и охраняемыми комплексами при строительстве в сельской местности, в частности, при возведении коттеджных поселков [160]. Комплексный подход к проектированию поселка как целостной системы,

включающей в себя все элементы системы жизнеобеспечения, позволяет оптимизировать затраты на его строительство и последующую эксплуатацию. При этом важным, экономически оправданным решением является включение в проект централизованной системы диагностики и обнаружения аварий. В первую очередь следует обеспечить контроль состояния и работоспособности систем общего пользования, аварии которых влияют сразу на многих потребителей: водозаборные скважины, системы водоподготовки, канализационные насосные станции, очистные сооружения, трансформаторные подстанции, газораспределительные узлы.

ГЛАВА 5 АГРАРНАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Электроэнергетика – это составляющая часть энергетики, обеспечивающая электрификацию хозяйства страны на основе рационального производства и распределения электроэнергии. Последняя имеет важное преимущество перед энергией других видов – относительную легкость передачи на большие расстояния, распределения между потребителями, преобразования в другие виды энергии (механическую, химическую, тепловую, световую).

Специфическая особенность электроэнергетики состоит в том, что ее продукция не может накапливаться для последующего использования, поэтому потребление соответствует производству электроэнергии и во времени, и по количеству (с учетом потерь). Электроэнергетика отличается большим районообразующим значением. Обеспечивая научно-технический прогресс, она решающим образом воздействует не только на развитие, но и на территориальную организацию производительных сил, в первую очередь промышленности. Передача энергии на большие расстояния способствует более эффективному освоению топливно-энергетических ресурсов независимо от их удаленности от места потребления. Электроэнергетика способствует увеличению плотности размещения промышленных предприятий.

Уровень развития электроэнергетики является одним из наиболее важных показателей научно-технического прогресса. Объемы производства электроэнергии, а также ее производство на душу населения опосредствованно определяют экономический потенциал и экономический уровень развития любого государства.

Энергетика, прежде всего электроэнергетика, является одной из ведущих отраслей народного хозяйства, она развивается более высокими темпами, чем другие отрасли.

Электрическая энергия оказывает значительное влияние на все отрасли народного хозяйства, а также на уровень развития и технического прогресс любого государства. Поэтому электроэнергетика

наиболее объективно определяет уровень экономического развития страны.

В сельском хозяйстве электроэнергия используется в основном для обогрева теплиц и освещения, автоматизации работы на фермах.

Главная функция электроэнергетики села заключается в обеспечении поступательного развития производительных сил и повышении эффективности производства в аграрном секторе экономики, а также в создании необходимых жилищно-бытовых и социальных условий жизни на селе [161].

Неэффективное использование энергоресурсов приводит к значительному росту затрат на сельскохозяйственную продукцию, поскольку ее себестоимость более чем наполовину состоит из затрат на энергию. Поэтому первостепенное значение должно отводиться широкому применению средств электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, что требует надлежащего состояния электросетевого хозяйства, призванного обеспечить надежное снабжение электроэнергией потребителей агропромышленного производства.

Условием успешного развития АПК региона является восстановление и дальнейшее развитие систем энергоснабжения сельскохозяйственных товаропроизводителей за счет нового строительства, реконструкции и технического перевооружения электрических сетей централизованного энергоснабжения.

Дальнейшее развитие всех отраслей сельского хозяйства на основе высокоэффективного использования электроэнергии рассматривается в качестве одной из основных задач [162]. В животноводстве этого можно достичь только в результате резкого повышения уровня механизации и электрификации работ на животноводческих и птицеводческих фермах. Электроэнергия все шире проникает в полеводство. Комбайны заменяются легкими жатками, а вся хлебная масса обмолачивается, сортируется и сушится на стационарных установках с электрическим приводом. Это требует большого количества электроэнергии и сооружения большого числа полевых линий электропередачи. Крупнейшим потребителем электроэнергии становится орошаемое земледелие.

Все больше электроэнергии требуется на различные нужды в культивационных помещениях. С каждым годом увеличивается

количество электрифицированных парников и теплиц, где электричество применяется для обогрева почвы и воздуха, обработки почвы, досвечивания растений и общего освещения. Создаются огромные тепличные комбинаты промышленного типа. Каждый такой комбинат получает электроэнергию от трансформаторных подстанций с высокой мощностью.

Главная особенность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей заключается в том, что электроэнергию надо подводить к большому числу сравнительно маломощных объектов на большой территории [163–165]. В результате протяженность сетей в расчете на единицу мощности потребителей во много раз превышает эту величину в других отраслях народного хозяйства. При этом стоимость электроснабжения потребителей в сельской местности составляет около 75 % от общей стоимости электрификации, включая стоимость машин.

В настоящее время в мире исследуются и разрабатываются новые концептуальные положения развития электроэнергетики, соответствующие новым целям и тенденциям развития экономики и новому характеру угроз экономического, экологического и социального характера [166]. Технологическая инфраструктура современных электроэнергетических систем является довольно сложной и включает в себя множество различных пространственно распределенных, но взаимосвязанных технических элементов, осуществляющих в режиме реального времени производство, передачу и распределение электроэнергии и реализующих общую стратегическую цель – обеспечить надежное электроснабжение потребителей энергии. Традиционные методы управления большими потоками электроэнергии становятся все менее надежными, о чем свидетельствуют многочисленные системные аварии в электроэнергетическом комплексе, происходящие в последние годы в разных странах. Вместе с тем увеличивается спрос на энергетические услуги повышенного качества: снижение числа отключений и перебоев в подаче электроэнергии, высокие требования по частоте, напряжению и т. д. Новые требования к качеству электроэнергии постепенно формируются из-за роста использования сложной электротехники, электроники, необходимости обеспечения непрерывной работы технологических устройств (например, нефте- и газоперекачивающих станций) [167].

В связи с этим предлагается новая концепция развития электроэнергетики, характеризующаяся все возрастающей ролью ее интеллектуальной составляющей.

Основная идея интеллектуальной электроэнергетики заключается в создании интегрированной и самоуправляемой в режиме реального времени электроэнергетической системы, имеющей единую сетевую инфраструктуру, технологически и информационно связывающую все генерирующие источники энергии и все множество потребителей в пределах страны или отдельного региона. Экономическая стратегическая цель создания интеллектуальных энергетических систем состоит в возможности обеспечения их наиболее надежной, безопасной и эффективной работы в любой реальный момент времени при любых меняющихся условиях их внешней и внутренней среды [168].

5.1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

5.1.1. Концепция Smart Grid

Термин Smart Grid («умная сеть») известен с 2003 г., когда его впервые предложил М. Т. Вург в статье «Спрос надежности будет управлять инвестициями» [169].

Главными идеологами разработки концепции Smart Grid, получившей развитие в последнее десятилетие во всем мире, выступили США и страны Евросоюза, принявшие ее как основу своей национальной политики энергетического и инновационного развития. В последующем эта концепция получила признание практически во всех крупных индустриально развитых и динамично развивающихся странах. Концепция Smart Grid рассматривается, прежде всего, как концепция инновационного преобразования электроэнергетики на основе целостной системы видения ее роли и места в обществе с учетом предъявляемых к ней требований, принципов и способов ее осуществления.

Основные причины возникновения этой концепции связаны с тем, что в последние десятилетия прогнозируемое развитие во всем мире характеризуется возникновением целого ряда факторов, определяющих необходимость кардинальных преобразований в электроэнергетике. К таким факторам относятся [170]:

- постоянное повышение стоимости электроэнергии;

- необходимость повышения энергетической и экологической эффективности электроэнергетики;
- рост требований потребителей к надежности и качеству электроснабжения, появление прогрессивных технологий в результате научно-технического прогресса, не нашедших должного применения в современной электроэнергетике;
- снижение надежности энергоснабжения;
- изменение условий функционирования рынков электроэнергии.

Анализ возможных путей развития электроэнергетики показал наличие серьезных барьеров на пути ее развития в рамках прежней экстенсивной концепции, базирующейся в основном на улучшении отдельных видов оборудования и технологий. Наиболее значимыми барьерами являются:

- ограниченность возможности дальнейшего повышения объемов и эффективности генерирующих мощностей, в том числе из-за полного расходования в долгосрочной перспективе запасов невозобновляемых видов топлива, роста экологических проблем, сдерживания развития сетевой инфраструктуры, особенно в районах с высокой плотностью населения, все более возрастающими технологическими и инфраструктурными рисками развития;
- низкий потенциал повышения эффективности использования энергоресурсов: существующая технологическая база энергетики практически исчерпала возможности повышения производительности оборудования;
- ограниченность инвестиционных ресурсов для строительства новых энергетических объектов и развития сетевой инфраструктуры.

Как следствие, потребовалась разработка новой концепции инновационного развития электроэнергетики, которая, с одной стороны, соответствует современным взглядам, целям и ценностям общественного развития, а, с другой – максимально учитывает основные тенденции и направления научно-технического прогресса. Такой концепцией и стала Smart Grid, при разработке которой были приняты следующие исходные положения [170]:

- концепция предполагает системное преобразование электроэнергетики и затрагивает все ее основные элементы: генерацию, передачу и распределение, сбыт и диспетчеризацию;

– энергосистема рассматривается как подобная сети Интернет инфраструктура, предназначенная для поддержки энергетических, информационных, экономических и финансовых взаимоотношений между всеми субъектами энергетического рынка и другими заинтересованными сторонами;

– развитие электроэнергетики должно быть направлено на развитие существующих и создание новых функциональных свойств энергосистемы, обеспечивающих в наибольшей степени достижение главных ценностей электроэнергетики, выработанных в результате совместного видения всеми заинтересованными сторонами целей и путей ее развития;

– электрическая сеть рассматривается как важнейший объект формирования нового технологического базиса, дающего возможность существенного улучшения достигнутых и создания новых функциональных свойств энергосистемы;

– реализация концепции носит инновационный характер и дает толчок переходу к новому технологическому укладу в электроэнергетике и в экономике в целом.

В рамках концепции Smart Grid разнообразие требований всех заинтересованных сторон (государства, потребителей, регуляторов, энергетических компаний, сбытовых и коммунальных организаций, собственников, производителей оборудования и др.) сводится к группе ключевых требований (ценностей) новой электроэнергетики, к которым относятся [170]:

– доступность – обеспечение потребителей электроэнергией без ограничений в зависимости от того, когда и где она им необходима, и в зависимости от оплачиваемого качества;

– надежность – возможность противостояния физическим и информационным негативным воздействиям без тотальных отключений или высоких затрат на восстановительные работы, максимально быстрое восстановление (самовосстановление);

– экономичность – оптимизация тарифов на электроэнергию для потребителей и снижение общесистемных затрат;

– эффективность – наиболее рациональное использование всех видов ресурсов и технологий при производстве, передаче, распределении и потреблении электроэнергии;

– органичность взаимодействия с окружающей средой – максимально возможное снижение негативных экологических воздействий;

– безопасность – предотвращение ситуаций в электроэнергетике, опасных для людей и окружающей среды.

В рамках концепции Smart Grid для достижения указанных выше требований (ценностей) предполагается развитие следующих функциональных характеристик [170]:

– самовосстановление при аварийных возмущениях: энергосистема постоянно поддерживает свое техническое состояние на требуемом уровне путем идентификации, анализа и перехода от управления по факту возмущения к предупреждению аварийного повреждения;

– мотивация активного поведения конечного потребителя: обеспечение возможности самостоятельного изменения потребителями объема и потребительских характеристик (уровня надежности, качества и т. п.) получаемой энергии на основании баланса своих потребностей и возможностей энергосистемы с использованием информации о характеристиках цен, объемов, надежности, качестве и др.;

– сопротивление негативным влияниям: наличие специальных методов обеспечения устойчивости и живучести, снижающих физическую и информационную уязвимость всех составляющих энергосистемы и способствующих как предотвращению аварий системы, так и быстрому ее восстановлению после аварий;

– обеспечение надежности и качества электроэнергии путем перехода от системно-ориентированного подхода к обеспечению этих свойств к клиенто-ориентированному подходу;

– многообразии типов электростанций и систем аккумулирования электроэнергии: оптимальная интеграция электростанций и систем аккумулирования электроэнергии различных типов и мощностей путем подключения их к энергосистеме по стандартизованным процедурам технического присоединения и переход к созданию «микроэнергосистем» на стороне конечных пользователей;

– расширение рынков энергии до конечного потребителя: открытый доступ на рынки электроэнергии активного потребителя, способствующий повышению результативности и эффективности розничного рынка;

– оптимизация управления активами: переход к удаленному мониторингу производственных активов в режиме реального времени,

интегрированному в корпоративные системы управления для улучшения режимов работы и совершенствования процессов эксплуатации, ремонта и замены оборудования и, как следствие, обеспечение снижения общесистемных затрат.

Отдельные элементы технологии интеллектуальных электросетей начали появляться в 1980-е гг. в связи с решением практических задач автоматизированного контроля потребления и управления распределением электроэнергии. В это время получили распространение устройства автоматического считывания показаний электросчетчиков у крупных потребителей энергии, которые привели в 1990-е гг. к созданию интеллектуальных счетчиков. Последние позволили производителям энергии проводить в режиме реального времени мониторинг расхода энергии и тем самым быстро реагировать на изменения в ее спросе. Первоначально простейшие по конструкции приборы пассивно определяли нагрузку на энергосистему. С их помощью стало возможным корректировать работу промышленных и бытовых кондиционеров, холодильников и обогревателей, чтобы избежать сбоя в электросетях во время их пиковой нагрузки. С начала 2000-х гг. интеллектуальные счетчики стали широко применять в больших электросетях, которые охватывают множество потребителей энергии, распределенных на значительной территории, и функционируют, базируясь на использовании как технологий широкополосного доступа по линии электропередачи, так и беспроводных технологий.

В 2015 г. в Брюсселе по инициативе Европейской комиссии состоялась конференция по стандартизации интеллектуальных электросетей (European Conference on Smart Grid Standardization Achievements – 2015), во время которой крупнейшие европейские организации по стандартизации представили результаты совместной работы по подготовке стандартов, позволяющих развертывать гибкие, масштабируемые и эффективные интеллектуальные электросети (Smart Grid) [171].

На сегодняшний день под интеллектуальными электросетями в общем случае принято понимать модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные технологии для сбора информации о производителях

и потребителей электроэнергии, позволяющей автоматически повышать эффективность, надежность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии [172].

Развитие интеллектуальных электросетей означает не только совершенствование технической инфраструктуры сетей электроснабжения, но также фундаментальную реорганизацию рынка услуг электроэнергетики. В последнее десятилетие в ведущих странах мира реализуется большое количество разнообразных проектов по развитию технологии Smart Grid, где применение «умных счетчиков», «умных лифтов», «умных домов», использование солнечной и ветровой энергии в сочетании с «умными домами» дает значительный выигрыш потребителю в оплате услуг энергетических организаций. Последние, в свою очередь, получают положительный эффект за счет сглаживания графика пиковой нагрузки и уменьшения потерь электроэнергии.

5.1.2. Интеллектуальные энергосистемы с активно-адаптивной сетью

При модернизации электроэнергетики на новых принципах главное внимание уделяется созданию электросети как структуры, обеспечивающей надежные связи между источниками и потребителями энергии. При этом новые технологии, применяемые в электросетях для адаптации характеристик энергетического оборудования к режимной ситуации, позволяют создать эффективно работающую энергосистему, в которую встраиваются информационно-диагностические системы, системы автоматизации управления всеми элементами, включенными в процессы производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии. Таким образом, речь идет о создании интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС), т. е. такой системы, в которой все субъекты электроэнергетического рынка принимают активное участие в процессах производства и распределения электроэнергии [170]. Базовые субъекты ИЭС ААС представлены в табл. 5.1 [173].

Базовые субъекты ИЭС ААС

Базовый субъект	Объект субъекта	Фактор, подлежащий учету
Потребители	Конечные пользователи электроэнергии	Способность управлять использованием электроэнергии, включая возможность ее генерации и сохранения
Рынки	Участники рынка и операторы	Возможность организовать торговлю электроэнергией
Поставщики услуг	Организации, предоставляющие услуги субъектам оптового и розничных рынков	Наличие структур и технологий, обеспечивающих предоставление услуг
Эксплуатация и развитие	Генерирующие компании, электросетевые организации	Способность обеспечивать управление функционированием и развитием энергосистемы
Оптовая генерация	Генерирующие компании	Возможность генерации электроэнергии, включая ее хранение для дальнейшего распределения
Передача	Электросетевые организации	Передача больших количеств электроэнергии на большие расстояния, включая, при необходимости, хранение и генерацию электроэнергии
Распределение	Электросетевые организации и потребители электроэнергии	Распределение электроэнергии между потребителями и от потребителей, включая при необходимости, хранение и генерацию электроэнергии

Особенность концепции ИЭС ААС состоит в том, что она направлена на реализацию активной стратегии потребителя, под которой понимается обеспечение возможности самостоятельного

изменения потребителями объема и функциональных свойств получаемой электроэнергии на основании баланса своих потребностей и возможностей энергосистемы [173]. Другими словами, ИЭС ААС стимулирует потребителей к участию в регулировании нагрузки. При этом потребитель электроэнергии рассматривается в качестве партнера субъектов электроэнергетики в части обеспечения надежной работы энергосистемы. В частности, «активный потребитель» вправе выбирать:

- режим своего электропотребления в соответствии с необходимостью выполнения производственных планов по выпуску продукции или обеспечению энергией домохозяйства, оптимизируя затраты на покупку электроэнергии с внешних рынков;

- степень своего участия в предоставлении дополнительных услуг – управляемых активных и реактивных нагрузок (мощностей) для управления со стороны системного оператора;

- условия загрузки собственной мощностью (при ее наличии) для формирования заявки на участие в покупке/продаже электроэнергии на оптовом и розничном рынках.

В составе ИЭС ААС электрическая сеть превращается из пассивного устройства транспорта и распределения электроэнергии в активный элемент, параметры которого изменяются в реальном времени в зависимости от режимов работы энергосистемы.

