

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ И МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ



Москва 2020

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

**СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ
И МОНИТОРИНГА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Москва 2020

УДК 631.3-192

ББК 40.72

С 40

Рецензенты:

В.А. Зорин, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин» (ФГБОУ ВО МАДИ);

Б.Н. Орлов, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Техническая эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

С 40 Голубев И.Г., Мишуров Н.П., Гольяпин В.Я., Апатенко А.С., Севрюгина Н.С. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники: аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 76 с.

ISBN 978-5-7367-1561-9

Представлен анализ систем телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники. Рассмотрены системы удаленного диагностирования машин. Обобщены передовые практики применения систем телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники.

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

I.G. Golubev, N.P. Mishurov, V.Ya. Golyapin, A.S. Apatenko, N.S. Sevryugina *Telemetry and Monitoring Systems for Agricultural Machinery, Analytical Overview* (Moscow: Rosinformagrotekh) 76 (2020).

The analysis of telemetry systems and monitoring for agricultural machinery is provided. Systems for remote diagnostics of machinery are discussed. The best practices of the use of telemetry and monitoring systems for agricultural machinery are summarized.

It is designed for agricultural professionals, scientists, teachers and students of educational institutions and persons making managerial decisions on the technical modernization of agriculture.

УДК 631.3-192

ББК 40.72

ISBN 978-5-7367-1561-9

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2020

ВВЕДЕНИЕ

Техническая модернизация агропромышленного комплекса предусматривает обновление его базы отечественной сельскохозяйственной техникой, которая могла бы конкурировать на российском рынке с ведущими зарубежными компаниями-производителями. Для того чтобы в ближайшей перспективе достичь расчетной обеспеченности, сельскохозяйственным организациям необходимо ежегодно приобретать по 45 тыс. тракторов, 12 тыс. зерноуборочных и 2 тыс. кормоуборочных комбайнов [1]. По расчетным экспертным данным Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России, для достижения данных индикаторов уже начиная с 2020 года приобретение должно составлять не менее 19716 тракторов, 9809 зерноуборочных комбайнов, 1235 кормоуборочных комбайнов и далее ежегодно увеличиваться [2]. Для ускорения темпов обновления парка сельскохозяйственной техники действуют и разрабатываются новые механизмы поддержки. Предусмотрены субсидии за счет средств федерального бюджета производителям сельскохозяйственной техники на возмещение затрат на производство техники, реализуемой сельскохозяйственным товаропроизводителям со скидкой. Обновлению парка техники способствуют институты развития, а также региональные программы [3, 4]. Ключевым ресурсом повышения конкурентоспособности отечественного сельского хозяйства становится интеллектуализация сельскохозяйственных процессов. В настоящее время в сельском хозяйстве получают распространение системы параллельного вождения, телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники, внедряются технологии точного сельского хозяйства, используется интернет вещей, беспилотные летательные аппараты, робототехнические устройства, мобильные приложения. Усложнение сельскохозяйственных машин, условий их использования, повышающиеся требования к качеству выполнения технологического процесса вызывают необходимость использования новых подходов и концепций. Они базируются на применении современных информационных технологий, автоматизированных систем контроля и управления технологическими процессами, глобальных систем пози-

ционирования [3]. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) указано, что приоритетными и перспективными направлениями научно-технологического развития Российской Федерации в ближайшие 10-15 лет являются передовые цифровые, интеллектуальные, производственные технологии, роботизированные системы, а также применение новых материалов и способов конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта [5]. Способствовать внедрению цифровых решений в производственные процессы агропромышленного комплекса (АПК) страны будет реализация ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» [6, 7]. Анализ отечественных и зарубежных источников показал, что в современных машинах задействовано большое количество независимых, но подстраивающихся друг под друга электронных систем с различными датчиками. Они управляют работой двигателя, приводом трансмиссии, рабочими органами и другими агрегатами. Современным мировым трендом является использование систем удаленного мониторинга машин, в том числе контроля их технического состояния и диагностирования. Применение таких систем позволяет снизить себестоимость затрат на содержание и использование техники, осуществлять круглосуточный контроль режимов эксплуатации и технического состояния техники, проводить ремонтно-обслуживающие воздействия по потребности [8-12].

В издании приведены результаты исследований по обобщению передовых решений отечественных и зарубежных производителей и практик применения систем телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники во всех регионах России. Для этого анализировались открытые информационные ресурсы, разработки отечественных и зарубежных производителей сельскохозяйственной техники, в том числе удостоенные наградами на международных агропромышленных выставках «АГРОСАЛОН» (Москва, Россия), «Agritechnika» (Ганновер, Германия), «SIMA» (Париж, Франция), «Золотая осень» (Москва, Россия) и др.

1. СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ И МОНИТОРИНГА МАШИН

1.1. Сельскохозяйственная техника

Переход к передовым цифровым и интеллектуальным производственным технологиям является одним из основных направлений развития мирового сельского хозяйства, обеспечивающих рост производительности труда, снижение затрат на производство продуктов питания и сельскохозяйственного сырья, повышение качества продукции и снижение ее потерь [13, 14]. Технологии интернета вещей позволяют полностью автоматизировать многие выполняемые сельскохозяйственные операции, в том числе обработку почвы, внесение удобрений, посев, уход, уборку урожая. Следовательно, машина (транспортное средство) для выполнения операций должна быть оснащена геоинформационной системой (ГИС) и GPS/ГЛОНАСС. Операции выполняют с использованием сельскохозяйственных устройств, машин, транспортных средств на основе решений или карт, сгенерированных на этапе облачных вычислений. Связанные команды управления передают через Интернет на сельскохозяйственные машины, которые при помощи ГИС будут точно (оптимально) обрабатывать каждый участок поля [15].

Современный уровень сельскохозяйственного производства определяется интеллектуальными машинными технологиями и техническими средствами нового поколения с информационным и приборным обеспечением. Для реализации цифровых интеллектуальных агротехнологий требуется кардинальное изменение парадигмы технического обеспечения, основанное на разработке и применении новых автоматических и беспилотных машин, оборудования и программного обеспечения для управления рабочими процессами машин, навигации технических средств, контроля выполнения технологических операций, мониторинга урожайности сельскохозяйственных культур, анализа развития болезней и вредителей на растениях и других технологических функций [16-20].

Некорректная техническая и технологическая настройка современной сельскохозяйственной техники, представляющей собой сочетание сложных механических и электронных систем, может привести не только к значительному недоиспользованию ее потенциальных возможностей, но и к рискам отказов, ведущих к возникновению нештатных (опасных) ситуаций. Эффективность сельскохозяйственной техники зависит также от человеческого фактора, при этом производительность работы разных механизмов в одних и тех же условиях может отличаться на 40% [21-23]. Улучшить эффективность использования техники, снизить материальные и временные затраты на организацию контроля ее работы, сбора, обработки и анализа данных о ходе выполнения технологических процессов позволяют системы автоматического сбора, анализа информации и передачи на основе этого управляющих команд. Такие системы предлагаются производителями тракторов и другой мобильной сельскохозяйственной техники.

В современных машинах используются электронные системы, которые интенсивно обмениваются данными в процессе работы, развиваются технологии компьютерного диагностирования. Анализ литературных источников показал, что в автомобилях, тракторах и комбайнах задействовано до 80 независимых, но подстраивающихся друг под друга электронных систем с различными датчиками, которые осуществляют также функции диагностирования. Основными являются системы управления работой силового агрегата, приводом трансмиссии, рабочими органами, а также системы активной безопасности, комфорта и климат-контроля, навигации, связи и др. [24, 25]. Уже созданы и внедрены информационные системы контроля технологических и эксплуатационных процессов, связанных с работой сельскохозяйственных агрегатов (СА). При использовании бортовых компьютеров решаются задачи регулирования положения рабочих органов навесных и прицепных машин, загрузки двигателя, контроля технологических, энергетических и эксплуатационных параметров, в том числе автоматизации вождения машинно-тракторного агрегата (МТА). Кроме того, на сельскохозяйственные агрегаты устанавливаются подсистемы контроля давления масла в двигателе,

температуры охлаждающей жидкости двигателя, расхода топлива и т.д. [9].

К примеру, на зерноуборочные комбайны, изготовленные в публичном акционерном обществе (ПАО) «Ростсельмаш» устанавливают систему электронных блоков контроля и фиксации параметров и режимов работы двигателя, молотилки комбайна и скорости его движения. Система Adviser контролирует до 40 параметров. Немецкий комбайн «Lexion-780» также имеет весьма высокий уровень автоматизации, для чего используются спутниковые навигационные системы GPS и ГЛОНАСС. Особенности работы зерноуборочных комбайнов приводят к необходимости существенной их модернизации с постепенной передачей всех функций ручного управления системе автоматического управления комбайном [16].

Анализ исследований российских и зарубежных ученых показал, что современным мировым трендом является использование систем удаленного мониторинга машин, в том числе контроля технического состояния и диагностирования [23, 26-29]. Основная задача систем телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники заключается в повышении производительности парка сельскохозяйственной техники. Она достигается путем оптимизации технологического процесса на основе анализа рабочего времени, внесения корректив в настройки сбора, учета и документирования данных, увеличения эксплуатационной надежности машин, перевода технического обслуживания от планового к техническому обслуживанию по состоянию. С помощью спутников GPS определяется местоположение машин, а по мобильной связи через регулярные временные промежутки к единому серверу передаются данные GPS-координат, времени и характера работ, технические показатели. В системы можно заходить со стационарного компьютера, ноутбука, планшета или мобильного телефона. Информация, которой оперируют системы, доступна для просмотра и анализа как в режиме реального времени, так и в виде отчетов [21, 30]. Обозначение некоторых таких систем телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники приведено в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Обозначение некоторых систем телеметрии и мониторинга
сельскохозяйственной техники**

Изготовитель (компания)	Система
«CLAAS»	TELEMATICS
«John Deere»	JDLink
«AGCO»	AGCOMMAND
«New Holland»	PLM Connect
«Case IH»	AFS Connect
«Ростсельмаш»	AGROTRONIC
«Фарватер»	Система мониторинга и контроля сельскохозяйственной техники
«ГЛОНАСС Телематика»	Wialon Hosting
Группа компаний «Скаут»	СКАУТ

Основная задача системы TELEMATICS фирмы «CLAAS» заключается в том, чтобы повысить производительность всего парка техники. При помощи спутников GPS/ГЛОНАСС определяется местоположение машин, а по мобильной связи к единому серверу передаются более 200 различных параметров [31, 32]. Схема функционирования телеметрической системы TELEMATICS показана на рис. 1.1.

Тестирование системы TELEMATICS на зерноуборочных комбайнах в Германии и Великобритании показало, что она позволяет сократить период сбора урожая на три дня, повысить производительность машин на 10%, коэффициент использования рабочего времени – на 7%, а также сократить затраты не менее чем на 0,5% [21, 32].

Телематическая система JDLink фирмы «John Deere» позволяет отслеживать работу машин непосредственно из офиса, а также из любого места с доступом в Интернет или с мобильного телефона [26]. В зависимости от набора функций подразделяется на JDLink Select, JDLink Ultimate и JDLink Harvest Modules. Информация о местоположении машин предоставляется на цветной карте Google. Возможности модулей телеметрической системы JDLink показаны в табл. 1.2.

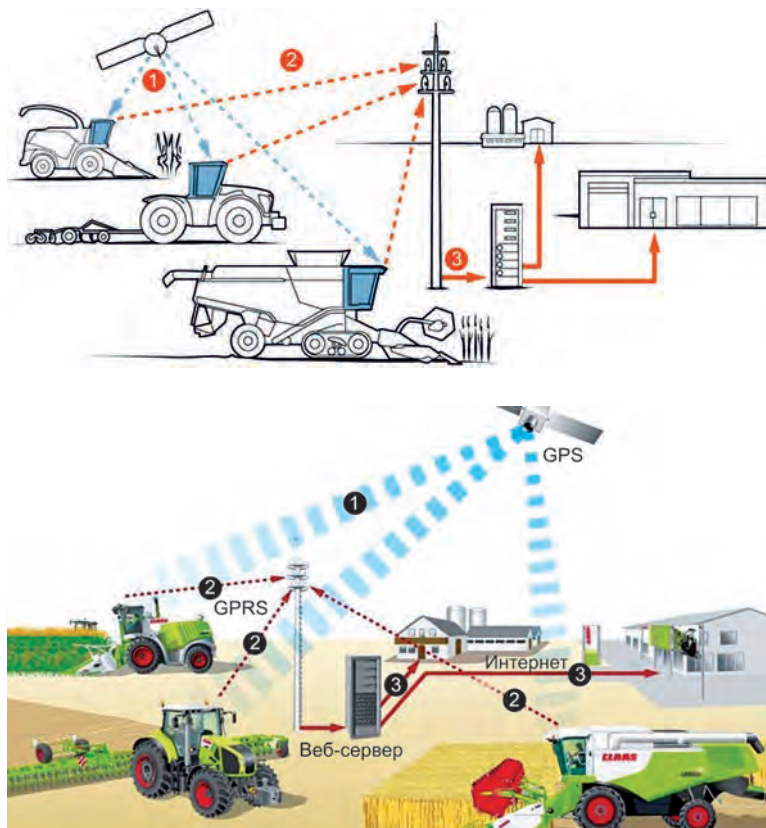


Рис. 1.1. Схема функционирования телеметрической системы TELEMATICS: 1 – прием данных о местоположении через спутник; 2 – передача данных и настроек машины по мобильной сети на сервер; 3 – вызов данных фермером или удаленная диагностика дилером

Таблица 1.2

Возможности модулей телеметрической системы JDLink

Показатели	JDLink-Select	JDLink-Ultimate	JDLink-Harvest-Modules
Расположение машин	+	+	+
Геограницы	+	+	+
Наработка	+	+	+

Показатели	JDLink-Select	JDLink-Ultimate	JDLink-Harvest-Modules
Планирование технических обслуживаний (ТО)	+	+	+
Потребление топлива	—	+	+
Использование машин	—	+	+
Диагностирование машин	—	+	+
Настройки машин	—	—	+
Производительность машин	—	—	+
Service ADVISOR Remote	+	+	+

Дополнительная функция Service ADVISOR Remote предназначена для использования дилерами «John Deere» при диагностике и обновлении настроек машин [26].

Телематическая система AFS Connect фирмы «Case IH» (рис. 1.2) позволяет владельцам ферм отслеживать производительность машин и управлять ими в реальном времени на компьютере из офиса, а также проводить удаленную диагностику и связываться с водителями, используя сигналы GPS и беспроводные сети передачи данных [14, 21].

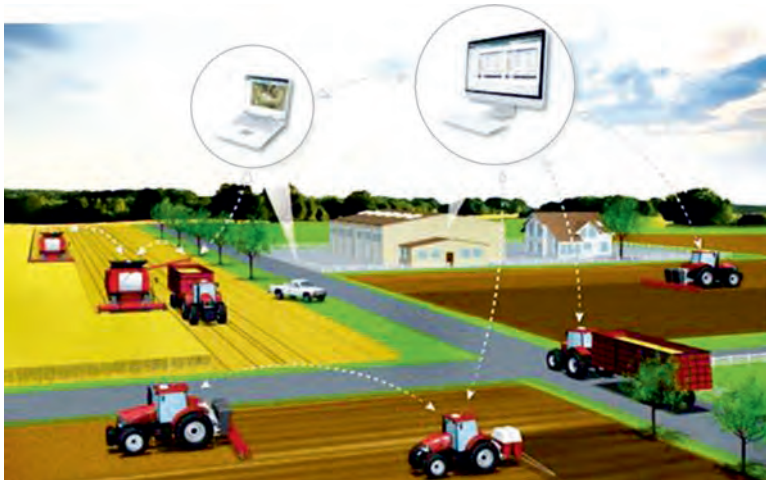


Рис. 1.2. Схема работы телематической системы AFS Connect

Телематическая система PLM Connect компании «New Holland» дает возможность контроля над машинами из офиса, а также позволяет отправлять и получать информацию в режиме реального времени [23]. В зависимости от индивидуальных потребностей можно выбрать пакет начального уровня PLM Connect Essential или улучшенный профессиональный PLM Connect Professional. Основные возможности первого пакета:

- отслеживание движения машин по интерактивной карте;
- просмотр пройденного пути каждым мобильным средством;
- создание геозон для ферм и полей и получение уведомлений по электронной почте или SMS, когда мобильное средство покидает границы геозоны;
- создание индивидуальных отчетов о местоположении машин и продолжительности работы двигателя [23].

Технологии цифровых камер открывают сельскому хозяйству широкий спектр возможностей для мониторинга процессов, документирования и дистанционной поддержки. Машиностроительный завод «ROPA» («ROPA Maschinenfabrik») разработал портал R-Connect Portal для сетевого управления фермерскими хозяйствами и логистикой, за который получил серебряную медаль на выставке «Agritechnica 2019» (рис. 1.3). Монитор R-Connect ROPA автоматически документирует изображения снимков камер во время уборки сахарной свеклы. Все это интегрировано в портал R-Connect для сетевого управления фермой и логистикой. Перед уборкой свеклы на снимках камер можно проконтролировать плотность насаждений свеклы, состояние выгрузной ленты транспорта во время уборки урожая, а также дополнительные показатели машины [12].

Фирма «LEMKEN» разработала систему управления трактором TIM iQblue connect (Tractor – Implement – Management) (рис. 1.4), которая представляет собой модифицированный модуль, позволяющий с минимальными затратами реализовать функции управления трактором благодаря данным датчиков, собранных на навесном агрегате [12].



Рис. 1.3. Портал R-Connect Portal для сетевого управления фермерскими хозяйствами и логистикой фирмы «РОРА»

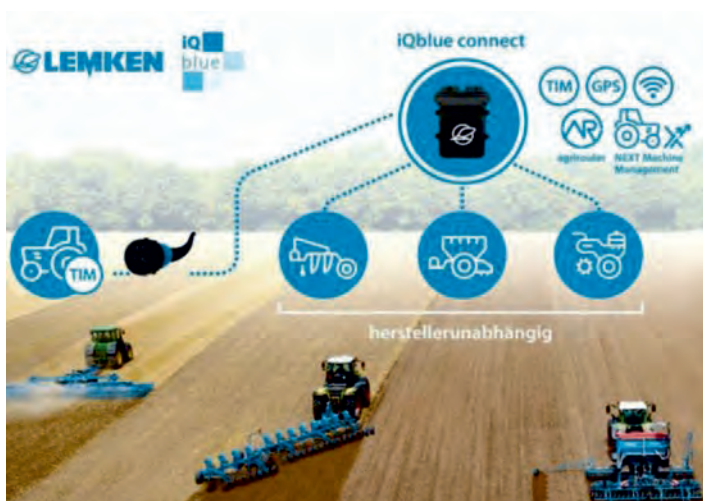


Рис. 1.4. Управление трактором с помощью системы TIM iQblue connect фирмы «Lemken»

Корпорация «AGCO» разработала телеметрическую систему для управления парком сельскохозяйственных машин AGCOMMAND, которая собирает данные, относящиеся к местоположению, настройкам и рабочим характеристикам машины. Предложенное комплекс-

ное беспроводное информационное решение для сельхозпроизводителей и дилерских центров позволяет оценить в режиме реального времени до 25 основных параметров машины, а также сравнить эффективность использования до 5 ед. техники. Для работы с системой установка программного обеспечения на персональный компьютер не требуется, так как доступ к данным производится через любой веб-браузер. Для этого требуется только возможность подключения к сети Интернет. Система AGCOMMAND Advanced обеспечивает доступ к виртуальной приборной панели машины, т.е. к настройкам и параметрам машины в режиме реального времени. Наряду с контролем параметров владелец (оператор) также может удаленным изменением этих параметров влиять на производительность машины или расход топлива [21].

ПАО «Ростсельмаш» разработало для своих машин систему дистанционного мониторинга и телеметрии AGROTRONIC. Она предназначена для удаленного контроля над технологическими процессами с целью оптимизации режимов эксплуатации техники и использования рабочего времени, профилактики нарушений, обеспечения логистики [21]. При этом информация, которой оперирует система, доступна для просмотра и анализа как в режиме реального времени, так и в виде отчетов за определённый период. Система AGROTRONIC позволяет контролировать сливы топлива, несанкционированные выгрузки уборочных машин, все виды простоев, рост эффективности применения техники в хозяйстве путем анализа времени работы, оптимизировать настройки через дистанционный контроль параметров работы машин, максимально использовать мощность машин благодаря сравнению показателей производительности и оптимизации настроек, сократить время на техническое обслуживание, проводить анализ технологических процессов, улучшить планирование и логистику, снизить стоимость владения парком техники и улучшать показатели эффективности сельскохозяйственных работ. Компонентами системы являются встроенный в бортовой компьютер модуль связи (GPRS-модем), внешняя ГЛОНАСС/GPRS-антенна, карта памяти SD и SIM-карта. В систему можно заходить как с планшета или мобильного телефона, так и с ноутбука или стационарного компьютера. Разделы меню (слежение, уведомления, анализ

и управление) отображаются на всех страницах веб-сайта дистанционного мониторинга в верхней части страницы. На главной странице отображается общая и сравнительная информация по всей технике, доступной пользователю для отображения за текущие сутки.

Компания «Фарватер» разрабатывает и производит системы мониторинга и контроля сельскохозяйственной, специальной техники и автотранспорта под маркой Can-Way и Line-Way. Основное их отличие от других систем телематики и мониторинга – подключение к CAN-шине машины (или к аналоговым датчикам) и анализ получаемой таким образом информации о состоянии как технических, так и «хозяйственно» важных показателей. Владелец техники имеет возможность вести круглосуточный контроль над режимами эксплуатации и ее состоянием, получая информацию как об общих параметрах (расход, уровень топлива, температура двигателя и т.д.), так и о специальных параметрах работы механизмов и агрегатов, например, контроль работы гидравлической системы, молотильного барабана, наполнение бункера зерном или количество зерна в бункере, влажность зерна и др. (рис. 1.5).

Таким же образом производится подключение к агрегируемой (прицепной) технике. Результатом является передача в учетное программное обеспечение информации о параметрах работы опрыскивателя, разбрасывателя удобрений или сеялки (норма внесения, ширина захвата, уровень рабочего раствора в баке и др.). Использование возможностей дистанционного мониторинга компании «Фарватер» позволяет контролировать работу техники; проводить анализ эксплуатационных расходов исходя из соотношения затрат (ГСМ, моторесурс и др.); обеспечивать удаленную диагностику двигателей, узлов и агрегатов; прогнозировать профилактические, регламентные работы для предотвращения аварийных отказов техники. Благодаря своевременному обнаружению неисправностей, предотвращению актов вандализма, контролю над соблюдением требований к проведению технологических операций затраты на содержание и эксплуатацию техники могут быть снижены до 30%. Система мониторинга компании «Фарватер» совместима с большинством распространенных марок техники как российского, так и импортного производства [30].



а



б

Рис. 1.5. Схема удаленного мониторинга эксплуатации сельскохозяйственной техники системой компании «Фарватер»:
 а – мониторинг технических и технологических параметров при эксплуатации комбайна «Ростсельмаш Акрос 580 (585)»;
 б – мониторинг технологических параметров при эксплуатации комбайна «Ростсельмаш Акрос 580 (585)» и контроль процесса выгрузки

Система мониторинга техники «АвтоГРАФ» предназначена для контроля расходования средств производства (топлива, удобрений, средств защиты растений), соблюдения технических требований к выполнению работ, количества собранного урожая (при использовании специальных датчиков), а также помощи в организации рациональной логистики [33]. На трактор, комбайн или другую мобильную технику устанавливается контроллер «АвтоГРАФ» (передающее и обрабатывающее информацию устройство). К нему подключаются необходимые датчики. В устройство вставляется SIM-карта местного оператора сотовой связи стандарта GSM и подключаются внешние GPS и GSM-антенны. По GPRS-каналу информация о положении техники, уровне топлива в баке и других параметрах отправляется на сервер АвтоГРАФа или хозяйства. При потере связи контроллер начинает запись информации в свою внутреннюю память (до 60 суток). Для того чтобы обработать полученную информацию достаточно подключить любой компьютер к сети Интернет, установить специальную бесплатную программу и ввести пароль для входа в систему. Программа предоставляет широкий набор возможностей по отображению данных на электронной карте и в виде графиков, их анализу и формированию отчетов. В результате использования системы уменьшаются расходы на топливо, удобрения, средства защиты растений, семена, повышаются урожайность и качество продукции, оперативность управления хозяйством, дисциплинированность работников [33].

Компания «КСБ (Комплексные Системы Безопасности) СТЕЛС» разрабатывает системы GPS/ГЛОНАСС, которые позволяют проводить контроль местоположения транспортного средства в режиме реального времени, учет отработанных мото-часов, расхода топлива, периодичность технического обслуживания, удаленно блокировать двигатель. Система контроля периодичности технического обслуживания настраивается в программе мониторинга по мото-часам или пробегу. Владелец машины получает уведомления о необходимости проведения технического обслуживания на электронную почту или мобильный телефон [14, 21].

Система спутникового слежения компании «Навигационные системы (NS)» позволяет определять качество и режимы эксплуата-

ции техники, оповещать о неисправностях и др. Модуль считывает данные с CAN-шины и позволяет отслеживать расход топлива, обороты двигателя, температуру охлаждающей жидкости, общий пробег и другие показатели [14, 21].

Система спутникового мониторинга ANTOR MonitorMaster (ГК «АНТОР») фиксирует фактически отработанное время, непроизводительные простои техники, контролирует давление и температуру в шинах, что позволяет проводить профилактику неравномерного износа протекторов для колесной техники, поддерживая оптимальное давление внутри шин и продлевая их ресурс на 10-15% [34, 35].

Характеристики некоторых систем удаленного мониторинга техники даны в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Характеристики некоторых систем удаленного мониторинга техники

Система (разработчик)	Назначение
Telematics (фирма «Claas»)	Повышение эксплуатационной надежности машин, улучшение планирования работ по техническому обслуживанию. При помощи спутников GPS определяется местоположение машин, а по мобильной связи через регулярные промежутки времени к единому серверу передаются более 200 различных параметров о GPS-координатах, времени и характере выполняемых работ, технических показателях машин
AGCOMMAND (корпорация «AGCO»)	Управление парком машин. Комплексное беспроводное информационное решение для сельхозпроизводителей и дилерских центров, которое позволяет оценить в режиме реального времени до 25 основных параметров машины, а также сравнить эффективность использования
AFS Connect (фирма «Case IH»)	Позволяет проводить удаленную диагностику и связываться с водителями, используя сигналы GPS и беспроводные сети передачи данных. В AFS Connect используется комбинация спутников GPS и технологии сотовой связи для беспроводного соединения оборудования от дисплеев Case IH AFS Pro 300 или Pro 700 до офисных компьютеров

Система (разработчик)	Назначение
JDLink (фирма «John Deere»)	Выдает информацию, необходимую для принятия решения об эффективном использовании топлива, оптимизирует использование машины, диагностирует ее состояние. Service ADVISOR Remote – дополнительная функция, используемая дилерами «John Deere» для диагностики и обновления настроек машин. Позволяет экономить время на ремонт, так как у дилера нет необходимости специально выезжать для проведения диагностики. Кроме того, удаленная диагностика обеспечивает своевременное выявление неполадок и доставку необходимых запчастей. Работу машин отслеживают непосредственно из офиса, а также из любого места с доступом в Интернет или с мобильного телефона
Remote-Diagnostics (фирма «Scania»)	Позволяет сервисным центрам и службе экстренной поддержки выполнять диагностику на расстоянии, что сокращает время простоя техники
АвтоГРАФ (компания «АЙТЕМС»)	Контроль расхода топлива автомобилей
AGROTRONIC (ПАО «Ростсельмаш»)	Позволяет контролировать сливы топлива, несанкционированные выгрузки уборочных машин, все виды простоев, рост эффективности применения техники в хозяйстве путем анализа времени работы, оптимизировать настройки через дистанционный контроль параметров работы машин, максимально использовать мощность машин благодаря сравнению показателей производительности и оптимизации настроек, сократить время на техническое обслуживание, проводить анализ технологических процессов, улучшить планирование и логистику, снизить стоимость владения парком техники и улучшать показатели эффективности
Can-Way, Line-Way (компания «Фарватер»)	Позволяет реализовать качественный и многоуровневый контроль эксплуатации техники на всех режимах работы; проводить удаленную диагностику двигателей, узлов и агрегатов; прогнозировать профилактические регламентные работы для предотвращения внеплановых ремонтов техники

Компания «АВЛ СИСТЕМС» устанавливает на тракторы устройство параллельного вождения Trimble (США) на базе GPS/ГЛОНАСС-навигации. Может осуществлять контроль работы широкозахватных агрегатов. С помощью систем параллельного вождения возможно управлять техникой, сводя к минимуму перекрытия и недоходы между соседними загонками. Бесплатное программное обеспечение FarmWorks позволяет просматривать данные точного земледелия от посадки до уборки урожая, предоставляя карты и отчеты, которые помогут принимать более обоснованные решения по управлению [36]. Характеристики оборудования Trimble даны в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Характеристики оборудования Trimble

Приборы	CFX-750	FmX
Отслеживание нагрузки		X
Отслеживание влажности	X	X
Автоширина пропила	X	X
Интерфейсный набор OEM		X
Передача данных в офис	X	X
Беспроводные устройства обмена данными с транспортным средством через скан-шину		X
Технические параметры	Ручное управление и автопилотирование. Функции картографирования. Управление высотой штанги опрыскивателя. Мониторинг высева. Управление дифференцированным внесением двух материалов. Автоматический контроль секций. Базовый мониторинг урожайности. Беспроводной обмен данными между полем и офисом	Прочная конструкция для повседневного использования в полевых условиях. Большой цветной сенсорный экран. Интуитивно понятный пользовательский интерфейс. На экране наведения – светодиоды. Четыре видеовхода камеры. Два встроенных GPS, приемники ГЛОНАСС

Компания «АВЛ СИСТЕМС» устанавливает системы GPS-мониторинга на тракторы и зерноуборочные комбайны (рис. 1.6, 1.7). Функционал GPS позволяет в режиме реального времени (онлайн) определять местоположение, передвижения трактора на карте, анализировать их [37].



Рис. 1.6. Установка системы GPS-мониторинга на трактор



Рис. 1.7. Установка системы GPS-мониторинга на зерноуборочный комбайн

Функция контроля остановок позволяет видеть все остановки трактора на карте. Функционал GPS онлайн «Контроль работы исполнительных механизмов трактора» позволяет контролировать использование прицепного оборудования или других механизмов. Информация с результатами контроля отображается на дисплее с привязкой к адресу местонахождения.

Функционал онлайн «Определение параметров работы двигателя трактора» дает возможность определять продолжительность работы двигателя трактора (контроль мото-часов), текущие значения частоты вращения коленчатого вала двигателя и уведомлять о недопустимых превышениях и опасно низких значениях (контроль оборотов), контролировать температуру двигателя и не допускать работу при перегреве (контроль температуры), определять наличие низкого давления масла системы смазки двигателя и сигнализировать о необходимости исправления ситуации (контроль давления масла).