Для реализации этой новой функции электросети оснащаются быстродействующими устройствами силовой электроники и электромашиноventильных систем, а также устройствами, обеспечивающими получение информации в режиме on-line о режимах работы сети и состоянии оборудования [170, 174]. При этом в электросетях, и у потребителя широко применяются различные виды накопителей (аккумуляторов) электроэнергии, а сами потребители становятся активными участниками процессов не только потребления, но и распределения электроэнергии. Кроме того, электросети оснащаются устройствами автоматизации управления нормальными и аварийными режимами работы с использованием мощных компьютерных средств и единой системы связи для управления и оценки состояния режимов работы сетей.

Таким образом, ИЭС ААС представляет собой электроэнергетическую систему, основанную на мультиагентном принципе организации и управления ее функционированием и развитием с целью

обеспечения эффективного использования всех ресурсов (природных, социально-производственных, человеческих) для надежного энергоснабжения потребителей за счет гибкого взаимодействия всех ее субъектов (источников электроэнергии, электросетей и потребителей электроэнергии) на основе современных технологических средств и единой интеллектуальной иерархической системы управления [170].

В ИЭС ААС важная роль отводится активно-адаптивной электросети как технологической инфраструктуре электроэнергетики, наделяющей энергосистему принципиально новыми свойствами.

Активно-адаптивная сеть представляет собой совокупность подключенных к источникам и потребителям энергии элементов электросетей и систем управления, включающих [170]:

- линии электропередачи с управляемым изменением характеристик (активных и реактивных составляющих сопротивлений), а также систем контроля их состояния (стрел провеса, гололедообразования, систем защиты от разрядов и перенапряжений и т. п.);

- устройства электромагнитного преобразования электроэнергии с широкими возможностями регулирования параметров (напряжения по модулю и по фазе, мощности, преобразования рода тока – переменного и постоянного и др.), а также средства аккумуляции энергии;

- коммутационные аппараты с высокой отключающей способностью и большим коммутационным ресурсом;

- исполнительные механизмы, позволяющие в реальном времени воздействовать на активные элементы сети, изменяя ее параметры и топологию (конфигурацию и сопротивления);

- датчики положения и текущих режимных параметров в количестве, достаточном для обеспечения оценки состояния сети в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах работы энергосистемы, с высокой скоростью съема показаний в цифровом виде;

- цифровые устройства защиты и автоматики;

- информационно-технологические и управляющие системы, в том числе программное обеспечение и технические средства адаптивного управления с возможностью воздействия на активные элементы сети и электроустановки потребителей в реальном времени;

– быстродействующую многоуровневую управляющую систему с соответствующим информационным обменом для управления и контроля состояния системы с различными временными циклами для разных уровней управления.

5.1.3. Интеллектуальные геоинформационные энергосистемы

Концепция Smart Grid опирается на информационные технологии и вместе с тем стимулирует развитие этих технологий в электроэнергетике, поскольку реализация Smart Grid предполагает увеличение информационных потоков в сотни раз и, следовательно, требует более эффективных способов управления информацией. Одним из важнейших инновационных направлений повышения эффективности информационных технологий и принятия на их основе управленческих решений в электроэнергетике является применение геоинформационных систем [175]. Эти системы в электроэнергетике имеют статус инфраструктурной технологии и рассматриваются как базовая технология для построения корпоративной информационно-технологической архитектуры энергетических компаний, поскольку почти 90 % информации, используемой в электроэнергетике (прежде всего, в электросетях), характеризуется наличием пространственной привязки в силу географически распределенной природы основных активов – транспортных и распределительных электросетей и сопутствующей инфраструктуры [176].

ГИС-технологии предоставляют энергетическим предприятиям универсальный инструмент для сбора, хранения, анализа и графической визуализации различной пространственной информации, необходимой для эффективного проектирования и сопровождения пространственно-распределенных объектов.

Они позволяют одновременно эффективно работать с большими объемами разнородной информации. Благодаря плавному переходу между отображаемыми масштабами и насыщенностью карт с соответственным изменением детализации данных прикладного характера (например, управление отображением слоев высоковольтных линий определенных классов напряжений или подстанций) можно управлять наполнением отображения участков энергосистемы, видимых на экран компьютера [177]. Это позволяет создавать

на базе ГИС специализированные программные комплексы, которые могут применяться на энергетических предприятиях различных уровней иерархии: от предприятия распределительных сетей до объединенного диспетчерского управления. Так, использование ГИС на предприятиях электрических сетей позволяет создать единую базу и единый графический интерфейс для различных служб: службы линий, службы подстанций, службы релейной защиты и автоматики и диспетчерской службы.

ГИС-технологии помогают не только сетевым компаниям. Так, они позволяют оценивать перспективы развития гидроэнергетики на основе картографической информации и схем территориального планирования объектов гидроэнергетики [177]. При этом первичная информация системы позволяет оценить перспективность размещения объекта гидрогенерации в том или ином регионе. Кроме того, эти данные могут использоваться при проектировании и эксплуатации ГЭС. Таким образом, ГИС служит графической базой пространственных данных, которая включает в себя комплексную информацию о схемах территориального расположения объектов гидроэнергетики, достоверные и актуальные сведения об этих объектах (параметры, инженерные решения, трехмерные модели и т. п.), включая строящиеся и перспективные ГЭС, зоны влияния гидроузлов с топографическими, геологическими и гидрологическими характеристиками местности. ГИС также способна объединять информацию об объектах промышленной и социальной инфраструктуры.

Такая геоинформационная энергосистема существенно упрощает получение исходных данных при обосновании инвестиций и других стадий проектирования. Актуальная информация становится востребованной и при анализе потребности регионов в электроэнергии, и в принятии оперативных решений по повышению выдачи энергетической мощности. При этом ГИС включает не только базовую пространственную информацию (картографическую основу и данные дистанционного зондирования Земли), но ряд тематических наборов данных («паспортные» данные объектов электросетевой инфраструктуры и данные мониторинга, информацию о техническом состоянии, текущие показатели функционирования сети, результаты измерений и наблюдений, информацию из внешних источников и др.).

ГИС также может использоваться для обеспечения комплексной безопасности объектов энергетики, мониторинга угроз, а также при построении интеллектуальной системы реагирования на нештатные и чрезвычайные ситуации [177]. При этом ГИС, обеспечивая быструю пространственную локализацию и моделирование хода и последствий чрезвычайных ситуаций, способствует минимизации негативных экономических, экологических и других последствий аварий, отключений и сбоев в электросетях.

Таким образом, ГИС призвана помочь энергетическим предприятиям в обеспечении надежной работы магистрального электросетевого комплекса и стабильного электроснабжения потребителей.

Поскольку электросети являются сложным комплексом, имеющим значительное пространственное распределение, то применение ГИС становится все более востребованным для решения разнообразных практических задач в электроэнергетике, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией объектов электроэнергетики (табл. 5.2) [178].

Таблица 5.2

Практические задачи электроэнергетики,
решаемые с применением ГИС

Название задачи	Условие постановки и содержание задачи
Задачи обоснования (развития)	
Анализ текущих потребностей по электроснабжению	Задача возникает, когда в территориальном (структурном) районе существуют потребители электроэнергии, но их потребности не выполняются или выполняются неудовлетворительно
Оценка эффективности электроснабжения	Задача возникает, когда необходимо снижать эксплуатационные затраты; она имеет место при планировании изменения объемов передачи энергии, проведения долгосрочных изменений в структуре сети (например, при выводе участка на реконструкцию) и технического перевооружения

Название задачи	Условие постановки и содержание задачи
Прогноз экономического развития регионов	Решение задачи необходимо для долгосрочной оценки изменения энергопотребления, которая может показать необходимость создания электросети в тех местах, где ее до сих пор не было, либо отказ от вложения средств в электросети, охватывающие неперспективные районы
Обоснование необходимости реконструкции и развития	Учитываются текущие и прогнозируемые потребности в электроснабжении, текущее состояние сети и ее резерв, а также оцениваются ожидаемые эффекты от реконструкции или развития: экономические, социальные и экологические
Задачи проектирования	
Разработка вариантов реконструкции и развития	Разрабатываются общие варианты проведения реконструкции, технического перевооружения или строительства и ввода нового оборудования с учетом текущих и планируемых нагрузок, а также существующей ситуации (ближнего окружения электросети)
Оценка вариантов с учетом ситуации	Оцениваются сметные стоимости реконструкции и развития по предлагаемым вариантам, экономический и технический эффекты (стоимость последующей эксплуатации, доходность, надежность и другие факторы)
Проектные изыскания	Проектные изыскания проводятся как для нового строительства (изыскания площадок и трасс на местности), так и при реконструкции (испытания существующего оборудования, измерение реальных технических характеристик и др.)
Проектирование реконструкции, строительства и монтажа	Проводится проектирование строительной части, выбор необходимого оборудования и линий с учетом местных факторов, расчет нормальных режимов с учетом суточных графиков нагрузок абонентов, выбор и расчет защит, контрольно-измерительного оборудования

Название задачи	Условие постановки и содержание задачи
Проектирование нового регламента эксплуатации	Проводится планирование способов и средств управления сетью, а также типовые процедуры по эксплуатации сети (периодичность осмотров, ремонтов и т. п.); рассчитываются типовые варианты функционирования (варианты резервирования, вывода объектов в ремонт, порядок перехода от одного электрического режима к другому)
Задачи сопровождения строительства	
Планирование работ	Проводится временное планирование, планирование ресурсов; при проведении работ на большой территории решаются транспортные задачи и оптимизируются планы с их учетом
Документальное сопровождение строительства и реконструкции	Ведутся журналы работ с указанием исполнителей и материалов, а также документы (наряды, накладные и т. п.)
Независимый мониторинг	Отслеживается и оценивается экологическое воздействие строительства или реконструкции на окружающую среду
Контроль качества	Проводятся учет и оценка результатов испытаний
Создание исполнительной документации	Создание исполнительной документации сопровождается внесением изменений в проектную документацию, документированием параметров объектов сети, проведением исполнительной съемки и паспортизации при наличии сильных отклонений от проектного решения
Задачи управления эксплуатацией	
Периодический мониторинг технического состояния объектов сети	Проводятся осмотры, измерения параметров объектов и обновление их паспортов в информационной системе; отслеживаются изменения технологических схем; объекты оборудования, выводимые в ремонт и вновь вводимые в эксплуатацию, помечаются на схемах, планах и в каталогах

Название задачи	Условие постановки и содержание задачи
Оперативный мониторинг состояния сети	Проводятся отображение нормальной и реальной схем сети, обновление реальной схемы сети по данным телеметрии (состояния коммутаторов, замеры в контрольных точках), отображение текущих параметров оборудования, его состояния (в работе, в ремонте, в резерве)
Периодический анализ технического состояния объектов сети	Проводятся оценка износа и надежности оборудования по результатам испытаний и измерений с учетом динамики изменения характеристик и расчет загруженности оборудования по данным расчетов режимов и данных о переданной за период мощности
Оперативный анализ состояния сети	Проводятся выделение цветами подключенных и отключенных частей сети, абонентов, потерявших услуги в результате незапланированных отключений, расчет вариантов резервирования питания с учетом загрузки оборудования и требований надежности защит, расчет режима сети, расчет загрузки трансформаторов и линий по току и контроль превышения, анализ селективности работы защит, контроль и учет потерь в сети, контроль и учет потребления электроэнергии абонентами
Планирование регламентных и профилактических мероприятий	Проводятся формирование перечня работ, сетевых графиков с учетом ресурсов, транспортной доступности и сведений о порядке вывода объектов в профилактику и резервирования, формирование нарядов на производство работ, а также последующий контроль за их исполнением
Оперативное управление сетью	Проводится весь комплекс телеуправления, а также оперативной связи между диспетчерами и бригадами

Название задачи	Условие постановки и содержание задачи
Планирование ремонтно-восстановительных мероприятий	Проводятся оценка срочности работ, расчет оптимальных маршрутов движения, транспортной доступности и сведений о порядке вывода объектов в профилактику и резервирования, формирование нарядов на производство работ, а также последующий контроль за их исполнением
Документальное сопровождение эксплуатации сети	Осуществляется ведение документов: хранение, структурирование, передача по различным этапам документооборота, составление ведомостей работ, отчетов по движению оборудования и вводу/выводу объектов и оборудования в эксплуатацию, учет расходования средств
Периодический анализ общего состояния и необходимости модернизации сети	Проводится анализ состояния сети: частота аварий, отключений, перегрузок, процент потерь энергии, надежность оборудования, соответствие режима качества требованиям абонентов, прогноз дальнейшего состояния сети при отсутствии модернизации, реконструкции или развития
Обоснование затрат на содержание сети	Проводятся оценка остаточной стоимости оборудования и объектов сети, оценка объемов ремонтов на предстоящий период, нормативная оценка объемов объектов и оборудования, а также анализ местных факторов (климат, местность и т. п.)
Задачи контроля и учета	
Мониторинг состояния сети	Проводится отслеживание изменений технического состояния объектов и оборудования сетей, а также ее ближнего окружения, учет воздействия на окружающую среду
Паспортизация объектов сети	Проводится сбор данных по трассам линий (координаты, провис, марки опор, проводов, тросов и т. п.), станциям и подстанциям (координаты, планы, схемы основных, вторичных и сигнальных цепей, марки и технические характеристики оборудования), вносятся информация по кадастровым делам, сведения о прошедших ремонтах, неисправностях

Название задачи	Условие постановки и содержание задачи
Анализ эффективности эксплуатации	Проводится расчет затрат на эксплуатацию (расход материалов, стоимость работ по содержанию сети, убытков от аварий), а также соотнесение этих затрат с поставленными целями (получение прибыли, обеспечение выполнения сетями своего назначения, способствование экономическому и социальному развитию)
Оценка остаточной стоимости и износа	Проводится расчет износа оборудования и объектов с учетом проведения мероприятий по ремонту и реконструкции, а также с учетом сведений об авариях, количестве прошедших циклов переключений с учетом влияния перегрузок, наблюдавшихся на оборудовании

Решение всех информационных задач, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией объектов электроэнергетики, не сводится к одной или двум информационным технологиям. Существенная многоплановость задач приводит к тому, что необходимо четко выделить их составные части и определить базовые информационные технологии, необходимые для их решения (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Информационные системы,
используемые для решения практических задач в электроэнергетике

Название системы	Назначение системы
Геоинформационные системы	Хранение, визуализация и обработка больших массивов пространственно-ориентированных данных; пространственный и топологический анализ
Системы автоматизированного проектирования	Подготовка данных, проектирование и оформление выходной документации; технические и сметные расчеты

Название системы	Назначение системы
Системы управления базами данных	Хранение больших массивов структурированной информации (как правило, табличной); быстрый поиск, изменение данных; выполнение запросов
Системы управления документооборотом	Организация доступа и хранения электронных документов; управление передачей документов между пользователями; отслеживание прохождения документов
Системы моделирования процессов (в том числе гибридные)	Математическое или иное моделирование процессов (расчеты режимов, переходных и аварийных процессов, работы оборудования); расчет вторичных характеристик (передача, потери, износ)
Телеметрия и телеуправление	Сбор, передача, накопление и отображение информации от удаленных датчиков; подготовка и передача управляющих сигналов к исполнительным устройствам
Экспертные системы	Анализ данных на основе заданных правил и ответов экспертов; распознавание ситуации и выдача рекомендаций
Системы сетевого планирования	Планирование работ и ресурсов; создание сетевых графиков и контроль сроков выполнения
Системы анализа (запросы, отчеты)	Создание запросов на естественном или формальном языке; создание запросов в диалоговой форме; оформление и вывод отчетов

5.2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Существует три уровня интеллектуализации электроэнергетических систем: верхний – интеллектуализация энергосистемы в целом,

включая электросети, средний – интеллектуализация комплексов оборудования (например, электростанций или подстанций) и, наконец, нижний – интеллектуализация отдельных видов сложного силового оборудования, оснащенного современными автоматизированными системами управления, а также электросетевых технологических комплексов потребителей (например, «умных домов») [179].

Структурная схема интеллектуальной электроэнергетической системы показана на рис. 5.1 [179, 180].

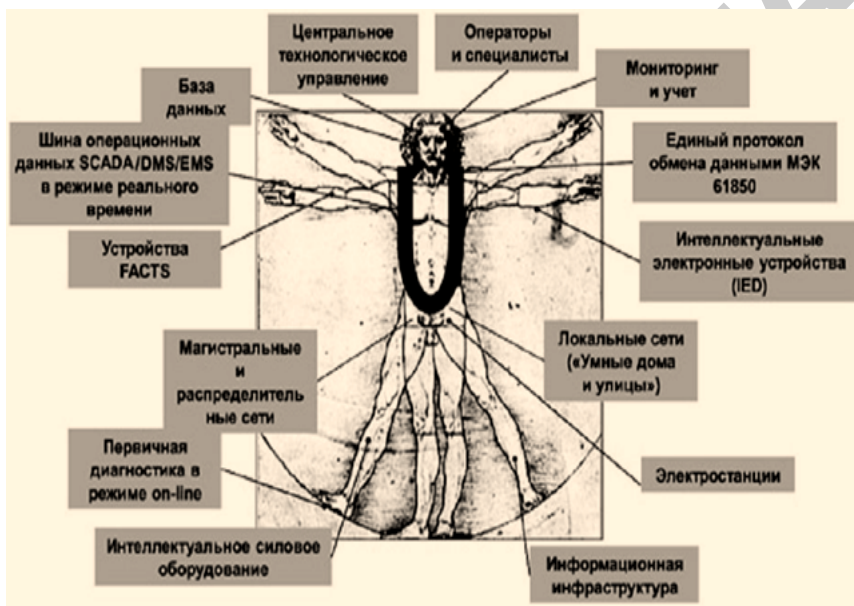


Рис. 5.1. Интеллектуальная электроэнергетическая система как единый технологический комплекс

Основу системы составляют интеллектуальное силовое оборудование и информационная инфраструктура. Инструментами адаптивной подстройки к внешним и внутренним технологическим изменениям среды являются силовые устройства подстройки – устройства FACTS (Flexible AC Transmission Systems) (устройства передачи электроэнергии – быстродействующие управляемые статические компенсаторы реактивной

мощности, вольтдобавочные трансформаторы, батареи конденсаторов с тиристорным управлением и др.) и электронные устройства тонкой подстройки – новое поколение микропроцессоров – IED (Intelligent Electronic Device). Система управляется с единого центра, включающего базу данных, технологические системы управления, операторов и диспетчеров. Работа системы (управление, измерение, защита, создание базы данных, учет и оптимизация распределения электроэнергии) осуществляется в режиме реального времени с учетом потребностей рынка электроэнергии.