Функционал онлайн «Определение контроля расхода топлива трактора» позволяет контролировать все заправки и сливы топлива, определять количество топлива в баке в любой момент времени; контролировать общий расход топлива, расход топлива за выбранный период времени, расход топлива за 1 ч работы трактора, определять случаи повышенного расхода топлива.

Функционал онлайн «Определение работы трактора по геозонам» контролирует работу трактора в определенной зоне.

Функционал онлайн «Определение параметров состояния подвески трактора» позволяет отслеживать резкие разгоны и торможения, а также рывки при переходе с передачи на передачу. Анализ качества вождения сокращает издержки на ремонт трактора [37].

Системы телеметрии применяют и при проведении испытаний сельскохозяйственной техники. Способ беспроводной передачи данных между датчиками, измерительной и информационными системами используется при определении функциональных показателей испытываемых машин. В ФГБНУ «Росинформагротех» разработан метод и созданы беспроводные цифровые устройства для определения функциональных показателей сельскохозяйственных тракторов и сельскохозяйственных машин с возможностью беспроводной передачи данных на удаленный пункт контроля в режиме реального времени.

Предложены конструкция датчика, модуль ввода дискретных сигналов и инерциальный датчик буксования с возможностью беспроводной передачи данных на базе радиосистемы с несущей частотой 433 МГц. В ходе полевых испытаний установлено, что точность определения буксования с помощью инерциального беспроводного датчика ИП-291 не превышает 1%; дальность устойчивой радиосвязи от испытываемого объекта до пункта управления и контроля над испытаниями достигает 1000 м; текущие показатели, поступившие посредством цифровой радиосвязи, не отличались от данных, полученных в кабине трактора. Для расчета показателей испытываемой техники в режиме реального времени создана эффективная система беспроводной передачи информации [19].

1.2. Автомобильный транспорт

Современные телематические системы тесно связаны с мониторингом автотранспорта, осуществляемым с помощью систем спутниковой навигации, сотовой связи, вычислительной техники и цифровых карт. Спутниковый мониторинг или трекинг используется в целях оптимизации транспортной логистики и для управления парком машин. Аналоговые тахографы заменяются цифровыми.

Тахограф содержит дисплей и управляющие кнопки для обеспечения возможности управления и взаимодействия с прибором; устройство, печатающее на термоленту с целью вывода накопленных данных; считыватель тахографических карт, с помощью которого идентифицируется водитель; GPRS-модем для передачи накопленной информации на сервер, где данные хранятся в течение нескольких лет; специальный датчик движения, с которого данные передаются в зашифрованном виде. Внутри устройства монтируется блок СКЗИ (НKM), он же криптографический модуль со встроенным приемником сигналов глобального позиционирования ГЛОНАСС (ГЕОС-3). Тахограф подключается к штатной электропроводке автомобиля с помощью современной цифровой шины CAN или более простых систем. Для обеспечения идентификации работника, используются специальные чиповые карты доступа [38].

Современные транспортные средства снабжены телематическими устройствами, позволяющими осуществлять удаленный мониторинг работы машины. Для этого почти все системы автомобиля соединены шинами данных, в конструкцию встроены информационные системы для водителя и блоки управления телематикой. Благодаря системе наряду с точным местоположением и данными автомобиля (номер шасси, модель, год выпуска, пробег) в сервисную службу или службу клиентской поддержки передается информация о температуре масла системы смазки двигателя, напряжении аккумулятора и сохраненные сообщения о неисправностях. Соединение с центром обслуживания клиентов производителя возможно также посредством кнопки «Info/кнопка информации». Клиент может обратиться с общими вопросами по автомобилю к консультанту производителя.

Важной в телематике является функция Thermocall. С помощью телефонного звонка можно активировать систему автономного отопления или включить вентиляцию. Это позволяет своевременно прогреть автомобиль без необходимости нахождения рядом с ним. Компания «Delphi» разработала и изготовила устройство, которое можно самостоятельно подключить к диагностическому разъему, расположенному под приборной панелью автомобиля. Устройство способно передавать и получать данные посредством сотовой связи. При помощи Интернета и облачных компьютерных сервисов, расположенных на внутренних серверах, система обеспечивает доступ к полному спектру автомобильной диагностической информации, данным о техническом обслуживании [38].

В настоящее время разработаны системы мониторинга функционального состояния водителей автотранспорта [39, 40]. Они представляют собой организационно-технический комплекс, который имеет возможность обеспечивать сбор, передачу, обработку, хранение, вывод и стратегический анализ данных, а также устройства регистрации сигнала для подвижных биологических объектов [39]. Разработанные микродатчики-регистраторы для информационно измерительной системы контроля функционального состояния водителя автотранспорта имеют в своем составе стандартные металлические «липкие» электроды. С помощью этих электродов

осуществляется регистрация электрокардиосигнала сердечной деятельности водителя [39].

Большое распространение получили различные системы контроля расхода топлива. ФГБНУ «ВИИТиН» разработало систему контроля правильности расхода и учета дизельного топлива с системой мониторинга эффективности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной энергетики на основе ГЛОНАСС/GPS (рис. 1.8) [41]. Бортовой комплект, устанавливаемый на мобильное энергетическое средство, имеет конструктивное исполнение «всё в одном»: контроллер, GPS-приёмник и приёмопередатчик, интегрированные в одном корпусе, к которому подключаются питание, антенны, датчики (возможно подключение ультразвукового датчика СИО-авто, датчика расхода топлива VZO, штатного датчика уровня топлива, датчика оборотов двигателя и температуры), исполнительные устройства и др.



Рис. 1.8. Система контроля правильности расхода и учета дизельного топлива с системой мониторинга эффективности эксплуатации мобильной сельскохозяйственной энергетики на основе ГЛОНАСС/GPS

Принцип работы состоит в измерении параметров работы мобильного энергетического средства (автомобиля), связанных с

его местоположением и расходом топлива. При этом используются как штатные датчики автомобиля, так и специальные датчики расхода топлива. Полученные данные сохраняются в электронной записной книжке и передаются посредством GPRS на персональный компьютер. В зависимости от решаемых задач система может комплектоваться датчиками расхода топлива или уровня топлива [41].

Компания «АЙТЕМС» устанавливает на автомобили системы мониторинга «АвтоГРАФ», которые позволяют следить за всеми перемещениями технического средства, отклонениями от маршрутов с помощью ГЛОНАСС и GPS. Одной из ключевых ее функций является контроль расхода топлива, который в большинстве случаев реализуется через установку датчика уровня топлива [33].

Компания «Ньютехагро» («Newtechagro») обеспечивает АПК системами удаленного контроля расхода топлива «Трасса» [42]. Она предназначена для непрерывного контроля расхода топлива в ёмкости в реальном времени и сохранения данных в памяти прибора. В состав системы контроля расхода топлива входит контрольно-измерительный прибор (КИП), датчик топлива, блок памяти (флеш-модуль), блок индикации, программа «Автотрейд», датчик уровня топлива (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Контрольно-измерительный прибор системы контроля расхода топлива

Объем памяти КИП позволяет непрерывно записывать информацию о расходе топлива (с интервалом в 1 мин) в течение 37 суток (рис. 1.10).

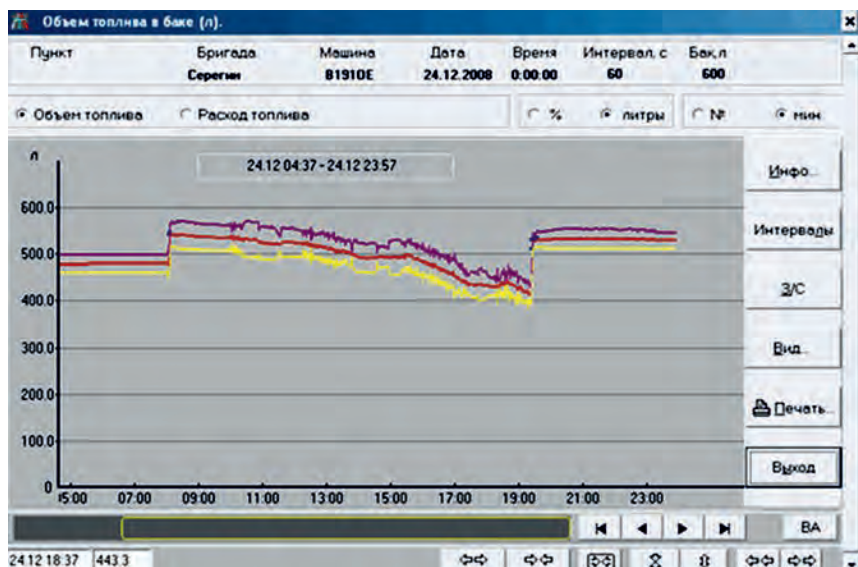


Рис. 10. Контроль расхода топлива системой «Трасса»

Память прибора энергонезависима, сохраняются накопленные данные о расходе топлива при снятом аккумуляторе, выключенном двигателе (зажигании). КИП имеет входы для подключения кабелей двух датчиков количества топлива, электрического привода спидометра или тахометра. Также имеется вход для подключения до восьми внешних агрегатов для определения времени их работы (по принципу вкл/выкл.), выходы на считывающее устройство (блок памяти), блок индикации, переносной компьютер (notebook), блок специального радиоканала (для дистанционной передачи информации о расходе топлива накопленной КИПом непосредственно в персональный компьютер (ПК) диспетчерского пункта по возвращении автомобиля в парк. В память прибора записывается информация о количестве топлива в баке, реальном времени, пройденном пути. По окончании рейса информация с приборов «Трасса» с помощью блока памяти или радиоканала переносится на базовый компьютер диспетчерской службы [42].

1.3. Строительно-дорожные машины

Системы электронного управления строительно-дорожными машинами (СДМ) выполняют функции по оптимизации работы и эффективному управлению гидросистемой, сбору информации со всех датчиков и органов управления, управлению пропорциональными и дискретными электромагнитами гидрораспределителей и клапанов, а также управлению двигателем и выводом информации на дисплей. Связь между узлами системы управления осуществляется с помощью шин. Информация, поступающая от оператора через органы управления, проходит обработку и распределение в блоке управления и в итоге доходит до исполнительных механизмов [43].

При выполнении технологических операций требуется наличие устойчивой обратной связи между оператором и оборудованием. С помощью электронной системы управления операторы могут регулировать величину воздействующих усилий со стороны исполнительных механизмов и одновременно по обратной связи иметь информацию о состоянии и нагруженности этих механизмов в результате взаимодействия с объектом. Для реализации проекта удаленного управления требуется перевести передачу данных с существующего проводного канала на дистанционный [44].

В качестве примера рассмотрен гусеничный экскаватор, 3D-модель которого построена в различных условиях эксплуатации для этого вида техники, поворотная платформа с рабочим оборудованием имеет четыре степени свободы относительно соответствующих осей вращения стрелы, её рукояти и ковша. Управление всеми рабочими механизмами экскаватора можно разделить на основное и вспомогательное. Основная система управления – комплекс устройств для управления экскаватором при выполнении рабочего цикла, в который входит управление фрикционными механизма главного реверса, а также тормозами механизма поворота. Все эти механизмы должны включаться и выключаться в течение рабочего цикла, длительность которого составляет 15-20 с. Таким образом, для основного управления экскаватором характерны частые включения (до 35-50 раз в минуту) и значительные усилия, необходимые для включения фрикционов и тормозов.

Вспомогательная система управления экскаватором – дополнительный к основной системе комплекс устройств для управления между рабочими циклами. Для вспомогательного управления характерно редкое включение – переключения механизмов поворота и передвижения экскаватора на площадке; переключения подвижных шестерен, обеспечивающих высшую или низшую скорость поворота платформы или передвижения экскаватора и др.

Система дистанционного управления должна обеспечивать перемещение указанных элементов рабочего оборудования. Рабочее оборудование экскаватора можно рассматривать как роботизированную стрелу с тремя степенями свободы относительно осей стрелы, рукояти и ковша. При управлении оператор осуществляет процесс перемещения каждого из указанных рабочих элементов экскаватора, одновременно включаются устройства, обеспечивающие обратную связь по силовым воздействиям, действующим на ковш и каждый исполнительный механизм. Согласованность работы этих механизмов может быть обеспечена работой системы по типу управления Master-Slave (рис. 1.11).

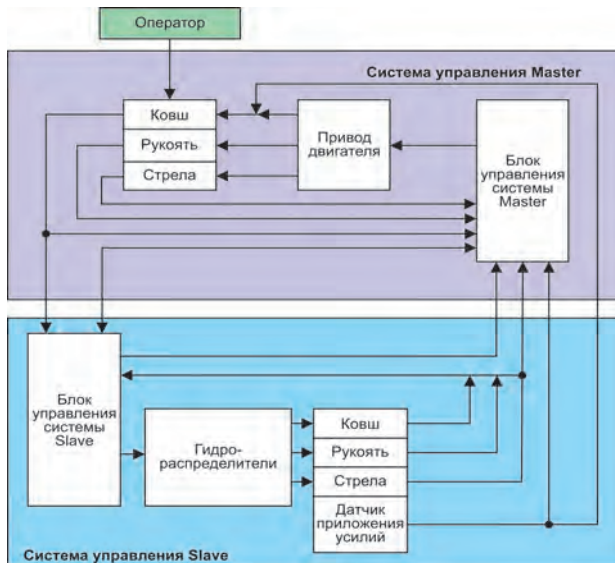
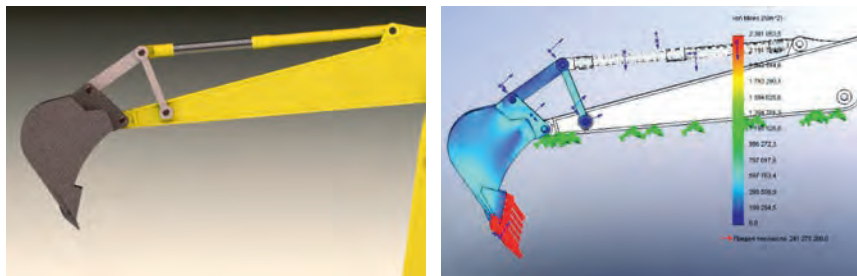


Рис. 1.11. Система управления Master-Slave

Элемент обратной связи включает в себя контактное воздействие, по величине которого можно судить о степени силового контакта рабочего элемента с обрабатываемым объектом и уровне его противодействия. Подобный механизм характеризует показатель «чувствительности» между элементами системы «человек-машина-среда», что обеспечивает контроль качества выполнения технологических операций (рис. 1.12).



кажений помех. Перспективным направлением для устранения указанных недостатков является использование в системах дистанционного управления технологическими роботами лазерных каналов для передачи информации от человека-оператора [46].

Использование лазерных каналов позволяет дублировать систему сбора информации (Slave), т.е. появляется возможность считывания значений углов положения стрелы, её рукояти и ковша. По координатам положения экскаватора и углам его наклона относительно горизонтальной плоскости можно вычислять координаты рабочей кромки ковша и обрабатываемого объекта (рис. 1.13). Путем синхронизации двух систем оператор добивается более точного выполнения технологической операции [46].

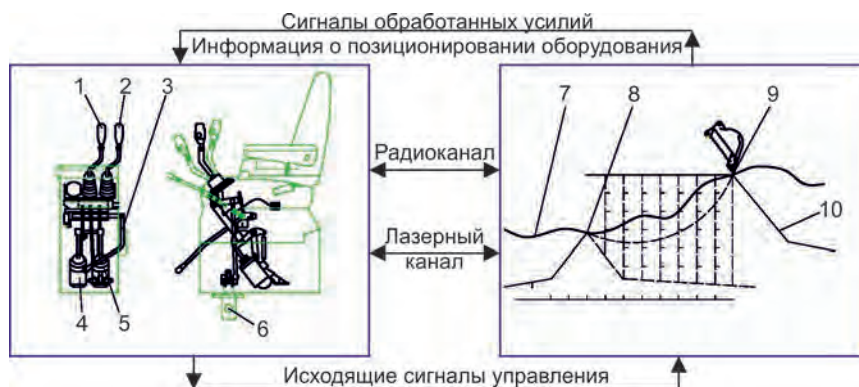


Рис. 1.13. Схема дистанционного управления экскаватором:

1 – рычаг управления стрелой; 2 – рычаг управления ковшом; 3 – рычаг блокировки; 4 – электромагнитный клапан; 5 – электромагнитный клапан управления стрелой; 6 – электропропорциональный клапан; 7 – уровень грунта; 8 – вторая точка контактирования; 9 – первая точка контактирования; 10 – предполагаемая линия движения

При использовании систем дистанционного управления оператор может определить условия проведения работ, что способствует повышению эффективности эксплуатации оборудования [47]. Переход на управление по радиоканалу не только решает проблему обзорности технологической площадки, но и создает предпосылки для создания более комфортных условий работы. Также возможно

использование дополнительных камер и информации, считываемой с компьютеров. Изображение зон проведения работ можно реализовать благодаря использованию 3D-моделей, что, в свою очередь, расширяет возможности мониторинга за техническими характеристиками системы в целом (рис. 1.14-1.15).



Рис. 1.14. Вид из позиции дистанционного управления экскаватором



Камера 1



Камера 2



Камера 3

Рис. 1.15. Вариант расположения системы камер при дистанционном управлении экскаватором

Эксплуатационные возможности систем дистанционного управления полностью не предусматривают качественную работу в неупорядоченной среде, при наличии посторонних электронных шумов и помех требуется использование широкого диапазона радиочастот, способных обеспечить независимую связь каждой еди-

ницы техники без перекрестных искажений и помех. Общим признаком данных систем является то, что для передачи управляющих сигналов используется радиоканал с возможностью усиления сигнала и переключения между рабочими частотами [48].

На рис. 1.16 представлена функциональная схема одноцелевой системы управления строительно-дорожными машинами в дистанционном режиме.

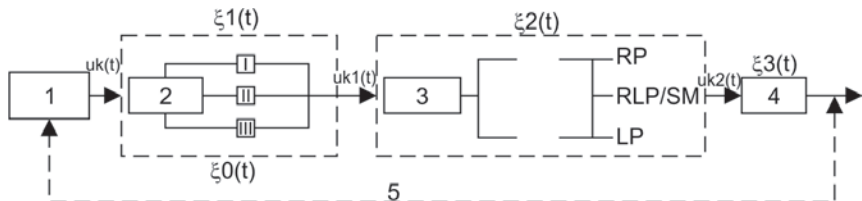


Рис. 1.16. Многоканальная система дистанционного управления строительно-дорожными машинами

Многоканальная система дистанционного управления строительными дорожными машинами состоит из электронного блока управления 1, устройства определения приоритета управляющего сигнала 2, управляющего канала 3 на основе радиосвязи, объекта управления 4, связанного с электронным блоком управления 1 каналом обратной связи 5.

Многоканальная система дистанционного управления строительными дорожными машинами работает следующим образом. Электронный блок управления 1 извлекает (собирает) информацию из внешних источников (на рис. 1.16 не показаны) о состоянии управляемого объекта 4, используя информацию канала обратной связи 5. Устройство определения приоритета управляющего сигнала 2 вырабатывает команды управления $uk(t)$ на основе поступающей на его входы текущей (рабочей) информации $\xi_0(t)$ и начальной (априорной) информации $\xi_1(t)$, с последующим формированием очередности последовательности поступления сигналов:

I – сигналы для выполнения рабочего цикла машины (основной рабочей функции) – комплекс устройств для управления экскаватором при выполнении рабочего цикла, куда входит управле-

ние фрикционами механизма главного реверса, а также тормозами механизма поворота. Все эти механизмы должны включаться и выключаться в течение рабочего цикла, длительность которого составляет 15-20 с;

II – дополнительные сигналы для управления между рабочими циклами. Для вспомогательного управления характерно редкое включение, например, для таких случаев, как переключение механизмов поворота и передвижения экскаватора в забое, переключение подвижных шестерен, обеспечивающих высшую или низшую скорость поворота платформы или передвижения экскаватора и др.;

III – обеспечение визуально-пространственного контроля выполнения производственных операций. Система дистанционного управления должна обеспечивать передачу видео- и аудиоданных, а также информацию о движении базы экскаватора и координации элементов рабочего оборудования в пространстве.

Сигналы управления $uk1(t)$ поступают на управляющий канал 3, оценка качества работы которого, определяется чистотой передачи сигналов по радиоканалу RC и дополнительному лазерному каналу LC , между которыми распределяется поток информации в зависимости от пропускной возможности каждого из каналов и текущего приоритета управляющего сигнала. Система учитывает вариативность прохождения данных через управляющий канал 3 и определяется соответствующими выходными данными $uk2(t)$: общий приоритет работы радио- и лазерного каналов RLP ; приоритет радиоканала RP ; приоритет лазерного канала LP ; остановка и прекращение работы машины SM .

Далее команды передаются на объект управления 4. Вследствие возникающих при этом искажений $\xi2(t)$ команды $uk2(t)$, поступающие на объект, могут несколько отличаться от переданных команд $uk(t)$. Сигналы на объекте управления также подвергаются влиянию возможных искажений $\xi3(t)$. Линия обратной связи 5 определяет пропорциональное воздействие по степени силового контакта объекта управления 4 с обрабатываемым элементом и возвращает собранную рабочую информацию на электронный блок управления 1.

Перечень устройств для обеспечения дистанционного режима управления экскаватором показан в табл. 1.5-1.6.

Таблица 1.5

**Устройства для обеспечения дистанционного режима управления
(экскаватор)**

Наименование	Число
Адресно-аналоговый приемно-контрольный прибор (сетевой модуль)	2
Релейный модуль	2
Аналоговый модуль выходного напряжения	2
Контроллер пропорционального клапана	12
Пропорциональный гидрораспределитель	12
Инвертор напряжения	1
Регулятор постоянного тока	1
Видео- и аудиопередатчики (2,4 ГГц)	3
Радиомодем (второстепенный) 900 МГц	1
Радиоконтроллер	1

Таблица 1.6

**Устройства обеспечения дистанционного режима управления
(рабочее место оператора)**

Наименование	Число
Сетевой модуль	1
Модуль ввода дискретных данных	1
Аналоговый модуль входного напряжения	2
Джойстик управления	2
Педаль управления	2
Устройство видео- и аудиоприема (2,4 ГГц)	3
Радиомодем (первостепенный) 900 МГц	1
Радиоконтроллер	1

При переоборудовании базовой конструкции управления на дистанционный режим для привода исполнительных устройств рационально использовать пропорциональные электромагнитные устройства и сервопривод [49].

1.4. Роботизированные и беспилотные технические системы

Сельскохозяйственная техника

В последние годы ведется интенсивная работа по созданию робототехнических устройств для выполнения повторяющихся и высокозатратных операций при производстве сельскохозяйственной продукции. Роботизированная техника автоматизирует такие операции, как распознавание, анализ ситуаций, выполнение траектории движения по определенной программе, адаптивное управление. В результате полной или частичной передачи этих функций роботу человек разгружается не только от монотонной, рутинной и тяжелой физической работы, но и от напряженной умственной деятельности. Важный результат роботизации – освобождение человека от работы в неблагоприятных или опасных условиях, снижение травматизма [21].

Алгоритм управления роботизированного мобильного агрегата должен в максимальной степени учитывать вариации внешних воздействий сцепных свойств и сопротивлений движению как случайные [17]. В состав управления роботизированного мобильного агрегата включены соответствующие датчики. При работе пассивных рабочих органов, например первичной обработке почвы, затраты энергии на движение во многом зависят от глубины обработки почвы и степени смещения рабочего органа в сторону невспаханного поля.

Эти параметры включены в алгоритм управления роботизированным агрегатом, который должен определить по навигатору свое местоположение (ширину, долготу, высоту), сравнить его с заданной траекторией движения, в случае отклонения вычислить расхождение и подать сигнал на рулевое управление для устранения несоответствий; управлять подъемом-опусканием рабочих органов пахотного агрегата в соответствии с заданными координатами; регулировать глубину пахоты; измерять и регулировать скорость движения в соответствии с технологической нормой; не допускать пробуксовки движителей; измерять и регулировать тяговую нагрузку на энергетическое средство изменением передаточного отно-

шения от первичного вала к вторичному; регулировать положение плуга в горизонтальной плоскости изменением частоты вращения одного или двух опорных приводных колес по сигналам датчиков давления полевой доски на край борозды; записывать на флеш-память и передавать диспетчеру местоположение агрегата и параметры технологического процесса [17].

Для выполнения повторяющихся операций на поле, в садах фирмой «Dutch Power Company» создан робот Greenbot. Автономный модульный сельскохозяйственный робот-платформа BoniRob предназначен для анализа состояния почвы, опрыскивания растений и механической борьбы с сорняками. Он имеет собственную систему навигации, может определять GPS-координаты отдельных растений, составлять карты проведенных работ и подготавливать необходимую документацию. Наиболее полно особенности конструкций и систем управления зарубежной и отечественной роботизированной сельскохозяйственной техникой обобщены в источнике [21].

Одним из важнейших мировых трендов является создание «беспилотников» – машин, способных работать без оператора в кабине [51-59]. Многие крупные компании готовят к выпуску беспилотные тракторы. Мобильные платформы используются для прополки, сева, опрыскивания, мониторинга состояния посевов. Использование мобильных платформ, беспилотных тракторов и технологий точного земледелия будут определять конкурентоспособность компаний агросектора в ближайшие 5-10 лет [59]. Уже разработаны программно-аппаратные комплексы и системы автоматизации сельскохозяйственной техники от различных производителей.

К ним можно отнести следующие системы:

- AGCO GuideConnect – программно-аппаратный комплекс, делающий возможным совместное использование двух тракторов, один из которых является беспилотным;
- AutoDrive – устанавливаемая высокоточная навигационная система и система автоматизированного управления;
- CLASS GPS Pilot – система автоматического вождения, встроенная в гидравлику машины. Состоит из пропорционального клапана, датчика угла поворота, рулевого колеса и навигационного контроллера;

- CNH Industrial AFS AccuGuideTM – система автономного управления высокой точности. Компоненты: экран AFS, Navigation-Controller-приемник;

- AFS 372 AFS ConnectTM – система удаленного отслеживания и контроля производительности машин, удаленной диагностики;

- StarFire 6000 – приемник спутникового позиционирования. Оборудован модулем компенсации неровностей рельефа;

- JDLINK – серия телематических систем, позволяющих отслеживать местоположение машин [59].

«Avrora Robotics» разрабатывает программное обеспечение, которое позволяет сделать технику и транспортные средства беспилотными [54]. Система управления Avrora Robotics (проект «АгроБот») объединяет информацию, поступающую от разнородных сенсоров, создает карту окружающего пространства, находит препятствия и самостоятельно принимает решение о движении беспилотной платформы. Система управления в основе «АгроБота» является универсальной и может быть установлена на любую спецтехнику или трактор. Компьютер «АгроБота» передает информацию в диспетчерский центр центральному компьютеру, который может контролировать одновременную работу сразу нескольких десятков единиц техники [55].

Разработчиками многофункционального беспилотного средства сельскохозяйственного назначения «Робтрак ВИМ 0,6 (0,9)-36» являются ФГБНУ ФНАЦ «ВИМ» и компания «КБ Аврора». Система управления включает в себя центральный компьютер, который собирает информацию с датчиков и сенсоров о состоянии машины и внешней среды, обрабатывает ее и передает управляющие сигналы исполнительным устройствам. Использование органов машинного зрения позволяет автоматически строить карту местности с обозначением возможных препятствий. Управление робототехническим средством осуществляется при помощи радиосигнала с использованием пульта дистанционного управления или автономно по заданной карте местности и данных навигационных систем ГЛОНАСС/GPS. Контроль текущего местоположения на карте можно осуществить по информации, передаваемой на планшетный компьютер посредством Wi-Fi-сигнала. Режим ручного дистанционного уп-

равления не является основным и может потребоваться в исключительных случаях, например, при преодолении тяжелых препятствий и т.д. [21].

Российская компания «Cognitive Technologies» провела в Республике Татарстан первые испытания беспилотных тракторов с системой компьютерного зрения собственной разработки. Программно-аппаратный комплекс планируют в будущем устанавливать не только на тракторы, но и на другую сельскохозяйственную технику – комбайны, сеялки.

Беспилотную сельхозтехнику в России будет продвигать новый агрохолдинг, который создаёт компания «Cognitive Technologies» с производителем агротехники «Ростсельмаш» и агрохолдингом «Союз-Агро» на базе особой экономической зоны «Иннополис». Кроме видеокамер, в комплектацию российского беспилотного трактора входят навигационный и инерционный датчики ГЛОНАСС и GPS и вычислительный блок (компьютер) [56].

В России опробовано специализированное спутниковое оборудование для управления беспилотной сельскохозяйственной техникой. Проект реализует холдинг «Швабе» (входит в «Ростех»). Предусматривается создание комплексной программно-аппаратной платформы на основе спутниковых навигационных систем для управления сельскохозяйственными машинами. В ходе испытаний применялась геодезическая аппаратура Genesis Уральского оптико-механического завода им. Э.С. Яламова (УОМЗ) холдинга «Швабе». В семейство Genesis входят базовая станция, многочастотные спутниковые приёмники, полевой контроллер и смарт-терминал. Обеспечивается возможность работы со всеми спутниковыми системами: ГЛОНАСС, Beidou, GPS, Galileo. Кроме того, поддерживаются различные технологии беспроводной связи, включая GSM, Bluetooth и Wi-Fi. Тестирование системы спутникового управления выполнялось с использованием тракторов-опрыскивателей [57].

Транспортные средства

В последнее десятилетие разработка беспилотных транспортных средств переживает технологический бум в автомобильной отрасли

всех ведущих стран мира. Наиболее активно работы по созданию беспилотных транспортных средств ведутся в США, Германии, Японии, Китае, Великобритании, Швеции, Франции и Корее [59].

Большой задел имеют и такие компании, как «Яндекс», «Cognitive Technologies», ФГУП «НАМИ», ПАО «КамАЗ», «Avrora Robotics» и др. К настоящему времени компанией «Яндекс» разработано два прототипа беспилотных автомобилей на базе Toyota Prius и Kia Soul. Машина оборудована датчиками, определяющими её местоположение, скорость и направление движения. Это приёмники GPS/GLONASS, блок инерциальных измерителей и сенсоры, измеряющие данные машины, например, скорость вращения отдельных колёс [53].

Грузовик-беспилотник разрабатывают «Mercedec-Benz» и ПАО «КамАЗ» совместно с «Cognitive Technologies». Используются системы распознавания с видеокамер, радары для анализа близких препятствий, инерционные датчики, системы GPS/ГЛОНАСС [58]. К разработке систем беспилотного управления движением транспортного средства приступил коллектив НГТУ им. Р.Е. Алексеева при поддержке специалистов группы ГАЗ и ПАО «ГАЗ» [58].

2. ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН

Анализ передовых решений в сфере сельскохозяйственного машиностроения системы и технического сервиса показал, что одной из тенденций является развитие технологий удаленного диагностирования машин [14, 28]. Например, система Claas Remote Service используется для удаленного диагностирования и планирования технического обслуживания самоходной сельскохозяйственной техники. При работе комбайна или трактора системой по сотовой связи передаются в режиме реального времени на диспетчерский пункт эксплуатационные и диагностические сведения о состоянии машины и данные о ее местоположении. Специалист «CLAAS» видит эти сведения через сайт и может оказывать удаленную поддержку клиенту, не выезжая непосредственно к машине. Используя эти сведения, можно также спланировать сроки технического обслуживания, вовремя заказать запчасти, основываясь на реальных данных [28].

Одним из основных направлений совершенствования технической эксплуатации транспортных средств является их оснащение микропроцессорными, встроенными средствами контроля и диагностирования. Оперативная оценка технического состояния транспортных средств возможна с применением электронных и телематических систем. Внедрение телематических систем контроля в режиме реального времени технического состояния и эксплуатационных показателей систем транспортного средства предусматривает применение средств связи ближнего и дальнего действия, а также спутниковых навигационных систем. Основными задачами таких систем – контроль технического состояния, например, с целью предупреждения аварийных ситуаций и мониторинг условий и режимов работы для прогнозирования остаточного ресурса.

Прогресс в области телекоммуникаций, вычислительной техники и сенсорных технологий привел к развитию телематических систем, способствующих решению указанных задач. Основная идея состоит в интеграции данных таких систем в уже существующие информационные инфраструктуры (сотовая или радиосвязь).

В работе [60] рассмотрена универсальная система удаленной диагностики для парка с разномарочной техникой, позволяющей работать так же эффективно, как и системы от компаний «Scania» и «John Deere». Прототипом изделия послужила система «АвтоГРАФ». Она позволяет принимать и передавать данные о транспортных средствах посредством терминального программируемого устройства, GSM-модуля, GPRS-приемника, датчиков по интерфейсу передачи данных. Разработанная система относится к телематическим системам и предназначена для оперативного контроля технических параметров работы систем машин в режиме реального времени из любого места при наличии связи. Указанная функция достигается тем, что оборудование для сбора и передачи данных снабжено адаптером контроля технических и эксплуатационных параметров машин и передачи этих параметров терминальному устройству для последующей отправки на телематический сервер. Адаптер подключается к шинам CAN через имеющийся в машине диагностический разъем и согласуется с ними на программном и аппаратном уровне.

Система разработана для установления дистанционной связи владельцев и инженерно-технического персонала с машинами и получения информации о машине, включая местоположение, рабочие характеристики и данные по обслуживанию, для принятия решений о том, где и как используется машина. Она предоставляет важнейшие показатели температуры и давления для конкретных функций машины, включая гидросистему, трансмиссию и систему охлаждения, также выдает предупреждение о низком уровне топлива, продолжительности простоя и уровне рабочей нагрузки, неисправностях машины.

Доступ к предупреждениям приборной панели возможен через сеть Интернет или они отсылаются непосредственно на мобильный телефон или адрес электронной почты заказчика. Данные могут передаваться через кратковременные сеансы связи. Система позволяет регистрировать и сохранять данные, при нахождении вне зоны покрытия сотовой сети. Постоянное наличие сотовой связи не является необходимым условием для работы системы. Установочный комплект системы включает в себя следующие компоненты:

бортовой контроллер 1, интерфейсный кабель (основной) 2, дополнительный 4-контактный интерфейсный кабель 3, дополнительный 6-контактный интерфейсный кабель 4, антенна GPS 5, антенна GSM 6, адаптер 7, комплект для подключения громкой связи 8 (рис. 2.1) [43, 60].

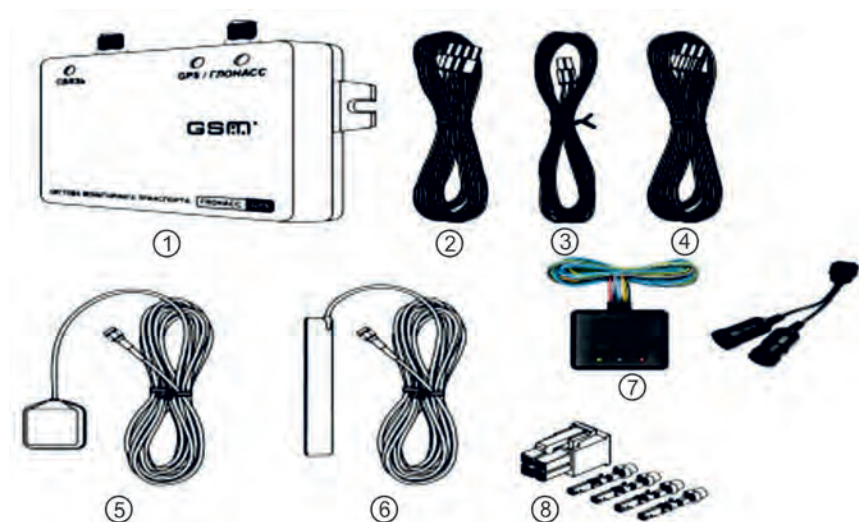


Рис. 2.1. Компоненты системы удаленного диагностирования техники

Принцип работы системы удаленной диагностики показан на рис. 2.2. Система работает следующим образом: оборудование сбора и передачи данных 1 считывает технические параметры работы объекта диагностирования 2 посредством адаптера 3 и записывает их в память. Далее, с заданной периодичностью либо при запрограммированном событии накопленные данные передаются с помощью интерфейса обмена данными 4 на специальный сервер 5. Сервер представляет собой компьютер, постоянно подключенный к сети Интернет по выделенному каналу с постоянным IP-адресом и обладающий надежным устройством хранения данных. В задачу сервера входит прием данных, их хранение и передача по запросу в диспетчерский пункт 6. Разграничение доступа к информации на сервере производится с помощью поста диспетчера 7. При наличии сети

Интернет подключенные пользователи посредством диспетчерской программы могут получить данные из любой точки земного шара.

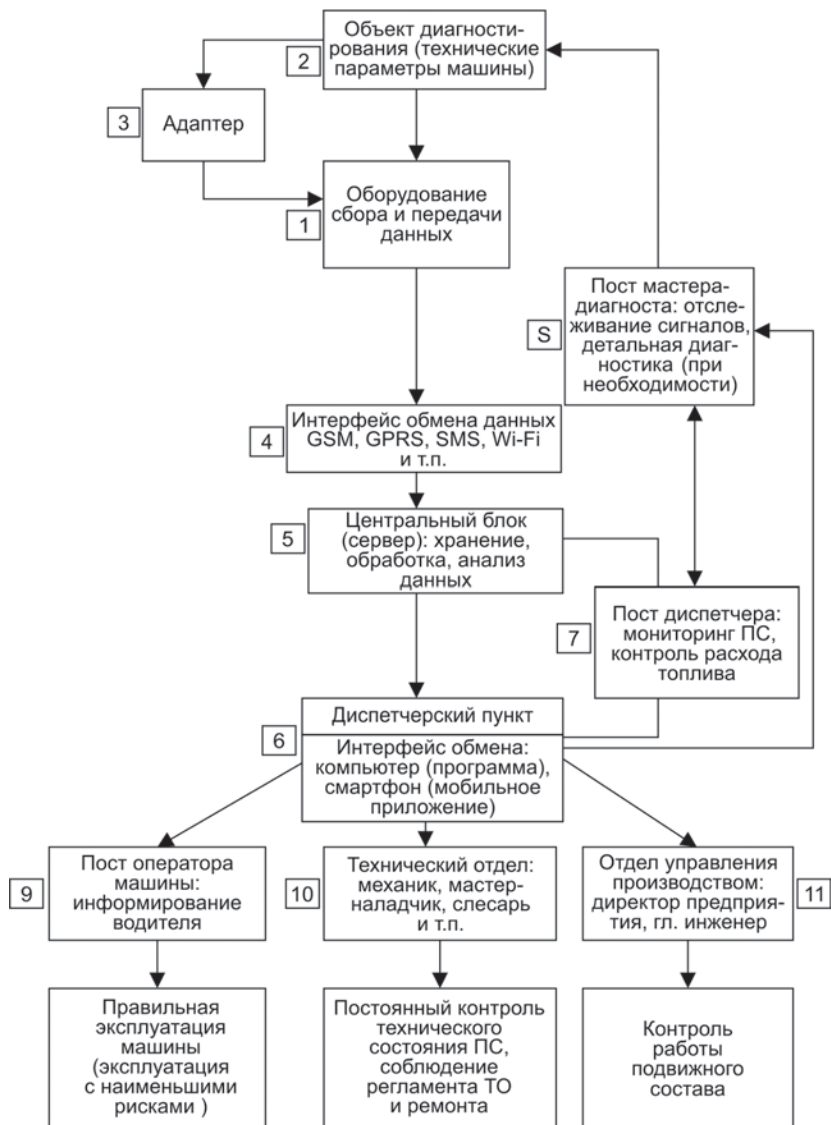


Рис. 2.2. Принцип работы системы удаленной диагностики

Пост мастера-диагноста 8, получая данные из диспетчерского пункта, отслеживает и контролирует техническое состояние машин, при необходимости проводит удаленную диагностику. По запросу поста мастера-диагноста или с заданной периодичностью пост диспетчера соединяется с сервером и получает недостающие на текущий момент данные по машинам. Полученные данные хранятся в локальной папке диспетчерского пункта, что позволяет проводить их обработку даже при отсутствии подключения к серверу. Пост оператора машины 9, технический отдел 10, отдел управления производством 11 на основании полученных данных могут видеть местоположение транспортных средств на карте, просматривать различные параметры и события, а также показания различных датчиков. Кроме того, предусмотрена генерация различных видов отчетов и графиков, как по каждому транспортному средству, так и по их группам в целом.

Управляющие SMS-команды, а также запрограммированные события позволяют получать информацию об объектах диагностирования на обычный сотовый телефон стандарта GSM через SMS. Голосовая связь, встроенная в терминальное программируемое устройство, позволяет связываться с постом оператора посредством звонка на номер телефона, записанный в SIM-карте, установленной в контроллер. В этом смысле звонок на телефонный номер контроллера ничем не отличается от звонка на обычный сотовый телефон.

Для обратной связи поста оператора с диспетчерским пунктом предусмотрено программирование в контроллер двух телефонных номеров, звонок на которые производится при полуторасекундном нажатии на кнопку гарнитуры «свободные руки» или устройства громкой связи. При этом звонок на второй номер производится при невозможности установить соединение с первым телефонным номером. Таким образом, разработанная система удаленной диагностики парка с разномарочной техникой позволит заблаговременно определять возможные проблемы объектов диагностирования (машин), тем самым способствуя предотвращению отказов, своевременно проводить техническое обслуживание и ремонт машин без необходимости планирования данных работ [60].

Известен способ диагностики автомобиля, преимущественно его двигателя, включающий в себя передачу сигналов от установленных на автомобиле датчиков через контроллеры управления узлами к тестирующему устройству, в которое вмонтирован функциональный приемник сигналов. Он позволяет получать информацию о состоянии функциональных узлов автомобиля в реальном масштабе времени и на основании этой информации делать заключение о техническом состоянии автомобиля. Однако он не обеспечивает возможность накапливать такую информацию, обрабатывать ее и передавать результаты обработки в обратном направлении, т.е. водителю автомобиля.

В последнее время широкое распространение получил способ дистанционной диагностики автомобиля из центра технического обслуживания, оснащенного диагностическим комплексом, согласно которому от автомобиля в диагностический комплекс передаются сигналы, отображающие регистрационные данные и эксплуатационные характеристики автомобиля и его функциональных узлов. В диагностическом комплексе идентифицируются принятые регистрационные данные, отслеживается уровень снижения эксплуатационных характеристик, выявляются возможные неисправности и передаются на автомобиль сигналы с оценкой технического состояния автомобиля и его функциональных узлов, а также рекомендации по доводке эксплуатационных характеристик до оптимальных. При этом обмен информацией между автомобилем и диагностическим комплексом осуществляется посредством телекоммуникационных средств связи общего пользования или с выделенными линиями связи.

Недостаток указанного способа определяется неудовлетворительным качеством диагностики, обусловленным обработкой в диагностическом комплексе сигналов, отличных по форме и протоколу от исходных, выдаваемых контроллерами управления [61]. В изобретении [61] предложена схема дистанционной диагностики автомобиля из центра технического обслуживания, оснащенного диагностическим комплексом (рис. 2.3).

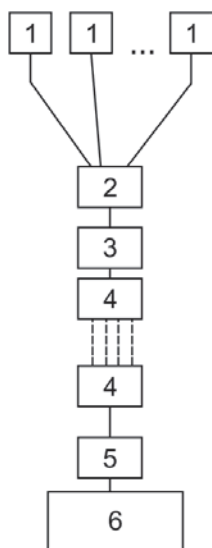


Рис. 2.3. Схема дистанционной диагностики автомобиля из центра технического обслуживания, оснащенного диагностическим комплексом

В диагностическом комплексе идентифицируются принятые регистрационные данные, отслеживается уровень снижения эксплуатационных характеристик, выявляются возможные неисправности и передаются на автомобиль сигналы с оценкой технического состояния автомобиля и его функциональных узлов, а также рекомендации по доводке эксплуатационных характеристик до оптимальных. При этом обмен информацией между автомобилем и диагностическим комплексом осуществляется посредством телекоммуникационных средств связи общего пользования или с выделенными линиями связи. Согласно изобретению сигналы, отображающие эксплуатационные характеристики автомобиля и его функциональных узлов, получают от контроллеров управления через диагностический разъем автомобиля.

Формирование сигналов, исходящих от контроллеров управления, и сигналов, входящих в диагностический комплекс, осуществляют с первичными формой и протоколом, пригодными для обработки стандартными диагностическими устройствами, а передачу сигналов телекоммуникационными средствами связи в обоих направлениях — с вторичными формой и протоколом, пригодными для передачи коммутационными средствами связи. При этом переход от первичных формы и протокола ко вторичным и обратно производится путем процессорного преобразования. Решению поставленной задачи способствует также и то, что в диагностическом комплексе уровень снижения эксплуатационных характеристик автомобиля и его функциональных узлов отслеживаются путем опроса накопителей неисправностей.

Для проведения дистанционной диагностики технического состояния автомобиля, который внезапно остановился в пути, владелец автомобиля подключает контроллеры управления функци-

ональными блоками 1 (электронные блоки управления системами автомобиля: системой управления двигателем, антиблокировочной системой тормозов, системой стабилизации движения, управления автоматической коробкой передач, подушками безопасности, центральным замком, противоугонной системой и т.д.) через диагностический разъем 2, имеющийся на каждом автомобиле, кабелем к устройству 3 для преобразования сигналов, получаемых от электронных блоков управления.

Сигнал преобразуется в форму, пригодную для передачи посредством телекоммуникационных средств связи общего пользования 4 к диагностическому комплексу с компьютером 6 и установлению связи между ними. На диагностическом комплексе через устройство 5 для приема-передачи сигналов, поступающих со стороны автомобиля по линиям телекоммуникационной связи, сигналы преобразуются в первоначальную форму. Процедура диагностики предусматривает неоднократный взаимный обмен сигналами между диагностируемыми электронными блоками 1 систем управления автомобиля и диагностическим комплексом с компьютером 6, поэтому в устанавливаемых преобразующих устройствах 3 и 5 происходит прямое и обратное преобразование входящих и выходящих сигналов.