Базовыми структурными элементами интеллектуальной электроэнергетической системы являются интеллектуальные силовые высоковольтные устройства, устанавливаемые на подстанциях, – это, прежде всего, трансформаторное оборудование, коммутационные комплектно-распределительные устройства (КРУЭ) и системные силовые устройства, обеспечивающие оптимальную работу электрической сети как системы [179, 180]. Особенности функционирования всех этих устройств рассмотрены ниже.

Трансформаторное оборудование

Интеллектуальный трансформатор обеспечивает максимально возможный контроль состояния всех систем трансформаторного оборудования (активной части, масла, вводов, системы охлаждения, устройств регулировки напряжения под нагрузкой, технологических защит и др.), самодиагностику и выдачу рекомендаций по дальнейшим действиям в случае появления развивающегося повреждения или ненормированного воздействия на трансформатор. Кроме того, он обеспечивает все режимы управления своими регулируемыми устройствами – автоматический, ручной местный и ручной дистанционный, в том числе из удаленных центров управления, с полным контролем правильности исполнения команд (последнее обстоятельство особенно важно при использовании трансформаторного оборудования в интеллектуальных сетях с необслуживаемыми подстанциями). Схема управления интеллектуального трансформатора приведена на рис. 5.2 [179, 180].

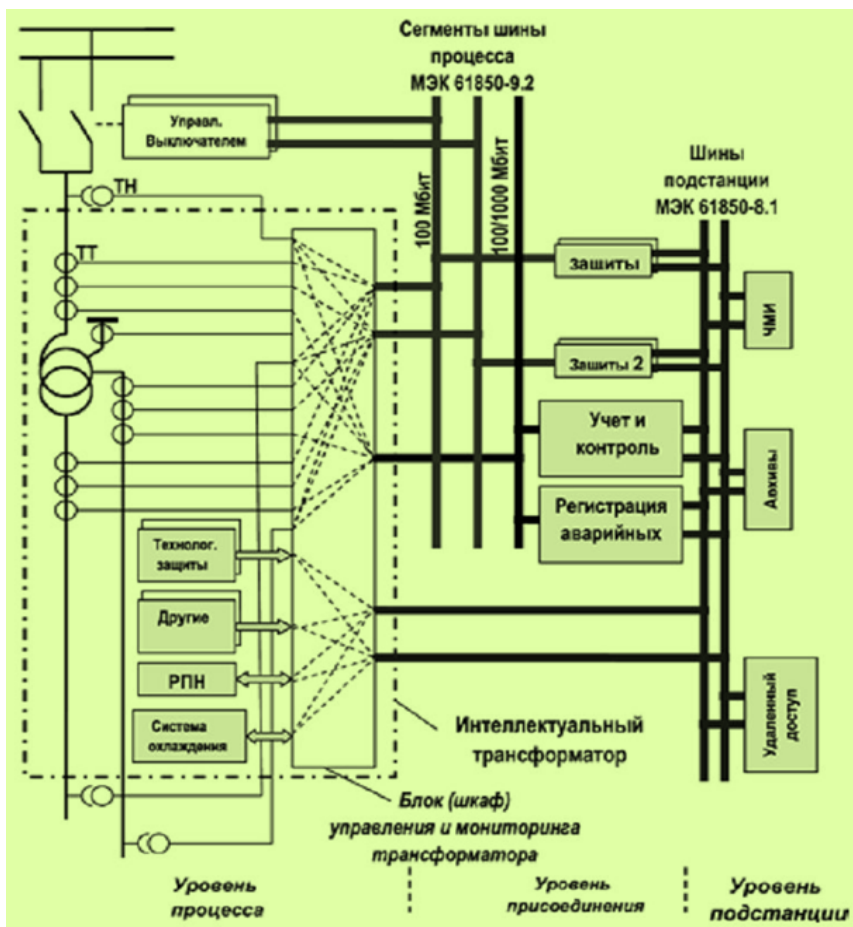


Рис. 5.2. Блок-схема интеллектуального трансформатора

Коммутационные комплектно-распределительные устройства

КРУЭ следует рассматривать как элементарную базовую ячейку интеллектуальных электросетей, оборудование которой должно позволять встраивать КРУЭ в общую интеллектуальную систему подстанции и сети в целом. Для эффективной работы подстанций необходимо наличие надежных средств, обеспечивающих управление и контроль, защиту и автоматизацию всей системы на уровне ячеек КРУЭ. Решение этой проблемы распадается на две основные задачи.

Первая задача – это разработка шкафа управления и мониторинга ячейки КРУЭ, в котором воспринимается информация от первичных датчиков, установленных на оборудовании КРУЭ, осуществляется мониторинг состояния элементов ячейки, оценивается механический и коммутационный ресурсы аппаратов и готовность оперативных цепей, производится управление коммутационными аппаратами.

В шкафу предусматривается ведение журнала с сохранением в памяти процессов, связанных с операциями коммутационных аппаратов. Для контроля состояния функциональных систем шкафа применяются устройства самодиагностики. В шкафу обеспечивается возможность ручного и дистанционного изменения параметров управления, а также передачи взаимной информации соответствующим подстанционным системам.

Вторая задача – это оснащение КРУЭ современными датчиками контроля состояния элегаза, коммутационных операций аппаратов, целостности цепей управления, которые позволяют получать информацию по сравнению с традиционным подстанционным оборудованием более экономичными методами.

Измерение значений токовой нагрузки и напряжения, а также использование этой информации для оценки коммутационного ресурса аппаратов и выдачи данных для аварийной защиты достигается в наиболее прогрессивных конструкциях КРУЭ с применением датчиков тока и напряжения, основанных на оптоволоконной технике. При этом информация об измеряемых параметрах, поступающая от первичных датчиков, воспринимается через оптоволоконный кабель электронным модулем обработки данных и затем передается на вторичный преобразователь.

Системные силовые устройства

К интеллектуальным системным силовым устройствам относятся, прежде всего, устройства FACTS: статические тиристорные компенсаторы, управляемые продольные компенсаторы, фазоповоротные трансформаторы, управляемые электрические реакторы, вставки постоянного тока и т. д. Интеллектуализация этих устройств (как и других силовых электротехнических устройств подстанций) проводится на основе использования IED-микропроцессоров.

5.3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Высокая стоимость энергоресурсов обусловила в последние годы кардинальное изменение отношения к организации учета их потребления в энергоемких отраслях [181].

Управление энергосбережением в общем случае включает:

- разработку программ по энергосбережению;
- учет и контроль потребления энергоресурсов;
- организацию нормирования расхода энергоресурсов;
- стимулирование за рациональное использование энергоресурсов.

Существующие системы учета электроэнергии имеют следующие недостатки [181]:

- направленность на решение узкого круга формальных задач, связанных с организацией коммерческого учета;
- накапливаемые массивы статистической информации не подвергаются серьезному математическому анализу;
- в большинстве случаев невозможно воспользоваться полностью статистическими данными из-за нестандартных форматов программного обеспечения.

Методы моделирования режимов потребления энергоресурсов для большинства производственных предприятий базируются на квартальной и годовой статистической информации, которая не позволяет в полной мере выявить факторы, влияющие на характер формирования режимов энергопотребления.

В связи с этим предлагается организовать управление энергопотреблением на производственных предприятиях следующим образом [181].

Учет энергопотребления осуществляется с помощью счетчиков. Полученные сведения о расходе энергоресурсов и технологические показатели поступают в устройства преобразования и первичной обработки информации. Затем формируются массивы данных, которые хранятся в памяти компьютера. Для решения задач управления энергопотреблением необходимо установить количество и объем показателей, которые адекватно описывают связь между энергетикой и технологией. При этом эффективное управление энергопотреблением достигается при оперативном воздействии на объект управления. Такое воздействие реализуется путем использования информационных

баз данных энергетических и технологических показателей производства и анализа режимов энергопотребления и управления ими с применением методов статистической обработки.

В функции управления электропотреблением входит:

- определение расхода энергоресурсов;
- контроль рационального использования энергоресурсов при реализации текущих режимов производства продукции;
- достижение эффективных режимов выпуска продукции путем направленного воздействия на объекты управления.

Необходимость установления взаимосвязей между расходом энергоресурсов и показателями режимов работы предприятия определяется задачами управления энергопотреблением.

Решение проблемы учета расходов энергоресурсов на предприятии требует создания автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ), в структуре которых в общем случае можно выделить четыре уровня:

- первый уровень – первичные измерительные приборы (ПИП) с телеметрическими или цифровыми выходами, осуществляющие непрерывно (или с минимальным интервалом) измерения параметров энергопотребления (количество потребленной электроэнергии, мощность, давление, температура, количество энергоносителя, количество теплоты с энергоносителем) по точкам учета (фидер, труба и т. п.);

- второй уровень – устройства сбора и подготовки данных (УСПД), специализированные измерительные системы или многофункциональные программируемые преобразователи со встроенным программным обеспечением энергоучета, которые осуществляют круглосуточный сбор измерительных данных с территориально распределенных ПИП, накопление, обработку и передачу этих данных на верхние уровни;

- третий уровень – персональный компьютер или сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением, осуществляющий сбор информации с УСПД, итоговую обработку этой информации как по точкам учета, так и по их группам – по подразделениям и объектам предприятия, документирование и отображение данных учета в виде, удобном для анализа и принятия управляющих решений персоналом предприятия;

- четвертый уровень – сервер центра сбора и обработки данных со специализированным программным обеспечением, осуществ-

ляющий сбор информации с компьютера или сервера центра сбора и обработки данных третьего уровня, дополнительное агрегирование и структурирование информации по группам объектов учета, документирование и отображение данных учета в виде, удобном для анализа и принятия управляющих решений персоналом территориально распределенных средних и крупных предприятий или энергосистем, ведение договоров на поставку энергоресурсов и формирование платежных документов для расчетов за энергоресурсы.

Все уровни АСКУЭ связываются между собой каналами связи.

Таким образом, АСКУЭ становится высокоэффективным инструментом, позволяющим экономически обоснованно разрабатывать и осуществлять комплекс мероприятий по энергосбережению, своевременно его корректировать, обеспечивая динамическую оптимизацию затрат на энергоресурсы в условиях изменяющейся экономической среды.

Типичная структурная схема АСКУЭ производственного предприятия показана на рис. 5.3 [182]. При наличии современной АСКУЭ предприятие полностью контролирует весь свой процесс энергопотребления и имеет возможность по согласованию с поставщиками энергоресурсов гибко переходить к разным тарифным системам, сводя к минимуму энергозатраты.

Важнейшим конструктивным элементом АСКУЭ является электросчетчик. Традиционные электросчетчики измеряют только общее количество потребленной электроэнергии и не дают точной информации о том, когда произошло потребление. Действительно, с момента появления в конце XIX столетия первого электромеханического счетчика электроэнергии (1889 г.) ее учет осуществлялся путем записи показаний счетных механизмов и занесения их в соответствующий документ. При этом привязка показаний счетчиков к реальному времени в значительной степени зависела от режима работы инспектора и времени проведения им записи показаний счетчика. Временная погрешность такого учета лежала в диапазоне от нескольких часов до нескольких суток, нередко в несколько раз превышая погрешность учета самим счетчиком. До сих пор многие бытовые потребители снимают показания своих счетчиков и оплачивают потребление электроэнергии с задержкой до двух-трех недель относительно момента окончания расчетного периода, при этом временная погрешность достигает 40–50 % [182].



Рис. 5.3. Структурная схема АСКУЭ производственного предприятия

Идея создания технических средств автоматизированного дистанционного считывания данных о расходе электроэнергии была известна давно, однако ее практическая реализация началась в промышленно развитых странах только в 1970–1980-е гг., когда появились интегральные электронные технологии, позволившие сделать соответствующие технические решения экономически приемлемыми для массового применения [182].

В последние годы мощным стимулом для реализации таких решений явилось значительное удорожание энергоресурсов, что привело к установлению экономически целесообразных пределов их потребления для каждого отдельного предприятия. При этом под давлением рынка потребители стали приходить к пониманию того, что первым шагом в экономии энергоресурсов и снижении финансовых потерь является организация своевременного и точного учета расхода электроэнергии.

Кардинальное решение проблем учета электроэнергии – применение интеллектуальных электросчетчиков, которые позволяют ценообразующим организациям вводить дифференцированные тарифы на потребление электроэнергии в зависимости от времени суток и времени

года, проводить мониторинг потребления и, следовательно, управлять потреблением, снижая излишний расход энергоресурсов [181–183].

Интеллектуальные электросчетчики представляют собой усовершенствованный вариант традиционных электросчетчиков. Они более точно определяют показатели энергопотребления, снабжены дополнительно коммуникационными средствами для передачи накопленной информации посредством сетевых технологий. В их функции входит: считывание, накопление и запоминание информации в режиме реального времени, оповещение о потерях электроэнергии и мониторинг качества коммунальных ресурсов. В их конструкции используются микроконтроллеры с автономным питанием и средства радиосвязи для передачи и приема информации.

5.4. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

Одним из важнейших направлений повышения энергоэффективности и энергосбережения является совершенствование систем управления освещением [184]. В состав таких систем обычно входят, наряду с источниками света, датчики уровня яркости, датчики движения, датчики звука, а также интеллектуальные переключатели. Все эти устройства объединяются в единую сеть с помощью проводных или беспроводных интерфейсов. Управление в таких системах осуществляется локально (переключатели расположены на стенах либо в электрощитах), дистанционно (посредством беспроводных интерфейсов с помощью смартфона или планшета) или посредством центрального автоматизированного рабочего места (АРМ) на базе компьютерной системы.

Применение интеллектуальных систем управления освещением производственных помещений обеспечивает значительную экономию электроэнергии благодаря рациональному комбинированию естественного и искусственного освещения путем автоматического регулирования яркости освещения мощных ламп посредством дискретного или плавного управления электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА).

Применение таких систем в тепличных хозяйствах позволяет повысить урожайность плодовоовощных культур. Интеллектуальное освещение является неотъемлемой частью систем гидропоники. Так, использование управляемых систем освещения дает возможность

более плавной имитации заката/рассвета для растений, а также установки необходимого уровня яркости ламп в зависимости от времени суток по управляющей программе.

В последнее время получили распространение системы управления освещением с использованием технологии Power line communication (PLC) (коммуникация по силовым линиям). Данная технология позволяет осуществлять контроль и управление освещением посредством обычных электросетей (в том числе уже проложенных и действующих электросетей).

В состав PLC-системы связи входят передатчик, приемник, транспортная среда (электросеть) и сигнал. Передатчик модулирует и вводит сигнал в линию электропередачи, в то время как приемник на другом конце линии связи демодулирует сигнал и извлекает из него нужные данные. В качестве передатчика и приемника используется PLC-модем, который проводит преобразование различных низковольтных цифровых или аналоговых интерфейсов в сигнал модуляции фазы силовой линии (модуляция) и обратное преобразование модулированного сигнала силовой линии в необходимый низковольтный интерфейс (демодуляция). При этом данные для контроля и управления передаются вместе с питающим напряжением, так что в отличие от разнообразных проводных интерфейсов (CAN, RS-485, Ethernet и т. д.) нет нужды в прокладке дополнительных проводов. Вместе с тем в отличие от беспроводных интерфейсов (Wi-Fi, Bluetooth и т. д.) системы на базе PLC-технологий не имеют ограничений, связанных с зоной прямой видимости и дальностью передачи. Например, для управления однофазным ЭПРА нужно всего два провода. По этим проводам на ЭПРА поступает одновременно питающее напряжение и управляющий сигнал от компьютерной системы, задающий уровень яркости. В свою очередь, сигнал обратной связи, поступающий от регулируемых источников света, позволяет контролировать их состояние и вовремя выявлять их неработоспособность.

Пример подобной системы управления освещением приведен на рис. 5.4. В данном примере для формирования требуемого уровня яркости используются пять натриевых ламп высокого давления. Для задания уровня яркости может использовать АРМ оператора с установленной программой управления яркостью. Также требуемый уровень освещения может быть задан или подкорректирован с помощью смартфона, планшета по беспроводному интерфейсу Wi-Fi либо удаленно посредством сети Internet.