В качестве одного из возможных вариантов осуществления способа передачи диагностических сигналов на расстоянии является использование владельцем автомобиля мобильной сотовой связи. Устройствами для преобразования сигналов, поступающих от электронных блоков управления системами автомобиля, в форму, пригодную для использования в системах передач телекоммуникационной связи и приема-передачи этих сигналов на диагностическом комплексе по линиям средств связи, могут быть, например, элементы микропроцессорной техники: сигнал от электронных блоков систем управления 1 преобразуется в К-Л-адаптере, подсоединенном к СОМ-порту микропроцессора, и после обработки программой преобразования через второй СОМ-порт подается на модем, подсоединенный к приемопередающему устройству, а именно: к сотовому телефону, радиостанции, приемопередатчику оптоволоконной линии или напрямую к телефонной линии, выделенной

линии сети Интернет. Возможно также использование других телекоммуникационных устройств и устройств шифрования-дешифрования сигнала, а также других видов обработки.

После получения сигналов в течение некоторого времени происходит опрос накопителей неисправностей электронных блоков, анализ полученной информации техническим персоналом, исправления в пределах возможностей диагностического комплекса возникшей нестандартной ситуации. В это же время владелец автомобиля по мобильному телефону получает информацию о техническом состоянии автомобиля и принимает решение о своих дальнейших действиях. Все это можно довольно быстро осуществить при оснащении диагностического комплекса специальными программами для каждой марки автомобиля в отдельности или при наличии нескольких дилерских приборов от различных производителей автомобилей.

Для широкой реализации предлагаемого изобретения необходимо на большинстве эксплуатируемых автомобилей установить устройства, обеспечивающие преобразование диагностических сигналов, поступающих от электронных блоков управления системами автомобиля, в форму, пригодную для использования в системах передач телекоммуникационной связи и приема-передачи этих сигналов в диагностическом центре с помощью средств связи, а также наличие крупного диагностического центра, оснащенного диагностическими программами большинства марок автомобилей и оборудованного устройством для приема-передачи сигналов, поступающих со стороны диагностируемого автомобиля по линиям телекоммуникационной связи, и преобразования этих сигналов в стандартную форму, пригодную к использованию различными устройствами для диагностики автомобилей различных марок [61].

Одним из эффективных способов контроля состояния машин и механизмов являются системы удаленного мониторинга объектов, например, через системы спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС), с использованием технологий беспроводной передачи данных (Bluetooth/Wi-Fi) [62]. Применение современных технологий передачи данных к сельскохозяйственной технике позволит

повысить эффективность ее использования, снизив затраты на эксплуатацию. Возможности системы дистанционного мониторинга техники позволяют создать унифицированное решение для контроля технического состояния, а применение цифровых технологий можно использовать для поиска причин возникновения отказов техники в период ее эксплуатации.

Получить данные о техническом состоянии машин можно посредством измерения параметров, с помощью применения аналоговых/цифровых датчиков и аналого-цифровых преобразователей, которые передают эти сигналы на ПК для их последующей обработки в программном обеспечении. При штатной комплектации панели оператора не полностью отражают критически важные данные параметров работы двигателя и состояния силовых передач. Поэтому оператор зачастую судит об их состоянии по своим субъективным органолептическим ощущениям (исходя из личного опыта, по информации, получаемой путем внешнего осмотра, по шумам, издаваемым техникой, вибрациям, динамике движения во время работы и т.д.).

В связи с этим необходима автоматическая экспертная система, которая должна повысить контролепригодность и предупреждать оператора о наличии отклонений (аномалий) в работе при реальной эксплуатации, а также фиксировать предельные величины и время наступления данных событий для их последующего независимого анализа, что позволит скорректировать режимы работы и не допустить критических состояний, вызывающих отказ [62].

ФГБНУ ФНАЦ «ВИМ» (рис. 2.4) для системы удаленного мониторинга технического состояния МТП в АПК за основу взят программно-аппаратный комплекс с отраслевым приложением «Агропром» и оборудование партнера разработки – компании «Глобальные системы автоматизации» («ГЛОСАВ»). Принцип работы системы основан на использовании нескольких технологий: спутниковой навигации GPS /ГЛОНАСС для точного определения местоположения объектов путем анализа сигналов, передаваемых с навигационных спутников; сетей сотовой связи GSM для оперативного обмена информацией с установленным на объектах бортовым оборудованием.

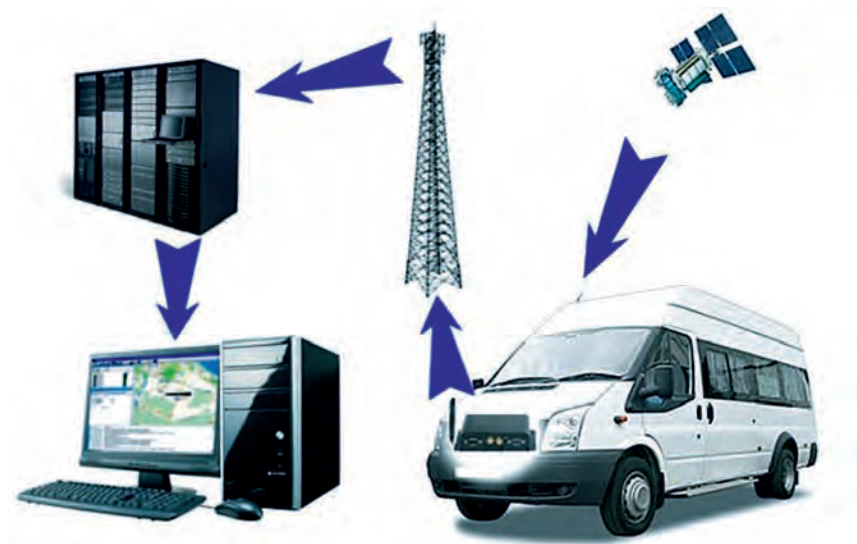


Рис. 2.4. Мониторинг технического состояния МТП в АПК с применением телеметрических систем ГЛОПАСС/GPS

Для передачи данных используются протоколы GPRS и SMS (в качестве резервного протокола при недоступности GPRS). Для снижения стоимости трафика в международном роуминге возможно использование двух SIM-карт в одном устройстве, Интернет-технологии для обмена данными между компонентами системы и для оперативного предоставления информации пользователям. Для расширения функциональных возможностей устанавливаемых на машины бортовых блоков «АвтоСАТ ГЛОПАСС» различных модификаций, являющихся основным элементом в системе, необходимо также установить и подключить дополнительные устройства – датчики к аналоговым, дискретным входам и к радиоканалам.

Для реализации системой функций контроля технического состояния МТП используются внешние и штатные датчики показывающих бортовых блоков совместно с дополнительными согласующими устройствами, индикаторами и реле, работающими в режиме «ключа» или штатные интерфейсы САМ, К8-485, К8-232. Данное решение позволяет подключаться более чем к 30 независимым ка-

налам от объектов контроля и получать изменяющиеся при эксплуатации МТП параметры: давление, температура, частота вращения, объем; фиксировать аварийные режимы эксплуатации систем, а также производить идентификацию и регистрацию как объектов навесного или прицепного орудия, так и водителя, мастера-наладчика при помощи радиочастотного канала связи.

Программное обеспечение системы осуществляет независимый контроль параметров работы машин и механизмов, что позволяет уже на ранних стадиях отклонений значений величин от номинальных и допускаемых значений фиксировать их и оперативно принимать меры по недопущению эксплуатации узлов и агрегатов техники на аварийных режимах работы [41].

В ФГБНУ ФНАЦ «ВИМ» был разработан экспериментальный образец системы дистанционного контроля технического состояния сельскохозяйственной машины, на примере трактора «Kioti CK22» [62]. Система включает в себя трактор, оборудованный датчиками, бортовым компьютером, беспроводным GSM/GPRS-модулем, который передает данные на сервер центра мониторинга. Трактор «Kioti CK22» является универсальным и имеет индикацию на приборной панели датчиков контроля частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости, уровня топлива, заряда аккумуляторной батареи и давления масла в масляной магистрали.

Для наиболее полного контроля технического состояния трактора было принято решение дооснастить его дополнительными датчиками: четыре индуктивных датчика приближения для определения скорости вращения колес трактора; два датчика контроля температуры гидравлической жидкости гидростатической трансмиссии (ГСТ) трактора; один датчик температуры, выхлопных газов трактора. Сигналы от датчиков контроля рабочих параметров трактора поступают в бортовой компьютер производства, где обрабатываются и хранятся (например, на microSD-карте). Питание компьютера осуществляется от АКБ трактора напряжением 12 В. Датчики, кабели от датчиков и дополнительные электрические провода измерительной системы установлены таким образом, что не требуется вносить изменения в конструкцию трактора.

Все полученные диагностические данные передаются с помощью беспроводного GSM/GPRS-модуля (SIM800L) по сети Интернет, мобильной связи, и отображаются на сайте в браузере компьютера или телефона в режиме online. В кабине трактора установлен держатель для планшетного компьютера, выполняющий роль показывающего устройства для водителя. В держатель планшета встроено зарядное устройство, подключенное к бортовой сети трактора для оперативного заряда. Параллельно с выводом информации от встроенных датчиков измерительной системы планшет может быть задействован как устройство-навигатор [62].

В ФНАЦ «ВИМ» создали на основе современной микроконтроллерной техники двухуровневую структуру аппаратно-программной платформы, схемы модулей первого уровня, предназначенных для сбора данных от датчиков и их предварительной обработки, схему модуля второго уровня для сбора информации от модулей первого уровня, ее структурирования и передачи удаленному серверу через GPRS-канал для хранения, обработки и анализа. Разработаны структура базы данных и макет сайта на удаленном сервере для контроля поступающей информации и графического изображения динамики изменения измеряемых параметров. Платформа обладает достаточными функциональными и вычислительными ресурсами для осуществления мобильного мониторинга за техническим состоянием узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин [63].

В Сибирском физико-техническом институте аграрных проблем совершенствуют динамическую математическую модель двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с целью его диагностирования в условиях эксплуатации с использованием интеллектуальных технологий [20]. В результате выполненных исследований разработано диагностическое устройство «МОТОР-ТЕСТЕР СибФТИ». Для этого использована специализированная плата NI sbRIO-9636, функционирующая на базе программируемой логической интегральной схемы и контроллера реального времени компании «National Instruments» (США).

В качестве диагностического используется сигнал как от специально устанавливаемого на ДВС датчика положения коленчатого вала в картере сцепления напротив зубчатого венца маховика, так и

от штатного датчика ДВС по диагностическому разъему (OBD-II). В блок регистрации входит плата, на выходе которой в результате преобразований получается информационный сигнал, характеризующий частоту и ускорение вращения коленчатого вала. Он поступает на обработку в контроллер и далее в персональный компьютер с использованием Ethernet-интерфейса.

Для реализации цифровой технологии разработано специальное программное обеспечение, осуществляющее регистрацию диагностических сигналов быстропеременных процессов при работе ДВС и расчет мощности автотракторного двигателя в режиме реального времени по скоростной характеристике. При регистрации данных одновременно с работой программного обеспечения механизатор выполняет процедуру многократных тестов воздействия на ДВС в виде серии циклов разгона-выбега. Удобный интерфейс дает возможность пользователю непосредственно контролировать процесс подачи тестовых воздействий, регистрировать данные и визуализировать результаты расчетов.

В структурную схему диагностического устройства входят двигатель внутреннего сгорания, электронный блок управления двигателем, датчик положения коленчатого вала, аккумуляторная батарея, персональный компьютер. Интерфейс дает возможность пользователю непосредственно контролировать процесс подачи тестовых воздействий, регистрировать данные и визуализировать результаты расчетов. Помимо проводной передачи предусмотрена беспроводная, что особенно важно в производственных условиях. Полученные данные мощности ДВС оцениваются с учетом их динамики в ходе эксплуатации и на основе сравнения их с паспортными значениями. На основе результатов анализа формируется заключение о продолжении эксплуатации трактора или необходимости ремонтно-регулирующих работ [20].

В ФНАЦ «ВИМ» совместно с ООО «АльфаТех» для мониторинга транспортных средств, а также управления функциями автотракторной техники посредством приема или передачи информации с помощью системы позиционирования ГЛОНАСС/GPS по шине CAN разработали универсальный программируемый бортовой контроллер CAN-WAY. Он был установлен на трактор «John Deere»

мод. 7830. Использование терминала CAN-WAY позволило дистанционно получать информацию о техническом состоянии и значении эксплуатационных параметров автотракторной техники, что способствует проведению своевременных ремонтных работ, а также технического обслуживания [64].

В РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева совместно с компанией «Фарватер» проводится разработка оборудования, способного дистанционно передавать на отдалённый терминал цифровой сигнал об основных параметрах технического состояния (температура, давление рабочих жидкостей и др.) машин при выполнении мелиоративных работ (рис. 2.5) [65].



Примерная схема предполагаемой системы дистанционной диагностики

Рис. 2.5. Принципиальная схема подключения системы дистанционного диагностирования

Таким образом, усложнение машин, эволюция механических конструкций, имеющих гидравлические, пневматические и/или электрические приводы в мехатронные системы с цифровыми модулями управления, влечет за собой изменение отношения к системе продления ресурса как машины в целом, так и ее агрегатов, систем и прочих элементов. Контроль и поддержание базовых характеристик функционирования машины обеспечивается включением в конструкцию встраиваемой мультиплексной цифровой системы управления [66].

3. ПЕРЕДОВЫЕ ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕТРИИ И МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В настоящее время успешно работают различные телематические системы. Фирма «Scania» разработала несколько новых сервисов, которые увеличивают время полезного использования транспортного средства и упрощают взаимодействие с сервисным центром. Удаленная система диагностики Remote Diagnostics позволяет сервисным центрам и службе экстренной поддержки выполнять диагностику на расстоянии, что значительно сокращает время его простоя. В настоящее время система устанавливается в качестве стандартной опции для большинства рынков Европы.

Планирование регулярного технического обслуживания совместно с сервисным центром стало проще, благодаря новым функциям ServicePlanning на портале управления автопарком, а также новым приложениям Scania для смартфона или планшета (Система удаленной диагностики Scania – Remote Diagnostics) [29]. Во время подготовки к плановому посещению сервисного центра последний может загрузить отчет о состоянии транспортного средства для облегчения планирования технического обслуживания или ремонта, ускоряя тем самым процесс подготовки транспортного средства к обслуживанию и сокращая продолжительность простоя.

Кроме того, в течение нескольких дней после посещения сервисного центра система имеет дистанционный доступ к данным транспортного средства для контроля устранения неисправности без необходимости дополнительного посещения. В пути водитель грузового автомобиля может связаться с сервисным центром в случае возникновения непредвиденных обстоятельств. Мастерская может выполнить диагностику дистанционно во время работы транспортного средства, без прерывания работы или отвлечения водителя. На основе данных диагностики сервисный центр может оказать водителю помощь по телефону или организовать посещение мастерской для ремонта силами техников «Scania» [41].