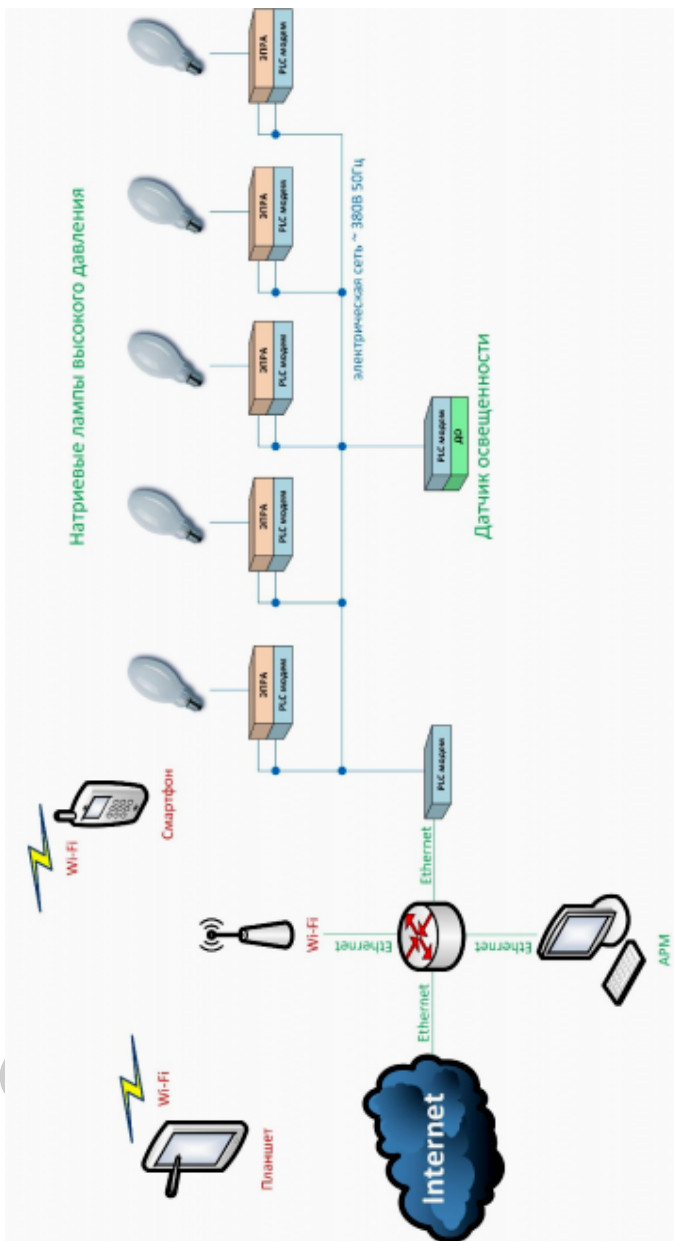


Рис. 5.4. PLC-система управления освещением

PLC-модем может быть как автономным устройством, которое является связующим звеном между высоковольтной частью системы и сетевым интерфейсом Ethernet, так и непосредственно входит в состав устройств управления и контроля. В данном примере PLC-модем является частью управляемого ЭПРА (датчика освещенности), также один модем осуществляет связь с маршрутизатором.

Каждый ЭПРА имеет свой персональный адрес в электросети. PLC-модем получает команды, адресованные для ЭПРА, извлекает из них необходимый уровень яркости и по определенному интерфейсу передает для ЭПРА. В свою очередь, ЭПРА регулирует яркость лампы, а также с помощью PLC-модема высылает обратно в сеть информацию о своем состоянии.

Датчик освещенности с помощью PLC-модема может отсылать текущий уровень освещения конкретному ЭПРА для корректировки, либо отсылать его на АРМ оператора для расчета уровня общей освещенности в теплице.

Важной характеристикой при передаче сигналов по силовым линиям является отношение сигнал – шум, по которому определяется минимально возможный уровень распознавания принимаемого сигнала. Шумовые помехи в силовых линиях возникают при подключении к ним различного электронного и электротехнического оборудования (электродвигатели, сварочное оборудование, ЭПРА и т. д.). Поэтому при проектировании PLC-систем следует оценивать уровень шумов в используемых каналах связи, чтобы не превысить максимально-допустимый уровень передаваемого сигнала и при этом обеспечить достаточную чувствительность приемной стороны.

ГЛАВА 6 АГРАРНАЯ ЛОГИСТИКА

Термин «логистика» определяется как направление хозяйственной деятельности, которое заключается в управлении материальными и связанными с ними финансовыми и информационными потоками в сферах производства и обращения, и вместе с тем как междисциплинарное научное направление, связанное с поиском путей повышения эффективности управления этими потоками [185].

На практике под логистикой в общем случае понимается совокупность мероприятий по планированию, контролю и управлению транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до производственного предприятия, их переработки на предприятии и последующего доведения готовой продукции до потребителя, а также передачи, хранения и обработки соответствующей информации.

Важнейшая задача логистики – минимизация затрат, связанных организацией материальных потоков. Для решения этой задачи необходимо проводить оптимизацию материальных потоков. Она может осуществляться как в пределах одного подразделения, так всего производственного предприятия, однако максимальный ее эффект достигается лишь при учете материальных потоков на всем их протяжении – от первичного источника сырья и материалов до конечного потребителя готовой продукции либо на их отдельных значительных участках. При этом следует обеспечивать всемерное повышение способности логистических систем к адаптации в условиях неопределенности окружающей среды, т. е. в условиях широкого разнообразия товаров и изменяющегося спроса на них, что может вызывать резкие колебания качественных и количественных характеристик материальных потоков.

Логистическая система – это адаптивная система, которая выполняет определенные логистические функции, располагаясь между поставщиком сырья и материалов и потребителем готовой

продукции, и, как правило, состоит из нескольких структурных подсистем. Элементами логистической системы являются закупка сырья и материалов, сбыт продукции, склады, складские запасы, транспорт, информация, кадры и др.

По масштабу организационной структуры логистические системы делятся на два вида:

- макрологистическая система – крупная система управления материальными потоками, охватывающая производственные предприятия, посреднические, торговые и транспортные организации различных ведомств, расположенные в различных регионах страны или в разных странах;

- микрологистическая система – подсистема макрологистической системы, например, отдельные производственные предприятия, торговые организации и др.

По характеру выполняемых функций различают следующие виды логистик (логистических систем): распределительная (сбытовая), закупочная, производственная, запасов, транспортная, складская, финансовая, информационная.

Распределительная логистика занимается процессами поставки готовой продукции от изготовителя к потребителю, закупочная – процессами удовлетворения потребностей производства в сырье и материалах. Производственная логистика направлена на организацию потоков сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции внутри производственных предприятий. Логистика запасов организует формирование материальных запасов, находящихся на разных стадиях производства и обращения сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, ожидающих вступления в процесс производственного потребления или сбыта. Транспортная логистика занимается транспортным обеспечением движения материальных потоков на всем пути от источников сырья и материалов до потребителей готовой продукции. Складская логистика занимается подготовкой складских помещений и организацией складской деятельности, в том числе выполнением на складах транспортных, погрузочных, разгрузочных, сортировочных, комплектовочных и промежуточных перегрузочных операций, а также некоторых технологических операций. Финансовая логистика рассматривает процессы управления, планирования и контроля над финансовыми потоками на основе данных по организации материальных потоков.

Информационная логистика занимается организацией информационных потоков – совокупности циркулирующих в логистической системе, а также между логистической системой и внешней средой сообщений, необходимых для осуществления логистических операций.

6.1. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЛОГИСТИКЕ

Информационные системы, используемые в логистике, представляют собой определенным образом организованные совокупности взаимосвязанных компьютерных средств, различных нормативных данных и средств программного обеспечения, позволяющих решать конкретные задачи по управлению материальными потоками и связанными с ними финансовыми и информационными потоками [185].

Информационные системы по масштабу действия подразделяются на системы, действующие на уровне отдельного предприятия, на уровне региона или регионов, на уровне страны или группы стран. В свою очередь, информационные системы, действующие на уровне отдельного предприятия, подразделяются на плановые, диспетчерские и исполнительные.

Основные задачи различных видов информационных систем, действующих на уровне предприятия:

- плановые системы – создание и оптимизация звеньев логистической цепи; управление условно-постоянными данными, планирование производства, управление запасами;
- диспетчерские системы – управление отдельными подразделениями предприятия, в том числе управление запасами, отбор грузов по заказам и их комплектование, учет отправляемых грузов;
- исполнительные системы – обработка информации в режиме реального времени (например, информации о движении грузов в текущий момент времени) с целью обеспечения высокоэффективного оперативного управления материальными потоками.

Принципы построения информационных систем:

- иерархия (подчиненность задач и использования источников данных);

- агрегированность данных (учет запросов на разных уровнях производства и распределения);
- избыточность (построение систем с учетом не только текущих, но и будущих задач);
- конфиденциальность;
- адаптивность к изменяющимся запросам;
- согласованность и информационное единство (определяется разработкой системы показателей, в которой исключается возможность несогласованных действий и вывод неправильной информации);
- открытость (возможность пополнения данных).

Основным типом информационного продукта служат статистические данные, а также иные сведения (знания), представляемые как в первичной, так и в обработанной форме.

Информационная система должна действовать с учетом технических и правовых ограничений. При этом она может работать в следующих режимах:

- информационно-справочном;
- сортировки и группировки;
- аналитическом (выдача аналитических сведений и документов по результатам обработки двух и более характеристик разной принадлежности);
- расчетном (выполняются расчеты по заранее формализованным моделям и зависимостям);
- советующем (выдается несколько решений на основе формализованных и интуитивных методов);
- обучающем.

Информационные системы позволяют решать следующие задачи:

- сбор данных, первичный анализ производства и потребления, анализ динамики производства.
- анализ спроса на данный вид продукции по определенной группе потребителей.
- анализ возможностей сбыта существующим потребителям других видов продукции.
- анализ новых рынков сбыта.
- прогноз сбыта продукции, а также развития предприятия в целом.

Эффективность логистики существенно повышается при использовании геоинформационных систем. В так называемой геологистике ГИС рассматривается как подсистема логистической системы, управляющей сложной хозяйственной системой с пространственно-распределенными производственными, перевозочными и вычислительными ресурсами.

Логистические ГИС предназначены для решения задач транспортной логистики, наглядно представляя на электронных картах пространственное размещение клиентов и предлагая инструменты для оптимизации маршрутов перемещения транспортных средств для минимизации затрат при доставке товаров [186]. Кроме того, логистические ГИС обладают функциями диспетчерских систем, позволяя в реальном режиме времени отслеживать маршруты перемещения транспортных средств с товарами и оперативно корректировать маршруты и объемы перевозимого товара.

Логистические ГИС позволяют:

- подключать различные базы данных к картам и выполнять геопривязку объектов с помощью геокодирования;
- оптимизировать маршруты движения грузовых и транспортных потоков при доставке товаров с учетом различных ограничений по емкости складов, потребностей магазинов, сроков годности товаров и пр.;
- вести учет организации дорожного движения, грузоподъемности и вместимости транспортных средств, ограничений по проходимости на участках дорог.

В последнее время в логистической практике все более широкое распространение получают так называемые ERP-системы (Enterprise Resource Planning – управление ресурсами предприятия). Они представляют собой информационные системы эффективного планирования и управления всеми ресурсами предприятия, которые необходимы для осуществления продаж, производства, закупок и учета при исполнении заказов клиентов в сферах производства, распределения и оказания услуг. В основе действия ERP-систем лежит принцип создания единого хранилища данных, содержащего всю корпоративную бизнес-информацию и обеспечивающего одновременный доступ к ней любого необходимого числа сотрудников предприятия, наделенных соответствующими полномочиями.

6.2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

6.2.1. Технологии идентификации

Технология штрих-кодовой идентификации

Для формирования оптимальных связей между партнерами по хозяйственной деятельности требуется рационализация процесса сбора данных о фактическом движении материальных потоков. Сбор этих данных должен осуществляться быстро и с высокой степенью достоверности, а хранение соответствующей информации должно быть организовано так, чтобы можно было осуществлять оперативный поиск и использование необходимых сведений.

С этой целью перспективно применять методы автоматической идентификация грузовых единиц – путем сканирования (компьютерного считывания) укрепленных на грузовой единице соответствующих ярлыков, содержащих специальные штриховые коды [187–189].

Штриховой код (штрих-код) – это машиночитаемый символ, содержащий закодированную информацию о характеристиках произведенной продукции и позволяющий осуществлять ее автоматизированную идентификацию. Внешне он представляет собой комбинацию темных полосок (штрихов) и разделяющих их светлых полосок различной толщины.

Существуют разные типы штриховых кодов. Из них наиболее распространенными являются штриховые коды Европейской ассоциации товарной нумерации (European Article Numbering, EAN). Коды EAN состоят из 13 цифр (иногда – из 8 для малых размеров упаковки). Код EAN-13 показан на рис. 6.1.

Первые две цифры означают код страны-изготовителя (Ассоциация EAN выдает цифровой код каждой стране централизованно). Следующие пять цифр – код предприятия-изготовителя (присваивается централизованно национальным органом страны конкретной организации-изготовителю). Следующие пять – код товара (присваивается организацией-изготовителем или продавцом самостоятельно в виде регистрационного номера в пределах своего

предприятия). В этих цифрах изготовитель может закодировать требуемые для идентификации данные, такие как наименование, сорт, артикул, цвет, массу, размер и др. Последняя цифра – контрольная, она предназначена для считывания штрих-кода сканером по алгоритму EAN.



Рис. 6.1. Код EAN-13

Штрих-код в отличие от многих информационных знаков выполняет не только общие функции информационного и идентифицирующего характера, но и ряд дополнительных функций, в частности, таких как: автоматизированная идентификация товаров с помощью машиносчитывающих устройств; автоматизированный контроль и учет товарных запасов; оперативное управление процессом товародвижения (отгрузкой, транспортировкой и складированием товаров и др.).

Для считывания штрих-кода применяют лазерные сканеры, а также кассовые сканеры, оснащенные системами считывания (оптические контактные считыватели в виде ручек, карандашей, лазерных пистолетов и т. д.).

Сканирующее устройство передает информацию о реализации конкретного товара на компьютер, где хранится информация о запасах его в торговом зале и на складе. Если запас оказывается меньше допустимых нормативов, то через средства электронной связи передается сигнал о необходимости пополнения товара на складе.

Для повышения эффективности функционирования системы автоматической идентификации грузовых единиц необходима ее полная интеграция с системой электронного обмена данными

и системами отгрузки, получения и обработки материальных ресурсов. При этом особое значение имеет обеспечение контроля перемещения материальных ресурсов в режиме реального времени с возможностью соответствующей обработки информации и организации связи с помощью системы электронного обмена данными.

Материальные потоки, являющиеся объектами управления в логистике, могут состоять как из единиц товаров, так и из единиц транспортных партий. При этом следует отметить, что товар идентифицируется и поступает к потребителям поштучно только лишь в магазине, т. е. в конце движения материальных потоков. На всем же своем пути (от поставщиков сырья, через производственные предприятия, оптовых и розничных распределителей до экспедиционных служб и торговых баз) материальные потоки представляют собой движение совокупности грузовых пакетов, контейнеров, поддонов, кассет и других видов унифицированной (стандартизированной) тары. На каждую грузовую единицу наносится унифицированная (стандартизированная) маркировка, а информация о ней помещается в унифицированной (стандартизированной) этикетке.

Таким образом, обеспечивается сквозная система учета и контроля движения материальных потоков на всех стадиях и участках исходных поставок сырья, производства, для всех видов складирования и распределения готовой продукции. Если при этом компьютеры, в которые вводятся штриховые или другие идентификационные коды, включены в интегрированную информационную систему, то введенная информация становится доступной для всех участников производственно-сбытового процесса в соответствии с их полномочиями.

Технология RFID

Эффективность складской логистики может быть существенно повышена благодаря использованию RFID-технологии (радиочастотная идентификация товаров) [187]. RFID-метка позволяет записывать код товара, срок годности, номер партии, серийный номер, а также указывать производителя и владельца товара.

Запись и чтение RFID-меток проводится бесконтактным способом с помощью специальных терминалов сбора данных. Кроме

того, для чтения RFID-меток служат специальные ворота (рамки), которые позволяют считать все метки, прошедшие через них.

Применение RFID-технологии значительно ускоряет процесс приемки товара со склада, поскольку нет необходимости считывать каждую грузовую единицу, а достаточно пропустить паллету через специальные ворота. Подобным образом можно ускорить процесс отгрузки паллеты.

Преимущества использования технологии RFID-технологии в складской логистике:

- RFID-метки могут считываться через слой грязи или краски, пластмассу, древесину и т. п.;
- RFID-метки практически невозможно подделать;
- высокая скорость считывания информации, возможность групповых операций считывания (например, можно считывать сразу весь товар на паллете);
- возможность хранить большой объем информации, изменять информацию на метке;
- возможность предотвращать хищения товаров на складе.

RFID-технология легко сопрягается с компьютерными программами по управлению складскими запасами. С применением RFID-технологии складская логистика становится «прозрачней», а складской учет легче.

RFID-метка представляет собой миниатюрное запоминающее устройство, состоящее из микрочипа, который хранит информацию, и миниатюрной антенны, с помощью которой метка передает и получает данные. Иногда RFID-метки могут иметь собственный источник питания (активные метки), однако большинство меток его лишены (пассивные метки).

В памяти RFID-метки хранится ее собственный уникальный номер и пользовательская информация. Принимать и записывать эту информацию может только специальный прибор – RFID-считыватель, тем самым обеспечивается надежная защита RFID-метки от несанкционированной перезаписи.

Для того чтобы RFID-метка смогла передать данные, она должна получить энергию от электромагнитного поля, образуемого антеннами RFID-считывателя. Для этого не требуется специальным образом ориентировать метку в пространстве и добиваться прямой видимости, метка просто должна быть в зоне действия антенн.

В отличие от штрих-сканера, RFID-считыватель может одновременно принимать информацию сразу от нескольких меток.

Как и штрих-коды, RFID-метки крепятся к объектам, которые необходимо учитывать и контролировать.

RFID-технология имеет ряд преимуществ по сравнению с технологий штрих-кодирования. Поскольку работа с RFID-метками не требует прямой видимости, то становится возможным работать на большем расстоянии и быстрее. RFID-технология позволяет считывать информацию через различные преграды. RFID-метки даже после их прикрепления позволяют дописывать информацию (например, о произведенных с товаром операциях), они более долговечны, лучше переносят условия окружающей среды. В отличие от штрих-кодов, информацию с которых при желании можно легко прочесть, пользуясь справочной информацией, RFID-метки являются сложными электронными устройствами с высокой защитой от несанкционированного считывания и подделок. Данные, хранящиеся в чипе RFID-метки, могут быть зашифрованы.

RFID-технология как система автоматического учета позволяет:

- сократить ручной труд при приемке и отгрузке товара;
- упростить процедуры расчетов с поставщиками товаров;
- автоматизировать процессы размещения новых заказов;
- поддерживать товарные запасы на необходимом уровне;
- лучше контролировать местонахождение товара;
- сократить время проведения инвентаризации;
- быстро находить нужный товар;
- автоматически составлять необходимую документацию;
- справляться с пиковыми нагрузками без потери качества работы и увеличения количества ошибок.

RFID-технология способствуют облегчению выполнения таких складских работ, как приемка, размещение, комплектация товара, благодаря чему можно существенно сократить время пребывания товара на складе. Размещение RFID-ридеров возле дверей погрузочно-разгрузочной площадки позволяет быстро идентифицировать все номенклатурные позиции, считывать имеющиеся на паллетах метки и определять по ним, куда паллеты следует переместить.

Интеллектуальные системы логистики, создаваемые на основе использования RFID-технологии автоматической идентификации

товаров и товарно-транспортных и товарных накладных в виде электронных документов, обеспечивают безопасные и надежные цепи поставок товаров как на внутреннем, так и на внешнем рынке в условиях глобализации экономики, что является чрезвычайно важным фактором укрепления экономической безопасности государства [190].

6.2.2. Навигационные технологии

Спутниковые навигационные системы, получившие большую популярность у водителей автотранспорта благодаря удобной возможности ориентироваться на дороге с помощью автомобильных навигаторов, могут использоваться для решения разнообразных задач транспортной логистики [187].

GPS-технологии глобального позиционирования успешно применяются автопарках. С их помощью можно контролировать не только расположение транспортных средств, но также устанавливать связь с диспетчерской службой, а при необходимости и с правоохранительными органами (в случаях дорожно-транспортных происшествий или угонов транспортных средств). Оснащение автопарка спутниковой навигационной системой позволяет эффективно планировать маршруты транспорта; контролировать движение транспорта, в том числе фиксировать случаи схода с маршрута, нарушения скоростного режима; рассчитывать транспортные расходы.

Навигационные системы работают следующим образом: на транспортные средства устанавливается бортовое оборудование, включающее в свой состав спутниковый GPS-приемник, навигационно-связной контроллер, средства передачи информации. С помощью бортового оборудования определяются текущие координаты транспортного средства, скорость и курс его движения, собирается информация о состоянии его различных датчиков.

Вся эта информация обрабатывается и передается на диспетчерский центр, где автоматически в режиме реального времени или по заданному интервалу времени осуществляется визуальный контроль местонахождения подвижных объектов на электронной карте местности, их техническое состояние.

6.2.3. Коммуникационные технологии

Спутниковые коммуникационные технологии, используемые в логистике, позволяют наладить связь на широком географическом пространстве. Они открывают возможности быстро передавать большие объемы информации практически в любые точки нашей планеты.

Для передачи и хранения транспортной документации используются технологии оптического считывания (сканирование) и факсимильной или компьютерной связи [187]. Для потребителей своевременное получение транспортной документации важно так же, как своевременная доставка груза. Обычно после отправки груза сопроводительную документацию сразу же передают в информационный центр, где ее сканируют и направляют в коммуникационные каналы. Затем электронные копии документов отправляют в центр обработки данных, где они хранятся на оптических лазерных дисках. Запрос на получение копии документации может быть удовлетворен в течение нескольких минут. Выгода, которую при этом имеют грузополучатели, заключается в простоте и своевременности получения точной информации о будущих снабжениях и платежах. Грузоперевозчики также оказываются в выигрыше, поскольку у них отпадает необходимость в ведении бумажной документации, уменьшается вероятность потери важной информации.

6.2.4. Технологии локализации

Интернет-логистика

Современная логистика быстро осваивает интернет-технологии [187]. За сравнительно короткий период времени, прошедший с начала бурного развития логистики на мировом рынке, существенным образом изменилась картина логистического интернет-пространства. Это обусловлено как сильно возросшим числом страниц информационно-логистического содержания, так и качественной, содержательной трансформацией логистически ориентированных сайтов.

Возникли и успешно функционируют специальные интернет-службы, занятые проектированием логистических цепей и каналов

доставки товаров, информационно-аналитические центры и базы бизнес-партнеров, службы поиска, электронные магазины, прототипы виртуальных экспедиторских служб, интерактивные планировщики маршрутов перевозки, юридические и таможенные консультации. Пользуясь видеоокнами, диспетчер транспортной компании может через Интернет наблюдать за ситуацией на пограничных переходах, а владелец груза – контролировать его транспортировку.

Интернет способен своевременно отражать особенности динамично развивающейся концепции логистики на рынке товарораспределительных услуг. Благодаря активному информационному интернет-обмену логистика все теснее связывается с разработкой сложных проектов доставки и распределения товаров и ресурсов. Создаются специальные центры по разработке и продаже таких проектов.

Функциональная и структурная сложность современных транспортно-логистических сетей обуславливают повышенные требования к объемам, качеству и скорости передачи и обработки информации. Эти требования обеспечиваются системами электронного документооборота, расширением специализированного информационно-организационного сервиса в Интернете.

Логистические интернет-центры

В результате значительного накопления логистических ресурсов в Интернете стало возможным формировать виртуальные логистические центры с функциями электронного маркетинга, консалтинга и фрахта [187]. Благодаря активному использованию Интернета повышается интенсивность потока заявок на услуги транспортно-логистических компаний.

Сегодня Интернет является одним из наилучших средств для широкого привлечения потребителей логистических услуг. С помощью интернет-технологий можно заниматься рекламной деятельностью, формировать перечни услуг и прайс-листов, вести учет клиентов и компаньонов, предоставлять потребителям необходимые документы, организовывать интерактивные консультации, искать контрагентов, создавать реестры бизнес-партнеров и базы информационно-логистических ресурсов, осуществлять электронный фрахт и электронную торговлю, проводить мониторинг грузов

и транспортных средств, создавать справочные системы для клиентов и системы самозаказа на транспортно-логистические услуги, выполнять виртуальное агентирование и экспедирование.

Интернет-локализации в логистике

По мере расширения и усложнения логистического пространства в Интернете начал существенно затрудняться поиск в нем нужных ресурсов, что обусловлено переизбытком несущественной информации, усложнением доступа к нужным данным и услугам. Для преодоления возникших трудностей разработаны специальные технологии работы в информационных системах, основанные на проблемной или проблемно-тематической (логистической) интернет-локализации [187].

Под интернет-локализацией в логистике понимается интеграция информационно-логистических интернет-ресурсов сети в специальные проблемно-ориентированные сылочно-аннотационные базы или тематические каталоги, размещаемые на страницах виртуальных логистических центров. Эффективность технологии интернет-локализации обеспечивается актуализацией баз, наличием качественных информационных каналов и профессионализмом логистиков-аналитиков.

6.2.5. Технологии телематики

Под телематикой понимается комбинация компьютерных и телекоммуникационных технологий, которые используются для приема и передачи информации через каналы связи [187]. Телематика охватывает широкий и постоянно развивающийся спектр услуг доступа к информационным ресурсам, служб электронной почты, передачи факсимильных, аудио- и видеосообщений. Основными элементами телематических систем являются процессоры для управления сбором данных и их интерпретацией и средства передачи данных.

На сегодняшний день телематика наиболее широко применяется в интернете и телефонии. В последние годы все большее распространение получают транспортные телематические системы.

Транспортная телематика – это беспроводной обмен информацией между транспортным средством и внешними источниками.

Телематика в транспортной сфере позволяет в режиме реального времени:

- выявлять неполадки в транспортном средстве, что повышает его надежность и снижает стоимость гарантийного обслуживания;
- фиксировать сведения о транспортной аварии и сообщать их государственным правоохранительным органам и медицинским организациям, что позволяет сократить время реагирования экстренных бригад и ускорить оказание медицинской помощи жертвам аварии;
- синхронизировать обмен информацией между транспортным средстве и удаленным от него пользователем, что позволяет сократить страховые потери от краж, мошенничества и аварий.

6.3. ОСОБЕННОСТИ АГРАРНОЙ ЛОГИСТИКИ

6.3.1. Материальные потоки в АПК

Главная цель логистики в АПК – полное удовлетворение потребностей населения и экономики в продуктах питания, сельскохозяйственном сырье и продуктах его переработки. Организация ресурсного обеспечения производственных предприятий АПК и продвижения производимой ими продукции на рынок на принципах логистики дает значительный экономический, социальный и экологический эффект. Необходимость развития аграрной логистики обусловлена, прежде всего, отсутствием территориальной локализации производственных процессов: предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственную продукцию, как правило, находятся на значительном удалении от источников сырья, что вызывает необходимость пространственно-временного распределения материальных потоков [191–193].

В АПК материальные потоки имеют ряд особенностей, обусловленных особым характером аграрного производства, а именно [191]:

- тесное переплетение производственных и биологических процессов становится причиной того, что материальные потоки могут иметь биологическую природу;
- значительное внутрипроизводственное потребление произведенной продукции отражается на путях продвижения материальных потоков;

– использование живых организмов в качестве основных средств производства приводит к формированию двух и более материальных потоков, значительно отличающихся друг от друга по свойствам и путям продвижения к конечному потребителю (например, от молочного стада крупного рогатого скота получают два материальных потока: молоко и телят);

– использование произведенной продукции в качестве конечной продукции и в качестве сырья, служащего для производства другой продукции, приводит к тому, что материальные потоки на различных этапах своего продвижения могут быть, соответственно, как последними, так и промежуточными звеньями логистической цепи (например, произведенное зерно может быть использовано и как семена, и как сырье для мукомольной промышленности);

– многостадийный характер производства приводит к тому, что материальные потоки на своем пути от первичного источника сырья до конечного потребителя проходят ряд производственных стадий, что находит свое отражение в сложной по структуре внутрипроизводственной логистике;

– сезонность производства вызывает необходимость обеспечения максимальных объемов продаж продукции в период сезонного повышения спроса на нее за счет налаженной системы ее доставки потребителям и поддержания требуемого качества запасов продукции в последующий длительный период их хранения за счет создания соответствующих условий хранения;

– изменение свойств продукции со временем в силу ее ограниченной сохраняемости фактически означает изменение материальных потоков по мере их движения (соответственно, изменяются требования к срокам и условиям хранения продукции по температуре, влажности, освещенности, газовой среде и т. д., что, в свою очередь, вызывает необходимость иметь специализированные хранилища, транспорт и места коммерческой реализации);

– получение в результате производственного процесса большого числа наименований готовой продукции из ограниченного набора сырья приводит к расширению материальных потоков (например, молочный завод производит из молока десятки видов молочной продукции – в отличие от предприятий большинства отраслей промышленности, для которых характерно, наоборот, сужение материальных потоков).

Указанные особенности материальных потоков в АПК требуют особых подходов к построению логистических систем. При этом необходимо учитывать, что в АПК определенные особенности присущи не только материальным, но и связанным с ними финансовым и информационным потокам.

Особое внимание следует уделять предоставлению своевременной и точной информации о движении сельскохозяйственной продукции по логистической цепи с учетом возможного изменения состояния продукции в связи с ее низкой сохраняемостью. При этом важно определять допустимые сроки хранения продукции.

В целом материальные, финансовые и информационные потоки в структуре АПК имеют три направления [192]:

- между сельскохозяйственными предприятиями и предприятиями перерабатывающей промышленности (рынком продуктов переработки).

- между сельскохозяйственными предприятиями и предприятиями перерабатывающей и пищевой промышленности (рынок сырья);

- между сельскохозяйственными предприятиями и предприятиями перерабатывающей промышленности, с одной стороны, и конечными потребителями (рынком продовольствия), с другой.

6.3.2. Современные подходы к развитию логистики в АПК

В последние годы сформировался ряд новых подходов к развитию аграрной логистики. Среди них особого внимания заслуживают маркетингово-логистический, интегрированный и кластерный подходы.

Маркетинговая логистика

Под маркетинговой логистикой понимается системный подход к управлению материальными потоками путем налаживания обмена информацией и создания дополнительных ценностей между участниками цепей поставок для удовлетворения меняющегося спроса потребителей оперативными поставками [194].

Возникновение маркетинговой логистики, произошедшее на стыке логистики и маркетинга, во многом обусловлено изменениями, которые претерпела современная мировая экономика. Эти

изменения затронули, прежде всего, рынок, для которого стал характерен более высокий уровень нестабильности и непредсказуемости, затрудняющий прогнозирование спроса потребителей на предлагаемые товары и услуги. Рыночная среда начала развиваться настолько быстро, что за ней уже не поспевают маркетинговые исследования. С другой стороны, неточное маркетинговое прогнозирование приводит к ошибочным логистическим действиям, что вызывает существенные финансовые издержки и снижает эффективность материальных потоков.

Появлению маркетинговой логистики в значительной мере способствовало развитие информационных технологий.

Маркетинговая логистика может эффективно применяться в АПК, в частности, при прогнозировании спроса и поставки сельскохозяйственной техники [194].

Интегрированная логистика

Сущность интегрированного подхода, применяемого при построении логистических систем в АПК, состоит в том, что материальный поток рассматривается в качестве интегратора, объединяющего весь жизненный цикл продукции, включая разработку, производство, распределение, продажу и послепродажное обслуживание [195]. В рамках такого подхода АПК представляется в виде трех крупных блоков-подсистем (сельское хозяйство, перерабатывающая промышленность и материально-техническое снабжение), связанных между собой через рыночную среду материальными и сопутствующими им финансовыми и информационными потоками.

Примером интегрированного подхода к развитию аграрной логистики является система логистического мониторинга АПК региона, под которой понимается систематический сбор и анализ поступающей информации о ресурсном обеспечении и сбыте продукции по каждому иерархическому уровню комплекса с целью выявления логистических резервов и принятию оперативных мер по повышению надежности ресурсного обеспечения аграрного производства и эффективности сбыта сельскохозяйственной продукции [196]. При этом предусматривается проведение логистического анализа АПК региона, включая ретроспективный анализ АПК региона, анализ ресурсного обеспечения АПК региона, анализ сбыта продукции АПК, а также разработку программы развития АПК региона с учетом наиболее полного использования логистического потенциала.

Кластерная логистика

Кластеризация как форма регионального развития АПК создает возможности повышения эффективности производственной деятельности, развития хозяйственных связей, концентрации ресурсов на наиболее перспективных технологических направлениях, упрощения процедур взаиморасчетов. Кластеры позволяют успешно выполнять основные логистические функции, включая обслуживание покупателей, транспортировку, управление запасами, дистрибуцию [197].

Для предприятий АПК одной из основных является проблема продвижения товаров от места производства к распределительным центрам и далее к покупателям. В кластере оптимизируются маршруты и способы перевозки, графики движения товаров, оплата грузоперевозок, пополнение запасов, более оперативно собираются сведения о покупательском спросе и т. д. Решению всех этих вопросов способствует широкое применение средств информатизации.

6.4. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

При построении логистических систем материальные потоки рассматриваются в неразрывной связи с сопровождающими их и дающими возможность их контролировать информационными потоками. Информационная логистика играет важную роль в логистической системе производственных предприятий АПК [198].

Предприятие представляет собой открытую систему, которая материальными и информационными потоками связана с поставщиками, потребителями, транспортными и другими организациями. Для того чтобы эффективно управлять такой системой, увязывая в режиме реального времени интересы предприятия и всех взаимодействующих с ним организаций, следует обеспечивать высокую степень информированности руководства предприятий. Это может быть достигнуто с помощью логистических информационных систем, работа которых основана на широком использовании компьютерной техники.

Для своевременного формирования достоверной логистической информации необходимо, чтобы сбор данных осуществлялся

максимально близко к тому месту производственно-сбытовой деятельности, где происходят события, являющиеся их источником. Кроме того, для того чтобы логистическая информация отвечала потребностям управления предприятием, ее формирование следует осуществлять, исходя из принципов доступности, точности, своевременности, способности выявлять исключительные (экстренные) ситуации, гибкости, пригодности для сопоставления и принятия решений.

Структура логистических информационных систем включает компьютерные средства и программное обеспечение – системные и прикладные программы, служащие для информационной поддержки проведения сделок, управленческого контроля, анализа управленческих решений, стратегического планирования и т. д.

Как правило, в структуру логистических информационных систем встраиваются следующие наиболее употребляемые системы [198]: система электронного обмена данными – Electronic data interchange (EDI), e-mail, система быстрого реагирования – Quick response (QR), система эффективного реагирования на запросы потребителей – Efficient consumer response (ECR), система поддержки принятия решений – Decision support system (DSS), а также системы статистического контроля процесса – Statistical process control (SPC), штрих-кодирования, сбора информации в точках продаж – Point-of-sales (POS).

Все эти системы служат базой для построения общей концепции управления предприятием АПК, в основе которой используется ERP-система, осуществляющая планирование ресурсов предприятия. ERP-система формирует стандартизованное единое информационное пространство всего предприятия и одновременно полностью удовлетворяет потребности каждого его подразделения в отдельности.

При построении логистических информационных систем предприятий АПК следует обеспечить [198]:

- наличие систем маркетинга, финансового и операционного менеджмента;
- расширенный доступ к логистическим информационным системам внешних пользователей с соблюдением процедур информационной безопасности и разграничения прав доступа;
- использование алгоритмических, аппаратных и программных процессов для совместимости информационных модулей;

- получение точной информации в режиме on-line;
- использование беспроводных технологий для связи с пользователями;
- создание единой базы данных клиентов, поставщиков и партнеров;
- целостность системы создания функциональных компонентов (системы сбора и анализа информации, документооборота и управления проектами, хранилища документов и др.);
- использование фактора масштабности, что позволит добиться экономии ресурсов;
- адаптацию к функционально-техническим требованиям существующего программного обеспечения, а также совершенствование бизнес-процессов, документооборота.

Логистическую информационную систему предприятия АПК следует рассматривать как набор компьютерных средств и программного обеспечения, находящихся во взаимосвязи с информационными потоками, идущими от всех участников системы.