В Республике Беларусь существует достаточное количество организаций, оказывающих услуги слежения и мониторинга транс-

порта. К ним можно отнести УП «БелТрансСпутник», группа организаций «Омникomm», ОАО «СКБ Камертон», ООО «Тестмас-тер», совместное белорусско-российское предприятие «Технотон», ООО «АНТЕЛИС Электроникс», ЧТУП «Руптела» и др. Система спутникового мониторинга для автотракторной техники, созданная на белорусско-российском предприятии «Технотон», активно внедряется и на предприятиях АПК. Данной системой уже оборудованы автопарки десятков хозяйств и организаций, среди которых ПО «Беларуськалий», ПО «Белоруснефть», ЗАО «Витэкс», УП «Автомост». Такие системы устанавливают ведущие автопроизводители МАЗ, БелАЗ, МоАЗ, «Гомсельмаш», «Лидасельмаш», МЗКТ, «Амкордор». Системы контроля расхода топлива и мониторинга транспорта предприятия «Технотон» дают возможность руководителям автохозяйств снижать затраты и повышать рентабельность использования техники.

Унитарное предприятие «БелТрансСпутник» разработало эффективную систему слежения за автотранспортом «Диспетчер-П Pro», которая работает на принципах спутниковой навигации и передачи данных через мобильную связь GSM. В настоящее время она наиболее широко распространена среди международных автомобильных перевозчиков. Инновационную систему слежения TrustTrack, позволяющую в любое время проконтролировать работу автопарка, предлагает ЧТУП «Руптела». Мониторинг транспорта с помощью системы TrustTrack обеспечивает получение таких данных, как местоположение транспорта в режиме online, отклонение от заданного маршрута, уровень топлива в баке, фактический расход топлива, продолжительность работы, работоспособность механизмов и другие параметры [67-69].

Производитель сельскохозяйственной техники «CLAAS» приступил к реализации совместного проекта с российским оператором связи МТС. В рамках сотрудничества большинство комбайнов и сельскохозяйственных машин «CLAAS», в том числе производимые в Краснодаре, будут оборудованы телематическими модулями 3G/4G [70]. С их помощью можно отследить эффективность эксплуатации техники и проводить онлайн-диагностику комбайна, работающего в поле. Кроме того, беспроводное решение позволит

отслеживать урожайность в тех или иных районах и контролировать эффективность расходов топлива.

МТС предоставил компании «CLAAS» специальное телематическое решение, которое предусматривает установку специализированных SIM-карт на комбайны, тракторы и другую сельхозтехнику. Благодаря этому можно будет дистанционно узнавать о местоположении транспорта и отслеживать эффективность его эксплуатации механизаторами. Кроме того, SIM-карты МТС в системе CLAAS TELEMATICS позволяют анализировать мощность и установленные параметры машины. В режиме online возможно проводить удаленную диагностику без простоя машины. Аналитические отчёты, полученные при помощи телематических сервисов, помогают делать выводы об урожайности в тех или иных районах и планировать на основе этих данных дальнейшую работу.

Отдельное внимание в новой системе уделено дистанционному мониторингу рабочих процессов конкретного объекта. Система контроля и менеджмента позволяет дистанционно получать любую информацию о состоянии и местонахождении транспорта, проводить анализ времени работы, установленных параметров, учёт данных, удалённую техническую диагностику. Каждые 15 с информация обо всех рабочих процессах записывается на флеш-карту транспортного средства и каждые 15 мин аналитический отчет поступает на сервер системы TELEMATICS. Если техника на какое-то время окажется вне зоны действия сети 4G, запись будет происходить в установленном режиме, а потом все данные общим отчётом поступят на обработку [70].

В качестве примера успешного проекта можно привести специализированный ГЛОНАСС-трекер NovacomWireless, разработанный для агрохолдинга «Кубань», одного из крупнейших агробизнесов на юге России. Комплекс ГЛОНАСС-трекер включает в себя «Агротрекер» и специализированное программное обеспечение для внедрения системы мониторинга и эксплуатации автомобилей и сельскохозяйственной техники на базе ГЛОНАСС-трекера GNS-GLONASS v.5.0 [71].

«Агротрекер» оснащен модулем для считывания данных с CAN-шины, в том числе комбайнов и тракторов таких производителей,

как «John Deere», «Jungheinrich», «Thermo King», «Volvo», «Terex», «CAT» и др. Специально созданная версия программного обеспечения позволяет работать с данными, получаемыми с CAN-шины комбайна, и посылать их в нужном количестве на сервер системы мониторинга, в том числе в условиях низкокачественной связи. К значениям основных параметров, передающихся через CAN-шину (частота вращения коленчатого вала двигателя, расход топлива, температура двигателя, продолжительность работы двигателя), можно добавлять специфические (давление на ось, выброс зерна из бункера, влажность зерна и др.).

Более 200 автотранспортных средств агрохолдинга и несколько сотен единиц сельскохозяйственной техники были оснащены ГЛОНАСС-трекерами. На предприятии комплекс был интегрирован с корпоративной информационной системой управления, что позволило обеспечить очень высокую точность вычисления потребления ГСМ (более 97%). По данным специалистов агрохолдинга «Кубань», только в первые месяцы пилотного использования комплекса удалось достичь сокращения расходов на топливо более чем на 32%. Кроме того, повысилась эффективность использования техники за счет постоянного контроля передвижений транспорта и работы водителей, усовершенствована логистика и оптимизированы маршруты движения [71].

Концерн «Тракторные заводы» разработал и использует программно-аппаратный комплекс «Телематика АГРО», предназначенный для мониторинга работы сельскохозяйственной техники в режиме реального времени. Работа комплекса основана на аппаратных средствах и программном обеспечении удаленного контроля и диагностирования машин. Он позволяет организовать удаленное управление парком техники, отслеживать состояние основных систем двигателя, расход топлива, планировать и вести оперативный учет сельскохозяйственных работ, а также проводить мониторинг химического состава почвы. Комплекс позволяет организовать автоматизированный контроль машин на всей территории страны и за её пределами в реальном времени [72].

Технологию оценки мощности тракторных ДВС проверили экспериментально с помощью мотор-тестера СибФТИ в условиях

ФГУП «Элитное» Новосибирской области. Испытания проводили во время полевых работ в течение двух лет (2015-2016 гг.) с мая по октябрь с периодичностью 2-4 раза в неделю на пяти тракторах отечественного производства, оборудованных датчиками угла поворота коленчатого вала. В ходе мониторинга выявили неисправности и дали рекомендации по их устранению. На основе полученных экспериментальных данных в хозяйстве своевременно предприняли управляющие воздействия, что обеспечило снижение затрат и более эффективное использование техники.

Предлагаемая цифровая технология и диагностическое устройство позволяют оценить мощность тракторных ДВС в производственных условиях. Сельхозпредприятие может использовать их как инструмент оперативного контроля энергообеспечения полевых работ для снижения затрат и повышения эффективности использования тракторного парка [20].

ООО «Навигационные системы» накопила большой опыт по внедрению профессионального оборудования и программного обеспечения для осуществления спутникового мониторинга техники [73]. Мониторинг тракторов и другой сельскохозяйственной техники осуществляется с помощью системы спутниковой навигации на основе технологий GPS и ГЛОНАСС. Установка системы ГЛОНАСС на трактор и другие машины позволяет в режиме реального времени контролировать их расположение, состояние основных агрегатов, реагировать на изменения заданных условий (например, отклонение от маршрута и др.).

На трактор устанавливается терминал, состоящий из ГЛОНАСС/GPS-приемника (с его помощью определяются координаты машины) и передатчика на базе GSM (он передает данные на сервер). На сервер кроме информации о расположении машины передаются скорость и направление движения, количество остановок и стоянок, показания подключенных к системе датчиков (например, расхода топлива) и др. Специальное программное обеспечение сервера позволяет отображать месторасположение машины на карте в режиме реального времени. Установленные системы позволяют планировать полевые работы, проводить контроль работ в режиме реального времени, увеличить объемы сельскохозяйственных работ,

снизить себестоимость продукции, фиксировать случаи нецелевого использования, простоев сельскохозяйственной техники, сократить затраты на топливно-смазочные материалы и техническое обслуживание [73].

Компания «Эра Глонасс» оказывает услуги по установке систем мониторинга транспортных средств GPS и ГЛОНАСС [74]. Они позволяют контролировать расход топлива, отслеживать продолжительность работы двигателя и др. Для мониторинга на транспортное средство устанавливают бортовой терминал-трекер GPS или ГЛОНАСС. Он принимает радиочастотные сигналы со спутников о местонахождении, скорости, направлении движения и отправляет информацию на сервер. Транспортное средство оснащается более чем 30 различными датчиками контроля. Программная платформа позволяет обрабатывать информацию с датчиков, оповещать о нарушениях скоростного режима, сигнализировать о критических событиях, контролировать сроки прохождения технического обслуживания (ТО), идентифицировать водителей, проводить анализ качества вождения [74].

Компания «M2M Solutions» оснащает тракторы «Кировец», «MT3», «CLAAS», «New Holland», зерноуборочные комбайны «ACROS», «Кейс», «Ростсельмаш», «Дон», «Нива», «New Holland», «John Deere» и другие оборудованием на базе ГЛОНАСС [75]. По отзывам некоторых потребителей, экономический эффект от внедрения такого оборудования составляет 7-8% от потребляемого объема дизельного топлива, а также сокращает простои машин [75].

Компания «Смарт» устанавливает на сельскохозяйственную технику специальные системы «СКАУТ. Контроль сельхозтехники» (рис. 3.1). Они могут точно определять площадь обработанных полей с учетом видов выполненных работ (боронование, сев, внесение удобрений и т.д.) и фиксировать простои техники [76].

Таким образом, в настоящее время успешно работают различные телематические системы «Scania – Remote Diagnostics», «Trust Track», «Телематика АГРО», «СКАУТ», «ГЛОНАСС-трекер Novacom Wireless» и др. Например, система «СКАУТ. Контроль сельхозтехники» может точно определять площадь обработанных полей с учетом видов выполненных работ (боронование, сев, внесе-

ние удобрений и т.д.) и фиксировать простои техники. Использование системы «ГЛОНАСС-трекер Novacom Wireless» в агрохолдинге «Кубань» позволило сократить расходы на топливо на 32%.



*Рис. 3.1. Схема работы системы
«СКАУТ. Контроль сельхозтехники»*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техническая модернизация агропромышленного комплекса предусматривает обновление его базы отечественной сельскохозяйственной техникой, которая могла бы конкурировать на российском рынке с ведущими зарубежными компаниями-производителями. В ближайшей перспективе для достижения расчетной обеспеченности сельскохозяйственным организациям необходимо ежегодно приобретать по 45 тыс. тракторов, 12 тыс. зерноуборочных и 2 тыс. кормоуборочных комбайнов.

Приоритетными и перспективными направлениями научно-технологического развития Российской Федерации в ближайшие 10-15 лет являются передовые цифровые, интеллектуальные, производственные технологии и роботизированные системы. В настоящее время в сельском хозяйстве уже получают распространение системы параллельного вождения, телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники, внедряются технологии точного сельского хозяйства, используется интернет вещей, беспилотные летательные аппараты, робототехнические устройства, мобильные приложения. Способствовать широкому применению цифровых решений в производственных процессах агропромышленного комплекса будет реализация ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство». Одним из направлений проекта является внедрение в практику систем телеметрии и мониторинга показателей использования сельскохозяйственной техники.

В современных машинах задействовано большое количество электронных систем с различными датчиками. Они управляют работой двигателя, приводом трансмиссии, рабочими органами и другими агрегатами. Применение таких систем позволяет снизить себестоимость затрат на содержание и использование техники, осуществлять круглосуточный контроль режимов эксплуатации и технического состояния техники, проводить ремонтно-обслуживающие воздействия по потребности.

Крупнейшие отечественные и зарубежные производители сельскохозяйственной техники и оборудования, в том числе «CLAAS», «John Deere», «Ростсельмаш», используют различные системы те-

леметрии и мониторинга. Установлено, что наибольшее распространение получили системы TELEMATICS, AGCOMMAND, JDLink, AFS Connect и др. Применение системы TELEMATICS на зерноуборочных комбайнах позволяет сократить период сбора урожая на три дня, затраты – не менее чем на 0,5%, повысить производительность машин на 10%, а коэффициент использования рабочего времени на 7%. Телеметрическая система AGCOMMAND дает возможность оценить в режиме реального времени до 25 основных параметров машины, а также сравнить эффективность использования до пяти единиц техники.

Из российских разработок наиболее распространенными являются системы ПАО «Ростсельмаш» (AGROTRONIC), компаний «Фарватер», «АвтоГРАФ», ГК «АНТОР» (ANTOR Monitor Master). Система AGROTRONIC позволяет контролировать несанкционированные выгрузки из уборочных машин, все виды простоев, дистанционно оптимизировать настройки, проводить анализ технологических процессов. Системы компании «Фарватер» в режиме реального времени контролируют техническое состояние машин. Их применение снижает себестоимость затрат на содержание и эксплуатацию техники до 30%. Установка на машины систем «АвтоГРАФ» уменьшает расход топлива, удобрений, средств защиты растений, семян, повышает оперативность управления хозяйством и дисциплинированность работников. Система ANTOR Monitor Master фиксирует непроизводительные простои техники, контролирует давление в шинах, что позволяет продлить их ресурс на 10-15%.

Современные телематические системы тесно связаны с мониторингом автомобильного транспорта, осуществляемым с помощью систем спутниковой навигации, сотовой связи, вычислительной техники и цифровых карт. Показано, что наибольшее применение нашли системы удаленного контроля расхода топлива, которые позволяют сократить затраты на топливо в хозяйствах на 32%. В последние годы появились системы мониторинга функционального состояния водителей автотранспорта, которые снижают уровень аварийности на дорогах. Системы электронного управления строительно-дорожными машинами управляют гидросистемой,

двигателем и другими агрегатами. Перспективным направлением является использование в таких системах лазерных каналов для передачи информации от человека-оператора.

Одним из важнейших мировых трендов является создание машин-«беспилотников», способных работать без оператора в кабине. Наиболее активно работы по созданию беспилотных технических систем ведутся в США, Германии, Японии, Китае, Великобритании, Швеции, Франции и Корее. Многие крупные зарубежные компании готовят к выпуску беспилотные тракторы. Мобильные платформы используются при посеве, опрыскивании, мониторинге состояния посевов. Для них разработаны программно-аппаратные комплексы и телематические системы, среди которых AGCO, CLASS, GPS Pilot, CNH Industrial AFS, JDLINK и др.

Большой задел в создании беспилотных технических систем имеют такие российские компании, как «Яндекс», ФГУП «НАМИ», ПАО «КамАЗ», «Avroa Robotics» и др. Одним из разработчиков многофункционального беспилотного технического средства сельскохозяйственного назначения «Робтрак ВИМ 0,6 (0,9)-36» является ФНАЦ «ВИМ». Российская компания «Cognitive Technologies» провела в Татарстане первые испытания беспилотных тракторов с системой компьютерного зрения собственной разработки.

Современным мировым трендом является использование систем удаленного диагностирования машин. Системы Remote Diagnostics позволяют сервисным центрам и службе экстренной поддержки выполнять диагностирование автомобиля на расстоянии, что позволяет сократить время его простоя. Телематическая система AFS Connect фирмы «Case IH» позволяет владельцам ферм управлять парком машин в реальном времени на компьютере из офиса, а также проводить удаленную диагностику, используя сигналы GPS и беспроводные сети передачи данных.

В ФГБНУ ФНАЦ «ВИМ» разработаны системы дистанционного контроля технического состояния сельскохозяйственной техники. Они включают в себя датчики, бортовой компьютер, беспроводной GSM/GPRS-модуль, который передает данные на сервер центра мониторинга. В ФГУП «Элитное» Новосибирской области для диагностирования тракторных дизелей опробовали «МОТОР-

ТЕСТЕР СибФТИ». На основе получаемых данных в хозяйстве своевременно предпринимаются ремонтно-обслуживающие воздействия, что снижает затраты на использование техники. В РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева совместно с компанией «Фарватер» проводится разработка оборудования способного дистанционно передавать на отдалённый терминал цифровой сигнал об основных параметрах технического состояния (температура, давление рабочих жидкостей и др.) машин при выполнении мелиоративных работ.