6.5. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В АПК

Несмотря на то, что интеллектуальная логистика в последние годы начала довольно активно внедряться в разных отраслях экономики, в АПК до сих пор она не получила должного распространения. Следует заметить, что построение интеллектуальных логистических систем в агропромышленном производстве осуществляется в целом на тех же принципах, что и в других типах производства, а именно: на основе использования информационных и коммуникационных технологий, телематики, систем искусственного интеллекта. В последние 30 лет информационные и коммуникационные технологии развиваются в сельскохозяйственном и продовольственном секторах, способствуя совершенствованию производства продовольственных товаров и доставке конечным потребителям [199]. Однако это развитие идет сравнительно медленно, чему есть ряд причин. Главная проблема – управление информационными потоками как в отдельных логистических звеньях, так и во всей логистической цепи снабжения – от фермы до стола.

Это управление осложняется особыми характеристиками указанных секторов, включая большое число исполнителей, фигурирующих в цепи снабжения, их разнородностью и, как следствие, недостаточными информационными потоками между ними. Нередко при взаимодействии исполнителей проявляется весьма консервативная позиция «need-to-know», ограничивающая свободный обмен информацией между ними. Например, фермер может общаться с оптовыми продавцами или переработчиками продуктов питания, но не напрямую с розничными торговцами, причем, эта проблема усугубляется в случае комплексной поставки обработанных и упакованных продуктов питания.

Отсутствие или недостаток требуемой информации в агропродовольственной сфере является давно общепризнанным фактом. Эта информация должна быть более прозрачной ввиду давления со стороны потребителей, которые желают знать больше о качестве своей пищи в контексте здоровья и безопасности, чтобы предотвращать непредвиденные случаи, например наличие в пище бактерий *E. Coli*. Трудности решения этой проблемы обусловлены такими причинами, как сложность продуктов и процессов их получения, переработки и доставки; многообразие осуществляющих эти процессы предприятий; отсутствие соответствующей инфраструктуры для обеспечения открытости информации на всей пищевой цепи [199].

Как отмечалось выше, развитие интеллектуальной логистики в аграрной сфере в значительной мере связано с развитием информационных и коммуникационных технологий. В частности, перспективы интеллектуализации аграрной логистики во многом зависят от того, насколько успешно будут решаться проблемы дальнейшего совершенствования интернет-технологий [200]. О важности этих проблем свидетельствует тот факт, что для их решения была специально создана в рамках Европейского союза программа государственно-частного партнерства в области интернет-инноваций – Future Internet Public-Private Partnership (FI-PPP) program (2011–2016 гг.).

При создании интеллектуальных систем аграрной логистики приходится применять разные типы сенсоров. Однако их применение ограничено в функциональных возможностях и фокусируется в основном на отдельных звеньях логистических цепей. Ожидается, что с помощью интернет-технологий будет создано интегрированное сенсорно-информационное обеспечение логистических цепей,

в результате чего будут использоваться различные комбинации сенсорной информации, что позволит постоянно отслеживать состояние продуктов по мере их продвижения по цепям и устанавливать нарушения или отклонения от нормы в работе отдельных звеньев цепей [200].

В настоящее время в аграрной логистике уже применяются сенсоры, способные быстро реагировать на изменения параметров внешней среды (температуры, освещенности, газового состава и т. д.). При совмещении информации, поступающей с таких сенсоров, с удаленной информацией о местоположении и скорости перемещения продовольственных товаров будет сформирован новый, более высокий уровень прогнозирования различных логистических ситуаций и реагирования на них.

Необходимость использования интегрированного подхода к построению логистических систем обусловлена динамичным характером изменения взаимодействий партнеров по логистической цепи. Для реализации такого подхода требуется принятие не только технических, но и организационных мер, в частности, осуществления логистической деятельности на принципе децентрализованного управления [200]. Сегодня большинство логистических систем работает на принципе прямого централизованного управления логистическими процессами, которое проводится по схеме «сверху – вниз», что усложняет работу логистических систем и делает ее недостаточно эффективной. В противоположность этому, при децентрализованном управлении логистические системы работают более быстро и гибко, поскольку создаются условия, при которых каждый элемент логистической системы может автономно получать и обрабатывать информацию, принимать соответствующие решения и связываться с другими элементами.

Ниже приведены примеры некоторых интеллектуальных логистических систем, являющихся типичными для АПК.

6.5.1. Транспортные логистические системы

Транспортная логистика представляет собой комплекс мероприятий по организации перемещения (доставки) товаров (грузов) из одной точки в другую по оптимальному маршруту. Оптимальным считается такой маршрут, по которому можно доставить логисти-

ческий объект в кратчайшие (или предусмотренные) сроки с минимальными затратами, а также с минимальным вредом для объекта доставки. Транспортная логистика реализуется на основе использования транспортных логистических систем, под которыми понимаются совокупности производителей и потребителей транспортных услуг, а также используемые для их оказания системы управления, транспортные средства, пути сообщения, сооружения и иное имущество. Транспортно-логистические системы обеспечивают учет, контроль и управление грузотранспортными потоками.

Эффективность транспортной логистики существенно возрастает в результате ее осуществления на основе использования интеллектуальных систем.

Интеллектуальные транспортно-логистические системы в отличие от обычных транспортно-логистических систем имеют ряд особенностей, а именно: они работают с пространственно-распределенной информацией (геоинформацией); осуществляют управление подвижными объектами; функционируют в режиме реального времени и требуют применения систем единства координат и систем единства времени в пространственной области управления объектами [201].

Понятие «интеллектуальная транспортно-логистическая система» также не следует отождествлять с понятием «интеллектуальная транспортная система», которое зачастую трактуется как автоматизированная система управления транспортом, что приводит к сужению проблемы интеллектуализации транспорта до его автоматизации или автоматизации управления им [202].

Функции интеллектуальных транспортных систем сводятся в основном к мониторингу транспортных средств (наибольшее распространение они получили в сфере автотранспорта) [187, 203]. Существующие интеллектуальные транспортные системы позволяют определять местонахождение каждой единицы транспорта в режиме реального времени. С их помощью можно отслеживать маршрут, время нахождения в пути, тоннаж грузов. Они также позволяют обмениваться информацией с транспортными средствами и обеспечивать безопасность их работы. Для осуществления мониторинга автотранспортные средства оснащаются соответствующим бортовым навигационно-связным оборудованием, подключенным к глобальной системе позиционирования GPS. Посредством этого оборудования вся навигационная и телеметрическая информация

поступает на компьютер диспетчерской службы автотранспортного предприятия.

Следует заметить, что современные интеллектуальные транспортные системы предназначены для автоматизации работы не только диспетчерской, но и логистической службы – в части учета заказов на грузоперевозки и эффективного распределения их по имеющемуся транспортному парку с оптимальными картографическими маршрутами.

По сравнению с интеллектуальными транспортными системами отличительная особенность интеллектуальных транспортно-логистических систем (как, впрочем, и других видов интеллектуальных логистических систем) состоит в том, что их основной функцией является решение логистических задач при условии невозможности эффективного решения их с помощью обычного человеческого интеллекта [204]. При этом к факторам невозможности применения человеческого интеллекта относятся: информационная неопределенность, нестационарность внешней среды (динамическая неопределенность), информационная сложность ситуационных обстоятельств. В сложной ситуации единственное оптимальное решение логистической задачи найти, как правило, не представляется возможным и поэтому на практике приходится ограничиваться поиском не оптимальных, а достаточно приемлемых решений. Выходом из такого положения является применение интеллектуальных систем, которые способны редуцировать исходные сложные задачи в совокупность простых задач, совместное решение которых приводит и к решению исходной задачи.

6.5.2. Складские логистические системы

В современных автоматизированных складах достигается довольно высокая эффективность складирования и извлечения товаров, которая зависит от производительности складского оборудования, а также качества программного контроля складской деятельности. В последние годы на таких складах все больше и больше внимания уделяется вопросам логистики, в том числе применению интеллектуальных складских логистических систем [205]. Такие системы успешно используются на всех этапах обработки грузов. Они существенно ускоряют потоки товаров и обеспечивают своевременное наличие грузов на складе при снижении затрат на энергообеспечение.

Основным требованием для интеллектуальных складских логистических систем является поддержание стабильного движения материальных потоков и соответствующей информации. При этом экономия в расходах достигается в результате оптимизации всех процессов складского производства.

Обычно на складах используются различные сортировочные линии, которые предназначены для разделения потоков товаров по какому-либо признаку, а также для формирования комплектов товаров, подлежащих отправке какому-либо одному адресату, в один регион и т. д.

Особо высокой эффективностью отличаются автоматизированные сортировочные линии, представляющие собой сложные технические устройства доставки поддонов, которые приводятся в движение управляемым приводом, связанным центральным компьютером складской логистической системы [206]. Разгрузочные пункты устанавливаются вдоль всей сортировочной линии, которая оснащается отводящими транспортерами, передающими разгружаемый товар в места сбора, упаковки или места перегрузки. Сортировочный процесс осуществляется в соответствии со спецификацией и требованиями заказчика. К центральному компьютеру подключаются клиентские компьютеры, на которых можно включить визуальное отслеживание всего процесса сортировки, а также программу для управления сортировочным процессом. Центральный компьютер с системой хранения базы данных отвечает за правильную реализацию сортировочных процессов, идентификацию товара, статистическую информацию, а также управляет доставкой товара со склада или на склад. Как правило, все товары обозначают штрих-кодами, которые наносятся на товары при поступлении на склад. В ходе доставки товары идентифицируются согласно этим штрих-кодам.

В последнее время на складах начали использовать интеллектуальные электропогрузчики [207]. Их главным достоинством является «интеллектуальная» начинка. «Интеллект» таких погрузчиков опирается на технологию адаптивной системы управления, которая способна «запоминать» действия водителя-оператора и в следующий раз «предугадывать» их. В свою память система укладывает такие данные, как усилие, с каким оператор нажимает на акселератор, скорость, с которой он перемещает органы гидроуправления, плавность подъема и т. д. На основании этих данных система устанавливает оптимальный режим работы погрузчика. Она в автоматическом режиме снижает скорость на поворотах, контролирует

местоположение руля, помогая избежать резких кренов и ненужного переключения скоростей.

6.5.3. Логистические системы управления запасами

Целью управления запасами является создание и поддержание неснижаемого уровня ресурсов при минимально возможных совокупных издержках на их содержание. Центральное место в управлении запасами занимает планирование запасов, которое относится к наиболее сложным логистическим задачам.

Для оптимального управления запасами особенно перспективно использовать интеллектуальные системы. Структура и функции таких систем могут быть различными для разных видов запасов: производственных, формирующихся в организациях-потребителях, и товарных, находящихся у организаций-изготовителей на складах готовой продукции, а также в каналах сферы обращения.

Ниже в качестве примера рассмотрен один из вариантов интеллектуальной системы планирования товарных запасов, которая представляет собой специальную базу контроля по всем категориям товарных запасов, созданную на основе использования существующих информационных систем [208].

В розничной сети ведется повсеместное непрерывное отслеживание уровня запасов. Контроль проводится по всем торговым точкам и единицам учета, что позволяет наиболее эффективно отслеживать пропускную способность каждой торговой точки и контролировать товарный запас в ней.

Для расчета потребности торговых точек в товарных запасах делаются прогнозы продаж на определенный период времени. Они рассчитываются на основании статистических данных продаж торговых точек; графика отгрузок товаров (на его основе высчитывается максимальный интервал между отгрузками); срока доставки товара от момента отгрузки.

Система планирования запасов учитывает возможность перемещения товаров внутри торговой сети, прежде всего, перемещение товаров между торговыми точками в пределах одного региона либо на одном логистическом маршруте, что позволяет оптимизировать товарные запасы, не создавая затоваривания в одних точках и возникновения дефицита в других. Кроме того, эта система учитывает возможность централизованного вывоза товаров на основной склад из регионов, где перераспределение товаров внутри торговой сети затруднено.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-технический прогресс : словарь / сост.: В. Г. Горохов, В. Ф. Халипов. – М. : Политиздат, 1987. – 336 с.

2. Анищик, В. М. Инновационная деятельность : словарь-справочник / В. М. Анищик, А. В. Русецкий, Н. К. Толочко ; под ред. Н. К. Толочко. – Минск : Изд. центр БГУ, 2006. – 176 с.

3. Воробьев, В. А. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства / В. А. Воробьев [и др.]. – М. : КолосС, 2004. – 541 с.

4. Краусп, В. Р. Научные методы и опыт компьютеризации управления инновационными проектами АПК до 2020 года. Молодежная научная школа. Интернет- и нанотехнологии. Предприятия-автоматы : монография / В. Р. Краусп. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 336 с.

5. Дрянев, А. А. Компьютеризация сельскохозяйственного производства / А. А. Дрянев, В. И. Овцинов // Вестник Алтайского гос. аграр. ун-та. – 2003. – № 2. – С. 74–76.

6. Ананьев, М. А. Применение информационных технологий в АПК / М. А. Ананьев, Ю. В. Ухтинская [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : sisupr.mrsu.ru/2012-4/PDF/Ananев_Ukhtinskaya.pdf. – Дата доступа : 12.06.2015.

7. Сырокваш, Н. А. Автоматизация управленческой деятельности в АПК с использованием современных информационных технологий / Н. А. Сырокваш // Управление в социальных и экономических системах : матер. XVII Международной научно-практической конференции, 2–6 июня 2008, Минск / Минский ин-т управления ; редкол. Н. В. Суша [и др.]. – Минск, 2008. – С. 58–59.

8. Сырокваш, Н. А. Совершенствование управленческой деятельности АПК с использованием современных информационных технологий / Н. А. Сырокваш // Управление в социальных и экономических системах : матер. XIX Международной научно-практической конференции, 18 мая 2010, Минск / Минский ин-т управления ; редкол. Н. В. Суша [и др.]. – Минск, 2010. – С. 63–64.

9. Гереева, Т. Р. Системный подход к формированию информационного обеспечения стратегического управления предприятием АПК / Т. Р. Гереева // Региональные проблемы преобразования экономики. – Махачкала, 2009. – № 2. – С. 125–138.

10. Козлов, В. Н. Интеллектуальные технологии и теория знаний / В. Н. Козлов. – СПб : Изд. Политехнического ун-та, 2012. – 157 с.

11. Чинакал, В. О. Интеллектуальные системы и технологии : учеб. пособие / В. О. Чинакал. – М. : РУДН, 2008. – 303 с.

12. Холоша, В. И. Теория технических систем / В. И. Холоша. – Днепропетровск : Национальный горный ун-т, 2014. – 104 с.

13. Информатика / под общ. ред. А. Н. Данчула. – М. : Изд-во РАГС, 2004. – 528 с.

14. Тельнов, Ю. Ф. Интеллектуальные информационные системы : учеб. пособие / Ю. Ф. Тельнов. – М. : Моск. междунар. ин-т эконометрики, информатики, финансов и права, 2002. – 118 с.

15. Евглевский, И. В. ГИС-технологии в системе поддержки принятия решений в различных областях деятельности / И. В. Евглевский, Н. Н. Морозов // Земля Беларуси. – 2008. – № 4. – С. 20–22.

16. Шнитко, С. Г. ГИС в геодезии : конспект лекций для студентов специальностей 1-56 02 01 «Геодезия» и 1-56 02 01 02 «Инженерная геодезия» / С. Г. Шнитко. – Новополоцк : ПГУ, 2014. – 68 с.

17. Осипов, В. Ю. Моделирование морских транспортных систем на основе интеллектуальных геоинформационных систем. Конференция «Имитационное моделирование, теория и практика ИММОД-2011» / В. Ю. Осипов. – СПб, 2011. – С. 219–222.

18. Валетов, В. А. Интеллектуальные технологии производства приборов и систем : учеб. пособие / В. А. Валетов, А. А. Орлова, С. Д. Третьяков. – СПб : СПб ГУИТ-МО, 2008. – 134 с.

19. Добрынин, Д. А. Моделирование некоторых форм адаптивного поведения интеллектуальных роботов / Д. А. Добрынин, В. Э. Карпов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2006. – № 2. – С. 45–56.

20. Добрынин, Д. А. Интеллектуальные роботы вчера, сегодня, завтра / Д. А. Добрынин // Десятая нац. конф. по искусств. интеллекту КИИ-2006, 25–28 сент. 2006 г., Обнинск : труды конференции : в 3 т. Т. 1. – М. : Физматлит, 2006.

21. Ruiz-Garcia, L. A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current

trends / L. Ruiz-Garcia, L. Lunadei, P. Barreiro, J. I. Robla // Sensors. – 2009. – № 9. – P. 4728–4750.

22. Соловьев, Ю. А. Спутниковая навигация и ее приложения / Ю. А. Соловьев. – М. : Эко-Трендз, 2003. – 326 с.

23. Измайлов, А. Ю. Мониторинг и управление уборочно-транспортными комплексами с использованием ГНСС ГЛОНАСС/GPS / А. Ю. Измайлов [и др.] // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. 15–16 сент. 2015 г. – Москва : в 2 ч. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 173–176.

24. Шимов, В. Н. Устойчивое развитие: императивы, механизмы достижения / В. Н. Шимов, А. В. Богданович, С. П. Ткачев // Белорус. эконом. журн. – 2002. – № 1. – С. 4–12.

25. Васильева, Н. К. Факторы обострения проблемы устойчивости развития сельского хозяйства / Н. К. Васильева // Сб. науч. тр. СевКавГТУ. Сер. «Экономика». – 2005. – № 1. – С. 24–33.

26. Тарасенко, А. П. Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства / А. П. Тарасенко [и др.]. – М. : КолосС, 2002. – 552 с.

27. Лачуга, Ю. Ф. Развитие процессов автоматизации производства сельскохозяйственной продукции на современном этапе / Ю. Ф. Лачуга, И. Ф. Бородин, В. К. Хорошенков // Техника и оборудование для села. – 2005. – № 2. – С. 2–6.

28. Быков, В. Л. Компьютеризация сельскохозяйственного производства / В. Л. Быков // Минск : Ураджай, 1998. – 358 с.

29. Белоусов, Б. Н. Современные вызовы развития теории автомобиля как интеллектуального транспортного средства / Б. Н. Белоусов, Г. И. Гладов, Т. И. Ксенович, М. П. Малиновский // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. 15–16 сент. 2015 г., Москва : в 2 ч. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 62–66.

30. Ежевский, А. А. Основные направления инновационного развития сельскохозяйственной техники на выставке «SIMA-2011» / А. А. Ежевский, В. И. Черноиванов, В. Ф. Федоренко // Машинно-технологическая станция. – 2011. – № 2. – С. 1–26.

31. Трактор John Deere 6920 // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : www.utl.com.ua/leasing/agro. – Дата доступа : 16.09.2015.

32. Черноиванов, В. И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства : науч. изд. / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 284 с.

33. Могилевский, Э. Техника на SIMA-2013: всеядный трактор из интернета / Э. Могилевский // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 3 (131). – С. 92–97.

34. Гришанова, А. Рабочая лошадка / А. Гришанова // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://agroprof.ru/2014/10/01>. – Дата доступа : 16.09.2015.

35. JCB Fastrac интегральный колесный трактор. Особенности конструкции [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : www.utl.com.ua/leasing/agro. – Дата доступа : 16.09.2015.

36. Универсальный трактор JCB FASTRAC 8250 // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://agropoisk.by>. – Дата доступа : 16.09.2015.

37. Горин, Г. С. Стратегия ЕЭС в области механизации растениеводства / Г. С. Горин, А. А. Сильченко // Новости науки и технологий. – 2012. – № 3. – С. 38–44.

38. Разработка интегрированной системы управления трактором с использованием шины CAN-bus // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://can.marathon.ru/page/science-projects/tractor>. – Дата доступа : 16.09.2015.

39. John Deere открыл центр технологий и инноваций (ETIC) в Кайзерслаутерне // [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа : <http://www.стройтех.рф/publication>. – Дата доступа : 16.09.2015.

40. Современные технологии сельхозмашиностроения в Германии // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.ved.gov.ru/rus_export/pages/market_review. – Дата доступа : 12.05.2015.

41. Кобринская, Е. «Умная» техника на «АГРОСАЛОНЕ-2012» / Е. Кобринская // АгроРынок. – 2012. – № 10. – С. 28–30.

42. Черноиванов, В. И. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 124 с.

43. Как тракторы учились думать. Технологии будущего // АГРОМАКС. – 2012. – № 6 (34). – С. 46–50.

44. Чехута, В. Agritechnica 2007. Сельхозтехника завтрашнего дня / В. Чехута // Основные средства. – 2008. – № 1.

45. Агритехника-2011 в Ганновере. Сельхозтехника будущего // [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа : www.zereno.com. – Дата доступа : 14.09.2015.

46. Компания John Deere запускает линейку интеллектуальных сельхозмашин // [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : kazakh-zerno.kz. – Дата доступа : 11.09.2015.

47. Универсальная машина John Deere 2154D // ЛесПромИнформ. – 2012. – № 6 (88).

48. Асанов, А. З. Интеграция и интеллектуализация бортовых систем управления большегрузными автомобилями / А. З. Асанов, Д. Х. Валеев, А. С. Савинков // Проблемы управления и моделирования в сложных системах : тр. XIV Междунар. конф. – Самара : СамНЦ РАН, 2012. – С. 524–531.

49. Bosch сокращает расход топлива и количество вредных выбросов коммерческого транспорта с помощью инновационной системы Eco.Logic motion // [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : http://www.bosch.ru/ru/newsroom_1/news_1/news-detail-age_11776.php. – Дата доступа : 15.09.2015.

50. Интеллектуальные «дворники» [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : <http://avtomasta.ru/elektrooborudovanie/intellektualnye-dvorniki.html>. – Дата доступа : 15.09.2015.

51. Петрова, А. В. Системы «точного земледелия» в обеспечение продовольственного суверенитета России: текущие возможности и перспективы / А. В. Петрова, Д. Ю. Репин // Проект матер. Московского эконом. форума, 2013. – С. 1–10.

52. Точное земледелие – инновация в системе ресурсосберегающего земледелия / Int. Efficient Agriculture Solutions and Standards Assosiation // [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : <http://IEASSA.ORG/RU>. – Дата доступа : 14.09.2015.

53. Адамчук, В. И. Точное земледелие: какой в этом смысл? / В. И. Адамчук // Питание растений. – 2011. – № 1. – С. 1–5.

54. Прянишников, Д. Н. Избранные сочинения. Т. 1 / Д. Н. Прянишников. – М. : Колос, 1965. – 721 с.

55. Heege, H. J. Precision in crop farming. Site specific concepts and sensing methods: applications and results / H. J. Heege // New York–London: Springer, 2013. – 361 pp.

56. John Deere открыл Европейский центр технологий и инноваций / Ежедн. аграр. обозрение. Изд. дом «Независим. аграр. прессы» // [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа : <http://agroobzor.ru/sht/a-151.html>. – Дата доступа : 14.09.2015.

57. Системы параллельного вождения CLAAS // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : www.claas.ru. – Дата доступа : 12.05.2015.

58. Система параллельного вождения Parallel Tracking [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <https://www.deere.ua>. – Дата доступа : 12.05.2015.

59. Лях, С. И. О точном вождении агрегатов при внесении удобрений и пестицидов / С. И. Лях, С. А. Антошук // ННЦ по механизации сельского хозяйства НАН Беларуси [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://belagromech.basnet.by>. – Дата доступа : 12.05.2015.

60. Черноиванов, В. И. Инновационные решения в сельхозтехнике на «SIMA-2011» / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко // Информационный бюллетень МСХ РФ. – 2011. – № 4. – С. 37–40.

61. Naciuyusufoglu, A. F. Innovation in agricultural tractors / A. F. Naciuyusufoglu, Z. Korkmaz // Proc. ISITES-2014, Karabuk – Turkey. – P. 1913–1920.

62. Артюшин, А. А. Разработка блока контроля состояния растений для интеллектуальной системы управления производственными процессами / А. А. Артюшин, И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. 15–16 сент. 2015 г., Москва : в 2 ч. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 137–141.

63. Афанасьев, Р. А. Актуальность технологий точного земледелия в севооборотах с белым люпином // Белый люпин. – 2014. – № 2. – С. 22–30.

64. Субботина, М. Г. Об электропроводности почвы в современных исследованиях / М. Г. Субботина, Батье-салес Хорхе // Пермский аграрный вестник. – 2013. – № 3. – С. 28–32.

65. Патыко, Д. Чего хочет огурец, знает биосенсор / Д. Патыко // Рэспубліка. – 2009. – 2 кастр. – С. 7.

66. Great Plains презентовал интеллектуальную сеялку Centurion 600 [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : <http://agroppravda.com/news>. – Дата доступа : 12.05.2015.

67. Новая сеялка точного высева от компании Vaderstad [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://agroinfo.com>. – Дата доступа : 12.06.2015.

68. Чехута, В. Agritechnica 2007. Сельхозтехника завтрашнего дня / В. Чехута // Основные средства. – 2008. – № 1.

69. Нукешев, С. О. Механико-технологические основы внутрипочвенного дифференцированного внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия : автореф. дис. ... докт. тех. наук / С. О. Нукешев. – 05.20.01. – Казахстан, Алматы, 2010. – 37 с.

70. Жуков, А. «Умное» земледелие накормит планету. «Шестое чувство» для трактора / А. Жуков // Белорусское сельское хозяйство. – 2011. – № 12. – С. 76–80.

71. Опрыскиватель AMAZONE. Эффектно и гибко [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://hitagro.ru/armiya-ximicheskoy-zashhity>. – Дата доступа : 12.06.2015.

72. Опрыскиватель LEMKEN [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://test.agrozapchast43.ru>. – Дата доступа : 12.06.2015.

73. Опрыскиватель Berthoud. Результат без перерасхода [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://hitagro.ru/armiya-ximicheskoy-zashhity>. – Дата доступа : 12.06.2015.

74. Мочкова, Т. В. Оценка внутривидовой вариативности фитосанитарного состояния посевов с использованием оптической системы «Green Seeker RT-200» / Т. В. Мочкова, Т. Н. Башкирова, Р. А. Миронова, В. А. Колесникова // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. 15–16 сент. 2015 г., Москва : в 2 ч. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 154–156.

75. Контроль и учет сыпучих материалов [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.e-rt.ru>. – Дата доступа : 12.06.2015.

76. Blackmore, B. S. Robotic agriculture – the future of agricultural mechanisation? / B. S. Blackmore, W. Stout, M. Wang, B. Runov // 5th

Europ. Conf. Precision Agriculture. Ed. J. Stafford. – Netherlands, Wageningen Academic Publishers, 2005. – P. 621–628.

77. Griepentrog, H. W. Robots for Field Operations with Comprehensive Multilayer Control / H. W. Griepentrog, C. L. Duhring Jaeger, D. S. Paraforos // *Kunstl Intell.* DOI 10.1007/s13218-013-0266-z. – 9 pp.

78. Huang, G. T. Q Robotics emerges from stealth mode, tries to go one step beyond Roomba / G. T. Huang [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://www.xconomy.com/boston/2008/07/30/>. – Дата доступа : 12.11.2015.

79. Черноиванов, В. И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства : науч. изд. / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 284 с.

80. Сельскохозяйственные роботы, агроботы [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://futuresophy.com/robototexnika>. – Дата доступа : 12.11.2015.

81. Blackmore, S. Mobile Robots for Tree Care / S. Blackmore, H. Have, R. Shariff, N. Noguchi // *Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production FRUTIC 05*, 12–16 Sept. 2005, Montpellier, France. – P. 737–744.

82. Козлова, А. И. Современные сельскохозяйственные машины для внесения пестицидов в технологиях точного земледелия / А. И. Козлова // *Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф.* 15–16 сент. 2015 г., Москва : в 2 ч. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 71–74.

83. Адамчук, В. В. Точное земледелие: существо и технические проблемы / В. В. Адамчук, В. К. Мойсеенко // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 2003. – № 8.

84. Мишуоров, Н. П. Современные роботы в сельском хозяйстве / Н. П. Мишуоров, Н. Ф. Соловьева, Ю. А. Цой // *Техника и оборудование для села*. – 2010. – № 5. – С. 46–48.

85. Измайлов, А. Ю. Актуальные проблемы создания новых машин для промышленного садоводства / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 3. – С. 20–23.

86. Сбор апельсинов роботами [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://roboting.ru>. – Дата доступа : 12.11.2015.

87. Шумилов, Ю. В. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в технологии точного земледелия / Ю. В. Шумилов [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 9. – С. 146–147.

88. Провайдеры услуг и решений на базе БПЛА [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : [http:// drone.ua](http://drone.ua). – Дата доступа : 12.11.2015.

89. Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://zala.aero>. – Дата доступа : 12.11.2015.

90. Товкач, С. Е. Информационно-измерительная система пирометрического типа для малоразмерного беспилотного летательного аппарата (БПЛА) : дисс. ... канд. тех. наук. : 05.11.16 / С. Е. Товкач. – Тула, 2010. – 191 с.

91. Королев, В. А. Технические возможности контроля состояния почв удаленных участков полей с использованием мобильного робота / В. А. Королев, А. М. Башилов, К. О. Можаяев // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. 15–16 сент. 2015 г., Москва : Ч. II. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 271–274.

92. Лысенко, А. В. Интеллектуализация систем микроклимата как основа повышения энергоэффективности теплиц / А. В. Лысенко, А. Ю. Меркульев, И. И. Кочегаров // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5 (1). – С. 69–70.

93. Савосин, С. И. Интеллектуальная система контроля влажности и температуры воздуха в теплице : дис. ... канд. тех. наук : 05.13.06 / С. И. Савосин. – М., 2009. – 132 с.

94. Лашин, А. П. Дистанционный мониторинг тепличных процессов – сегодня это уже реальность / А. П. Лашин, Д. А. Лашин / ООО НПФ «ФИТО» [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.greenhouses.ru>. – Дата доступа : 17.11.2015.

95. Кабанов, А. А. Автоматизированная система «умная теплица» / А. А. Кабанов // Матер. VI Всерос. конф. «Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых», 22–24 апр. 2015 г., Томск. – Томск : Томский политех. ун-т, 2015. – С. 275–278.

96. Лукша, С. А. Выращивание овощных, зеленых культур, пряных ароматических, лечебных трав, рассады в условиях защищенного грунта / С. А. Лукша, С. Г. Пономарев // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной

программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междуна- р. науч.-техн. конф. 15–16 сент. 2015 г., Москва : в 2 ч. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 132–135.

97. Новое здание ботанического сада: масштабное остекление на каркасе из алюминиевых профилей [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://allfacades.com>. – Дата доступа : 17.11.2015.

98. Соколов, А. Универсальная широкополосная система освещения с варьируемым спектром для теплиц / А. Соколов, Л. Юфев // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2014. – № 6. – С.48–51.

99. Автоматическая система полива 01 IRROX / ООО «Центр Теплиц» [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.2dum.ru>. – Дата доступа : 17.11.2015.

100. Робот собирает землянику [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа : <http://roboting.ru/1299-robot-sobiraet-zemlyaniku.html>. – Дата доступа : 12.11.2015.

101. Робот собирает клубнику [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа : <http://roboting.ru/85-robot-dlja-selskogo-khozjajstva.html>. – Дата доступа : 12.11.2015.

102. Самосюк, В. Г. Развитие основных научных направлений обеспечения новейших технологий производства молока / В. Г. Самосюк // Матер. XVI Междуна. симп. по машинному доению сельскохозяйств. животных (Минск–Гомель, 27–29 июня 2012 г.). – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельск. х-ва, 2012. – С. 7–18.

103. Степанов, М. А. Повышение эффективности молочного животноводства путем разработки методики автоматизированного формирования машинных технологий производства молока : дис...канд. тех. наук : 05.20.01 / М. А. Степанов. – СПб, 2002. – 195 с.

104. Захарова, Е. Технологии четвертого поколения в молочном животноводстве / Е. Захарова // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 7. – С. 84–85.

105. Оборудование Lely для молочного производства [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.lely.com>. – Дата доступа: 12.05.2015.

106. Роботизация сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://board.matrixplus.ru/zachemrobot30.htm>. – Дата доступа : 12.05.2015.

107. Королев, В. А. Мобильный кормораздатчик для автоматизации ферм КРС / В. А. Королев, Д. В. Кузин // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. 15–16 сент. 2015 г. Москва : в 2 ч. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 58–61.

108. Трофимов, А. Ф. Использование роботизированных доильных установок – преимущества и проблемы / А. Ф. Трофимов [и др.] // Вісник Сумського нац. аграр. ун-ту. Сер. «Тваринництво». – 2014. – Вып. 2/2 (25). – С. 208–212.

109. Самосюк, В. Г. Особенности современного механизированного доения коров / В. Г. Самосюк, В. В. Азаренко, В. М. Бурдыко, Л. В. Мисун // Матер. XVI Междунар. симп. по машинному доению сельскохозяйств. животных (Минск–Гомель, 27–29 июня 2012 г.). – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельск. х-ва, 2012. – С. 143–159.

110. Система автоматизированного доения Astronaut A4 [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://lelysaba.ru/18.html>. – Дата доступа : 12.05.2015.

111. О результатах наблюдения за роботизированными доильными установками Lely Astronaut A4 выпуска 2013 года. Отчет № 08-81-13 (5010614) от 21.11.2013 г. / ФГБУ «Поволжская государственная зональная машиноиспытательная станция», Кинель, 2013 г. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.povmis.ru/info>. – Дата доступа : 12.05.2015.

112. Тимошенко, В. Доильные роботы: от маленькой фермы до большого комплекса / В. Тимошенко, А. Музыка, А. Москалев // Белорусское сельское хозяйство. – 2015. – № 8. – С. 86–91.

113. Робот для уборки коровника [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.sd-milk.ru/lely/soderzhanie/discovery.html>. – Дата доступа : 12.05.2015.

114. Каталог продуктов и услуг ДеЛаваль [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://www.delaval-bg.com>. – Дата доступа : 12.05.2015.

115. Electronic sow feeder [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.compufeeder.com>. – Дата доступа : 12.05.2015.

116. Зуйкова, А. Н. Автоматизация технологических процессов в птицеводстве / А. Н. Зуйкова // Сетевой электронный научный журнал *Doungscience*. – 2014. – № 2. – 4 с.

117. Орквасова, М. Ю. Совершенствование механизма управления предприятиями птицеводческого подкомплекса на основе применения интеллектуальных систем и CALS-технологий : дис. ... канд. эконом. наук : 08.00.05 / М. Ю. Орквасова. – Нальчик, 2010. – 160 с.

118. Интеллектуальный инкубатор для утиных яиц [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://breeding-equipment.ru>. – Дата доступа : 12.05.2015.

119. Cronin, G. Robotics in the poultry industry / G. Cronin // [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.poultryhub.org>. – Дата доступа : 12.05.2015.

120. Робот-штаблер Cobot [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.jpe.org/ru>. – Дата доступа : 12.05.2015.

121. Королева, О. Создан робот для разделки курицы / О. Королева [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://robotforum.ru>. – Дата доступа : 12.05.2015.

122. Третьяков, С. А. Умная птицеферма. Взгляд в ближайшее будущее / С. А. Третьяков, Е. Л. Шержуков // Автоматизация в промышленности. – 2009. – № 1. – С. 41–44.

123. Миклуш, В. П. Организация технического сервиса в агропромышленном комплексе : учеб. пособие / В. П. Миклуш, А. С. Сайганов. – Минск : ИВЦ Минфина, 2014. – 607 с.

124. Чеботарёв, М. И. Проблемы и перспективы развития технического сервиса в АПК / М. И. Чеботарёв, И. Г. Савин // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 97 (03). – С. 1–10.

125. Голубев, И. Г. Отечественные и мировые тенденции в системе технического сервиса / И. Г. Голубев, В. Д. Митракова // Вестник Рос. гос. аграр. заоч. ун-та. – 2007. – № 2 (7). – С. 10–12.

126. Palem, G. Condition-based maintenance using sensor arrays and telematics / G. Palem // *Int. J. Mobile Network Communications & Telematics (IJMNCT)*. – 2013. – Vol. 3, No.3. – P. 19–28.

127. Сайганов, А. С. Основные направления перспективного развития системы производственно-технического обслуживания

сельского хозяйства Беларуси в рыночных условиях / А. С. Сайганов // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2012. – № 1. – С. 34–41.

128. Wang, W. Remote machine maintenance system through Internet and mobile communication / W. Wang, P.W. Tse, J. Lee // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2007. – Vol. 1. – P. 783–789.

129. Могилевский, Э. Техника на СИМА-2013: всеядный трактор из интернета / Э. Могилевский // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 3. – С. 92–97.

130. John Deere запускает линейку интеллектуальных сельхозмашин [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://kazakhstan.kz>. – Дата доступа : 12.06.2015.

131. Дунаев, А. В. Перспективы развития диагностики самоходных машин в АПК / А. В. Дунаев, М. Н. Костомахин, А. Н. Воронов // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства : сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. 15–16 сент. 2015 г., Москва : в 2 ч. – М. : ФГБНУ ВИМ, 2015. – С. 73–75.

132. Димитров, В. П. О разработке экспертной системы для технологической регулировки машин / В. П. Димитров, Л. В. Борисова [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://www.rusnauka.com>. – Дата доступа : 12.06.2015.

133. Шевченко, И. А. Повышение эффективности эксплуатации молочно-доильного оборудования / И. А. Шевченко, Э. Б. Алиев // Матер. XVI Междунар. симп. по машинному доению сельскохозяйственных животных (Минск–Гомель, 27–29 июня 2012 г.). – Минск : НПЦ НАН Беларусі по механізацыі сельскаго гаспадарства, 2012. – С. 62–68.

134. Волков, В. П. Ретроспективный анализ, состояние и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. – 2012. – Вып. 135. – С. 164–167.

135. Ведерников, Р. С. Интеллектуальная подсистема диагностики и управления бортового программного обеспечения современного автомобиля / Р. С. Ведерников, Д. В. Сергеев // Ползуновский альманах. – 2009. – Т. 2, № 3. – С. 113–115.

136. Компьютерная диагностика двигателя и электронных систем / Bosch service center // <http://diesel-service-himki.ru>.

137. Уваров, Г. А. Компьютерные технологии в виброакустическом диагностировании автомобилей / Г. А. Уваров // Вестник Полоцк. гос. ун-та. Серия В. – 2011. – № 11. – С 25–30.

138. Петров, В. М. Электрооборудование, электронные системы и бортовая диагностика автомобилей : учеб. пособие / В. М. Петров, И. Ф. Дьяков. – Ульяновск, 2005. – 119 с.

139. Чебоксаров, А. Н. Основы теории надежности и диагностика : курс лекций / А. Н. Чебоксаров. – Омск : СибАДИ, 2012. – 76 с.

140. Власов, Д. В. Исследование и разработка интеллектуального метода диагностики сбоев элементов автомобильной электроники : дисс. ... канд. тех. наук : 05.13.05 / Д. В. Власов. – М., 2008. – 192 с.

141. Интеллектуальные системы мониторинга давления в шинах [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://s-tool.ru/blog/TPMS>. – Дата доступа : 12.06.2015.

142. Lee, J. Intelligent prognostics tools and maintenance / J. Lee, J. Ni, D. Djurdjanovic, H. Qiu, H. Liao // Computers in Industry. – 2006. – № 57. – P. 476–489.

143. Atluru, S. A smart machine supervisory system framework / S. Atluru, S. H. Huang, J. P. Snyder // Int. J. Adv. Manuf. Technol. – 2012. – Vol. 58. – P. 563–572.

144. Головин, С. В. Интеллектуальный автоматизированный комплекс для диагностирования и организации ремонта промышленного электрооборудования : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.13.06 / С. В. Головин. – Иркутск, 2011. – 17 с.

145. Животовская, Т. В. Влияние элементов социальной инфраструктуры сельских поселений на эффективность аграрного производства : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Т. В. Животовская. – В. Новгород, 1999. – 186 с.

146. Назарова, Д. В. Инновации в системе жилищно-коммунального хозяйства в оценках населения / Д. В. Назарова // Социология. – 2013. – № 4. – С. 122–133.

147. Беляев, М. К. Современные проблемы реформирования ЖКХ в сельской местности / М. К. Беляев, А. В. Добродеев // Российское предпринимательство. – 2006. – № 12 (84). – С. 67–69.

148. Фоменкова, С. Ф. Проблемы и перспективы благоустройства агрогородков / С. Ф. Фоменкова // Вестник Брест. гос. тех. ун-та. – 2013. – № 1. – С. 31–34.

149. ГИС-технологии в строительстве и проектировании инженерных коммуникаций [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://www.radixtools.ru/publish-gis-tech>. – Дата доступа : 17.07.2015.

150. Пичугин, И. Л. Применение ГИС-технологий – эффективный мониторинг объектов ЖКХ / И. Л. Пичугин // Вестник Орловского гос. аграр. ун-та. – 2011. – Том 31. – № 4. – С. 76–79.

151. Мальцев, Н. Умный дом: реальность, проблемы, перспективы // БДИ. – 2004. – № 2 (53). – С. 16–19.

152. Жиленков, Н. «Умный дом» – перспективы развития / Н. Жиленков // СТА. – 2005. – № 1. – С. 60–63.

153. Харке, В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и системы коммуникаций в жилищном строительстве / В. Харке. – М. : Техносфера, 2006. – 288 с.

154. Быков, В. С. Вводный курс лекций по системам домашней автоматизации «Умный дом» / В. С. Быков. – Ростов-на-Дону : ООО «Умная электроника», 2011. – 11 с.

155. Функциональность комплексных систем автоматизации «Умный Дом» / SHT-Electronics [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : www.shouse.by. – Дата доступа : 17.07.2015.

156. Комплексная автоматизация частного дома [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : http://www.beckhoff.com/ru/pdf/applicat/Spb_Pushkin_Umnyj_dom_1800_kv_m.pdf. – Дата доступа : 17.07.2015.

157. Коньков, В. В. Интеллектуализация зданий и сооружений / В. В. Коньков // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2013. – № 3. – С. 32–35.

158. Коньков, В. В. Актуальные тенденции в области интеллектуализации зданий // Интеллектуальные здания и сооружения. Тенденции и перспективы : матер. V Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2013. – С. 4–8.

159. Коньков, В. Рекомендации по проектированию, возведению и эксплуатации интеллектуальных зданий и сооружений / В. В. Коньков, Н. Бурсов [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://arcp.by/ru/article/rekomendacii-po-proektirovaniyu-vozvedeniyu-i-ekspluatcii-intellektualnyh-zdaniy-i>. – Дата доступа : 17.07.2015.

160. Жиленков, Н. «Умные» деревни / Н. Жиленков // СТА. – 2006. – № 4. – С. 20–24.

161. Фоменко, А. В. Развитие сельской электроэнергетики как необходимое условие энергетической безопасности / А. В. Фоменко // Российское предпринимательство. – 2007. – № 11, вып. 1 (101). – С. 112–116.

162. Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Н. М. Зуль. – М. : Агропромиздат, 1990 г. – 446 с.

163. Куценко, Г. Ф. К вопросу надежности электроснабжения потребителей АПК в условиях развития рыночных отношений в электроэнергетике / Г. Ф. Куценко, О. Ю. Пухальская // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – 2006. – № 2. – С. 28–32.

164. Александрович, Я. М. Состояние и перспективы энергопотребления в Республике Беларусь / Я. М. Александрович // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития : материалы VIII Междунар. науч. конф. (Минск, 18–19 окт. 2007 г.) : в 4 т. / редкол. : С. С. Полоник [и др.]. – Минск, 2007. – Т. 1. – С. 206–216.

165. Янукович, Г. И. Электроснабжение сельского хозяйства : учеб. пособие / Г. И. Янукович. – Минск : ИВЦ Минфина, 2014. – 640 с.

166. Вертешев, А. С. Перспективы развития интеллектуальной энергетики в Псковской области / А. С. Вертешев // Труды Псков. политех. ин-та ПИ. – Псков : Изд-во Псков. гос. политех. ин-та, 2010. – С. 346–350.

167. Лутфуллина, Н. Э. Интеллектуальная энергетика: перспективы развития / Н. Э. Лутфуллина, Е. Н. Рудская [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://sibac.info/studconf/econom/iv/29460>. – Дата доступа : 14.06.2015.

168. Огороков, В. Р. Интеллектуальные энергетические системы : технические возможности и эффективность / В. Р. Огороков, И. О. Волкова, Р. В. Огороков // Академия энергетики. – 2010. – № 2. – С. 56–64.

169. Burr, M. T. Reliability demands drive automation investments / M. T. Burr // Public Utilities Fortnightly, Technology Corridor department, 2003, Nov. 1.

170. Основные положения концепции интеллектуальной энергосистемы с активно-адаптивной сетью : офиц. текст. – М. : ФСК ЕЭС, 2012. – 51 с.

171. В Европе стартовала стандартизация интеллектуальных электросетей [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : http://www.csm.kiev.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=3042%3A2015-03-03-08-09-24&catid=116%3A2014-07-31-11-33-47&lang=ru. – Дата доступа : 17.08.2015.

172. Mukherjee, C. A Brief survey on the advancement of smart grid / C. Mukherjee, P. Bharti, A. N. Mahajan // Int. J. Eng. Res. and App. – 2014. – Vol. 4, Issue 1 (Version 1). – P. 160–164.

173. Интеллектуальная электроэнергетическая система с активно-адаптивной сетью: структура, методические принципы, система управления / Иркутск : Ин-т систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, 2013 [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : <http://www.ntc-power.ru/ies-aas/> – Дата доступа : 11.09.2015.

174. Фаворский, О. Н. Физико-технические проблемы энергетики / О. Н. Фаворский // Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2006. – № 1. – С. 7–8.

175. Воротницкий, В. Э. Применение геоинформационных технологий в электрических сетях России / В. Э. Воротницкий, А. В. Калашников // Энергия единой сети. – 2013. – № 6.

176. Секнин, А. ГИС в электроэнергетике. Интеллектуальные энергосистемы / А. Секнин // Рациональное управление предприятием. – 2014. – № 1. – С. 26–29.

177. Фридрих, Б. Геоинформационные системы добавляют надежности российской энергетике / Б. Фридрих // Энергетика и промышленность России. – 2014. – № 12 (248).

178. Сарычев, Д. С. Применение геоинформационных систем в прикладных задачах электроэнергетики / Д. С. Сарычев // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2007. – № 6. – С. 30–32.

179. Вариводов В. Н. Интеллектуальное высоковольтное оборудование для распределительных электрических сетей / В. Н. Вариводов, Ю. А. Коваленко // Сб. докл. XII Всемир. электротех. конгресса (ВЭЛК-2011). Москва, 4–5 октября 2011 г. [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа : http://welc-2011.ru/news/2011/11/01/dokladi_VELK_2011. – Дата доступа : 11.09.2015.

180. Вариводов, В. Н. Основные направления создания комплекса оборудования для интеллектуальных электрических сетей /

В. Н. Вариводов [и др.] // Электротехнический рынок. – 2011. – № 4. – С. 26–30.

181. Савочкина, Д. В. Интеллектуальные системы учета электрической энергии / Д. В. Савочкина // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2012 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. – С. 381–384.

182. Современные автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://eneetika.in.ua/ru/books/book-5/part-4/section-6>. – Дата доступа : 17.08.2015.

183. Буторин, Д. Внедрение интеллектуальных электрических сетей в России / Д. Буторин // Энергетика и промышленность России. – 2014. – № 22. – С. 33–34.

184. Использование технологий power line communication (PLC) для управления освещением / БиоСофтТрейд [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа : <http://www.biosofttrade.com/en/node/171>. – Дата доступа : 11.09.2015.

185. Дроздов, П. А. Основы логистики : учебное пособие / П. А. Дроздов. – Минск : Изд-во Гревцова, 2008. – 211 с.

186. Скворцов, А. В. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве : справочная энциклопедия дорожника. Т. 6 / А. В. Скворцов, П. И. Поспелов, В. Н. Бойков, С. П. Крысин. – М. : Информавтодор, 2006. – 372 с.

187. Кузнецов, А. Ю. Интеллектуальные логистические системы : курс лекций для высших технических учебных заведений / А. Ю. Кузнецов, В. Глекнер, А. С. Носиков. – Киев : «Миллениум», 2009. – 73 с.

188. Малявкина, Л. И. Технологии штрихового кодирования в торговых розничных сетях / Л. И. Малявкина, Т. С. Старцева // Экономическая среда. – 2013. – № 2 (4). – С. 103–113.

189. Горев, А. Э. Информационные технологии на транспорте : учеб. пособие / А. Э. Горев ; СПб ГАСУ. – СПб, 2010. – 96 с.

190. Интеллектуальная система управления товарно-транспортными потоками будет создана в Беларуси / Новости Беларуси. БелТА. 18.05.2013 г. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа :

<http://www.interfax.by/news/belarus/1130182>. – Дата доступа : 17.07.2015.

191. Болокова, М. Г. Логистическая система агропромышленного комплекса / М. Г. Болокова, Р. Т. Четав // Вестник Адыгейск. гос. ун-та. – 2006. – № 2. – С. 112–114.

192. Темирбекова, А. Б. Развитие логистических систем в АПК / А. Б. Темирбекова, Н. Б. Тастандиева // Экономика и менеджмент знаний: глобальный контекст и казахстанские реалии : матер. Междунар. научно-практ. конф. КазУМОиМЯ им. Абылай-хана. – Алматы, 2012. – С. 670–674.

193. Живица, М. В. Особенности развития логистической деятельности в сельскохозяйственных организациях Беларуси / М. В. Живица // Беларусь в современном мире : матер. VII Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 22 мая 2014 г. / Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – С. 198–201.

194. Федотов, А. В. Маркетинг и логистика на рынке сельхозтехники / А. В. Федотов, В. А. Романенко // Экономика пром-сти. – 2012. – № 1–2. – С. 92–97.

195. Крохмаль, В. В. Модели управления экономической устойчивостью перерабатывающего комплекса, основанные на интегральной логистической концепции / В. В. Крохмаль // Вестник Оренбург. гос. ун-та. – 2004. – № 1. – С. 92–96.

196. Белых, С. А. Логистическое обеспечение агропромышленного комплекса региона : дисс. ... канд. эконом наук : 08.00.06 / С. А. Белых. – Ростов-на-Дону, 2000. – 189 с.

197. Астахова, О. К вопросу о логистике агропромышленного кластера / О. Астахова // Логистика. – 2011. – № 8. – С. 39–41.

198. Волощенко, Т. А. Информационное обеспечение логистической деятельности предприятий АПК / Т. А. Волощенко, Л. Н. Наумова // Економічні інновації – 2011. – Вып. 49. – С. 49–54.

199. Brewster, C. Identifying the ICT challenges of the Agri-Food sector to define the Architectural Requirements for a Future Internet Core Platform / C. Brewster, S. Wolfert, H. Sundmaeker // eChallenges e-2012 conference proceedings Portugal Lisbon, 2012. – 8 pp.

200. Verdouw, C. N. Smart Agri-Food Logistics: Requirements for the Future Internet / C. N. Verdouw // 3rd Intern. Conf. Dynamics in Logistics (LDIC-2012), Bremen, Germany, February 27th – March 1st, 2012.

201. Цветков, В. Я. Интеллектуализация логистики с применением геоинформатики / В. Я. Цветков, В. М. Маркелов // Междунар. журнал экспериментального образования. – 2012. – № 6. – С. 111–112.

202. Цветков, В. Я. Интеллектуализация транспортной логистики // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 4. – С. 38–40.

203. Кабашкин, И. В. Интеллектуальные транспортные системы: интеграция глобальных технологий будущего / И. В. Кабашкин // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 2 (27). – С. 34–38.

204. Рувинов, И. Р. Анализ применения аутсорсинга в материально-техническом обеспечении / И. Р. Рувинов // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 6. – С. 130–133.

205. Системы управления складом компании Stöcklin // [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://www.stoecklin.com>. – Дата доступа : 06.05.2015.

206. Интеллектуальные логистические и сортировочные системы / SystemGroup Innovative Generation 2014 [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://www.evopro.hu/rus/page/intelligens-logisztikai-es-szortozzo-rendszerek>. – Дата доступа : 05.07.2015.

207. Иванов, И. Cat Lift Trucks запустил в серию новые электропогрузчики / И. Иванов [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://blog.machineryzone.ru/2014/08/modernizirovannye-samosvaly-terex-ta-300-i-ta-400-k-prodazhe-gotovy/>. – Дата доступа : 05.10.2014.

208. Поляков, К. Оптимизация управления цепочками поставок может существенно повысить прибыль организации / К. Поляков // Директор информационной службы. – 2012. – № 9. [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://www.litres.ru/otkrytye-sistemy/direktor-informacionnoy-sluzhby>. – Дата доступа : 05.04.2015.

Научное издание

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Шилов Иван Николаевич,
Толочко Николай Константинович,
Романюк Николай Николаевич,
Нукешев Саяхат Оразович

Ответственный за выпуск *М. А. Прищепов*
Редактор *Д. О. Бабакова*
Корректор *Д. О. Бабакова*
Компьютерная верстка *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 26.09.2016 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 19,53. Уч.-изд. л. 15,27. Тираж 100 экз. Заказ 435.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.