Анализ отечественных и зарубежных практик показал, что в настоящее время успешно работают различные телематические системы Scania – Remote Diagnostics, TrustTrack, Телематика АГРО, СКАУТ, ГЛОНАСС-трекер Novacom Wireless и др. Система «СКАУТ. Контроль сельхозтехники» может точно определять площадь обработанных полей с учетом видов выполненных работ (боронование, сев, внесение удобрений и т.д.) и фиксировать простои техники. Использование системы ГЛОНАСС-трекер Novacom Wireless в агрохолдинге «Кубань» позволило сократить расходы на топливо на 32%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 154 с.

2. **Некрасов Р.В.** Итоги работы отрасли растениеводства и инженерно-технических служб в 2019 году, задачи по обновлению машинно-тракторного парка и меры по подготовке и организованному проведению в 2020 году сезонных полевых сельскохозяйственных работ. Терминал удаленного доступа [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nsss-russia.ru/wp-content/uploads/2020/02> (дата обращения: 10.03.2020).

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

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

5. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642).

6. Цифровые технологии приходят в сельское хозяйство // Терминал удаленного доступа URL: <https://sk.ru/news/b/pressreleases/archive/2018/02/21/cifrovye-tehnologii-prihodyat-v-selskoe-hozyaystvo.aspx> (дата обращения: 24.03.2020).

7. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.

8. **Федоренко В.Ф., Гольяпин В.Я., Мишуров Н.П.** Тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства за рубежом (по матер. Международной выставки «Agritechnica-2015»): науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 220 с.

9. **Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К., Лужнова Е.С.** Управление сельскохозяйственными мобильными агрегатами с использованием навигационной системы ГЛОНАСС/GPS // С.-х. машины и технологии. – 2015. – № 3. – С. 15-20.

10. **Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Зубина В.А.** Сельскохозяйственный тракторный парк как объект цифровизации // Инновации в сел. хоз-ве. – 2019. – № 4. (3). – С. 88-96.

11. **Башкирцев В.И., Голубев М.И., Башкирцев Ю.В., Голубев И.Г.** Цифровые технологии мониторинга машин. – М.: РИИАМА, 2019. – 45 с.

12. Обзор состояния сельхозмашиностроения за рубежом. – М.: «Росспецмаш», 2019. – Вып. 21. – 23 с.

13. **Федоренко В.Ф., Гольтяпин В.Я., Колчина Л.М.** Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве : науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 156 с.

14. **Федоренко В.Ф., Черноиванов В.И., Гольтяпин В.Я., Федоренко И.В.** Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства : науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 232 с.

15. **Коротченя В.М., Личман Г.И., Смирнов И.Г.** Цифровизация технологических процессов в растениеводстве России // С.-х. машины и технологии. – 2019. – № 13 (1). – С. 14-20.

16. **Жалнин Э.В., Годжаев З.А., Флоренцев С.Н.** Концептуальные принципы интеллектуальных сельскохозяйственных машин на примере зерноуборочного комбайна // С.-х. машины и технологии. – 2017. – № 6. – С. 9-16.

17. **Лобачевский Я.П., Лонин С.Э., Алексеев И.С., Гончаров Н.Т., Афонина И.И., Ильченко Е.Н.** Разработка алгоритмов и программного обеспечения систем управления движением роботизированного почвообрабатывающего агрегата // С.-х. машины и технологии. – 2019. – Т. 13. – № 1. – С. 48-52.

18. **Измайлов А.Ю., Гришин А.А., Гришин А.П., Лобачевский Я.П.** Интеллектуальная автоматизация технических средств сельскохозяйственного назначения // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий :

сб. науч. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ВИМ, 2014. – С. 359-362.

19. **Федоренко В.Ф., Таркиевский В.Е.** Цифровые беспроводные технологии для оценки показателей сельскохозяйственной техники // С.-х. машины и технологии. – 2020. – № 14 (1). – С. 10-15.

20. **Альт В.В., Савченко О.Ф., Елкин О.В.** Цифровая технология оценки мощности тракторного парка сельхозпредприятия // С.-х. машины и технологии. – 2019. – Т. 13. – № 4. – С. 25-31.

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

22. **Smirnov I.G., Khort D.O., Filippov R.A., Kutyrev A.I., Artiushin A.A.** Automated Unit for Magnetic-Pulse Processing of Plants in Horticulture. Vestnik Mordovskogo universiteta = Mordovia University Bulletin. – 2018. – 28 (4). – Pp. 624-642.

23. **Федоренко В.Ф., Черноиванов В.И., Гольяпин В.Я., Федоренко И.В.** Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 232 с.

24. **Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Trubitsyn N.V., Tarkivskiy V.Ye.** Application of Inertial Navigation for Determining the Slippage of Agricultural Tractors // Vestnik Mordovskogo universiteta = Mordovia University Bulletin. – 2018. – 28 (1):8 – P. 23.

25. **Reina G.** Methods for wheel slip and sinkage estimation in mobile robots // Robot Localization and Map Building. – 2010. – March. – P. 561-578.

26. **Гольяпин В.Я., Голубев И.Г.** Цифровой мониторинг состояния парка сельскохозяйственной техники // АПК: сб. матер. XI Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – 2019. – С. 256-261.

27. **Peter Hill** How telematics is changing the way we farm // Farmers Weekly. – 2014. – № 9.

28. Система удаленной диагностики / Claas Remote Service // Альманах инноваций. Сборник передовых решений в сфере сельхозмашиностроения. – 2018. – № 1. – С. 22.

29. Система виртуальной реальности Smart Service 4.0 // Альманах инноваций. Сборник передовых решений в сфере сельхозмашиностроения. – 2018. – № 1. – С. 25.

30. Компания «Фарватер» // Альманах инноваций. Сборник передовых решений в сфере сельхозмашиностроения. – 2018. – № 1. – С. 26-27.

31. **Дудка А.А., Ридный С.Д.** Система claastelematics : Молодые аграрии Ставрополя : 75-я науч.-практ. студ. конф. – 2011. – С. 92-94.

32. UpdatefurdieFlotte // Lohnunternehmen. – 2014. – № 12. – S. 75.

33. ГЛОНАСС. Мониторинг транспорта «АвтоГРАФ». Терминал удаленного доступа URL: <https://glonassgps.com/dut> (дата обращения: 08.05.2019).

34. Системы спутникового мониторинга – выгодное решение для владельцев автотранспорта. Терминал удаленного доступа URL: <https://navi-systems.ru/o-nas/> (дата обращения: 13.05.2019).

35. Система спутникового мониторинга спецтехники. Терминал удаленного доступа URL: <https://www.antor.ru/products/sistema-sputnikovogo-monitoringa-spetstekhniki> (дата обращения: 13.05.2019).

36. GPS-мониторинг сельскохозяйственной техники. Терминал удаленного доступа URL: <https://www.avls.com.ua/index.php/novosti> (дата обращения: 23.03.2020).

37. GPS-мониторинг трактора. Терминал удаленного доступа URL: <https://www.avls.com.ua/index.php/gps-kontrol-spetstekhniki/19-gps-monitoring-traktora> (дата обращения: 23.03.2020).

38. Транспортная телематика и спутниковый мониторинг. Терминал удаленного доступа URL: <https://yandex.ru/turbo?text=https%3A%2F%2Fproteh.org%2Farticles%2F09042015-transportnaja-telematika-i-sputnikov%2F> (дата обращения: 23.03.2020).

39. **Журавлев Д.В., Балашов Ю.С.** Система мониторинга функционального состояния водителей автотранспорта в агропромышленном комплексе // Цифровизация агропромышленного комплекса: сб. науч. статей I Междунар. науч.-практ. конф. (г. Тамбов, 10-12 октября 2018 г.). – Тамбов: ФГБОУ ВО ТГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 54-57.

40. **Журавлев Д.В., Балашов Ю.С.** Исследование электродов в устройствах съема электрокардиографической информации с водителей автотранспорта в агропромышленном комплексе // Цифровизация агропромышленного комплекса: сб. науч. статей I Междунар. науч.-практ. конф. (г. Тамбов, 10-12 октября 2018 г.). – Тамбов: ФГБОУ ВО ТГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 61-64.

41. **Бурак П.И., Голубев И.Г.** Реализация инновационных технологий технического сервиса. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 160 с.

42. Система ГЛОНАСС GPS-мониторинга. Терминал удаленного доступа URL: https://www.newtechagro.ru/catalog/sistema_glonass_gps_monitoringa.html/ (дата обращения: 03.02.2020).

43. **Севрюгина Н.С., Волков Е.А., Литовченко Е.П.** Технологический процесс разработки калибровок программного обеспечения // Автомобиль и электроника. Современные технологии. – 2013. – № 1 (4). – С. 28-31.

44. **Волков Е.А., Севрюгина Н.С.** Системы дистанционного управления строительными и дорожными машинами // Интерстроймех-2014 : сб. матер. Междунар. науч.-техн. конф. – Самара: Самарский ГАСУ, 2014. – С. 187-191.

45. **Севрюгина Н.С., Волков Е.А., Дикевич А.В.** Обоснование применения технологии дистанционного управления строительными и дорожными машинами // Автомобиль и электроника. Современные технологии. – 2013. – № 2 (5). – С. 62-65.

46. **Sevryugina N.S., Melikhova S.B., Volkov E.A.** The solution of applied problems of optimization of stability of system «environment-man-technics» // J. Modern Applied Science. – 3 (9) 200-207. – 2015.

47. **Севрюгина Н.С.** Инфографическая модель комплексной безопасности транспортных и технологических машин // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – № 6. – С. 72-74.

48. **Севрюгина Н.С., Волков Е.А.** Мобильный «контроллер» дистанционного управления строительными и дорожными машинами // Строит. и дорожные машины. – 2015. – № 4. – С. 33-37.

49. **Севрюгина Н.С., Прохорова Е.В.** Оценка параметров совместимости унифицированных элементов дорожных машин // Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии

в промышленности строительных материалов : сб. докл. (XIX научные чтения). – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. – С. 201-208.

50. **Сайкин А.М., Туктакиев Г.С., Журавлев А.В., Зайцева Е.П.** Развитие наземных беспилотных транспортных средств, систем помощи водителю и компонентов по данным патентных публикаций // Терминал удаленного доступа URL: <http://nami.ru/uploads/docs/truck/5a33b139c421pdf> (дата обращения: 23.03.2020).

51. **Соколов С.М., Богуславский А.А.** Унифицированная компоновка комплексных интеллектуальных систем информационного обеспечения автопилотов мобильных средств // Известия ЮФУ. – 2016. – № 2. – С. 200-214.

52. Yandex Taxi Unveils Self-Driving Car Project [Электронный ресурс] URL: <https://yandex.com/company/blog/yandex-taxi-unveils-self-driving-car-project/> (дата обращения: 23.03.2020).

53. Aurora Robotics [Электронный ресурс] URL: <http://avrorarobotics.ru/> (дата обращения: 25.02.2020).

54. Проект «АгроБот» [Электронный ресурс] URL: <https://avrorarobotics.com/ru/projects/agrobot/> (дата обращения: 22.03.2020).

55. Беспилотный трактор испытали на полях России [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/395169/> (дата обращения: 22.02.2020).

56. Беспилотная сельхозтехника готовится к работе на российских полях [Электронный ресурс] URL: <https://3dnews.ru/997080> (дата обращения: 12.03.2020).

57. КамАЗ с беспилотной системой управления [Электронный ресурс] URL: <https://habr.com/ru/post/377569/> (дата обращения: 12.03.2020).

58. **Зезюлин Д.В.** и др. Разработка системы беспилотного управления движением транспортного средства с электроприводом // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. – 2018. – № 1 (120). – С. 165-174.

59. **Конюховская А.** Робототехника и беспилотные технологии для сельского хозяйства [Электронный ресурс] URL: https://www.osp.ru/netcat_files/userfiles/Akron_2017/3.6_17-10-04_Prezentatsiya_issledovaniya_SH.pdf (дата обращения: 18.12.2019).

60. **Фукс В.А.** Универсальная система удаленной диагностики транспортных средств // Молодой ученый. – 2019. – № 12. – С. 40-44.

61. Способ дистанционной диагностики автомобиля из центра технического обслуживания, оснащенного диагностическим комплексом // Терминал удаленного доступа URL: <https://findpatent.ru/patent/225/2252882.html> (дата обращения: 12.03.2020).

62. **Костомахин М.Н., Петрищев Н.А., Воронов А.Н., Саяпин А.С.** Экспериментальная система работоспособности узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники // Инновации в сел. хозяйстве. – 2019. – № 4 (33). – С. 130-142.

63. **Зуб Д.В.** Разработка аппаратно-программной платформы сбора и обработки эксплуатационных данных сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. – 2020. – Т. 58. – № 1 (138). – С. 162-167.

64. **Совин К.Г., Андреева Д.В.** Терминал CAN-WAY для мониторинга транспортных средств и специальной техники // Технический сервис машин. – 2020. – Т. 58. – № 1 (138). – С. 36-42.

65. **Апатенко А.С., Севрюгина Н.С.** Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве // Техника и оборуд. для села. – 2019. – № 7 (285). – С. 42-44.

66. **Севрюгина Н.С., Рузанов Е.В., Матвеев М.А., Апатенко А.С.** Встраиваемая мультимплексная цифровая система мониторинга машин природообустройства // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : матер. XI Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – С. 378-383.

67. **Сапун О.Л.** Применение цифровых систем мониторинга транспортных средств в Республике Беларусь // Цифровизация агропромышленного комплекса : сб. науч. статей I Междунар. науч.-практ. конф. (г. Тамбов, 10-12 октября 2018 г.). – Тамбов: ФГБОУ ВО ТГТУ, 2018. – Ч. 1. – С. 161-164.

68. **Ващило А.А.** Резервы и направления развития транспортно-логистических услуг // Эконом. бюл. НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь. – 2017. – № 4. – С. 18-21.

69. **Логистика в Республике Беларусь** // Транспорт и логистика Республики Беларусь: справ. – 2016. – С. 4-12.

70. МТС удалённо диагностирует зерноуборочные комбайны. Терминал удаленного доступа URL: <https://technodrive.ru/rostov.php?20651-MTS-CLAAS-4G-v-pole-tag2> (дата обращения: 12.03.2020).

71. Автоматизации сельского хозяйства. Терминал удаленного доступа URL: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/selskoe-hozyajstvo/zelenaja-revoljucija> (дата обращения: 17.03.2020).

72. Тракторные заводы» разработали комплекс агротелематики. Терминал удаленного доступа URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/103104> (дата обращения: 27.03.2020).

73. ГЛОНАСС-мониторинг на трактор. Терминал удаленного доступа URL: <https://www.glonass-expert.ru/products/monitoring-transporta/solutions/kontrol-spec-tehniki/glonass-monitoring-na-traktor> (дата обращения: 27.03.2020).

74. Мониторинг транспорта на базе GPS и ГЛОНАСС. Терминал удаленного доступа URL: <https://eraglnss.ru/o-kompanii> (дата обращения: 27.03.2020).

75. Мониторинг сельхозтехники. Терминал удаленного доступа URL: <https://moscow.m2msolutions.ru/monitoring-avtoparka/selhoztehnika> (дата обращения: 27.03.2020).

76. ГЛОНАСС-мониторинг сельхозтехники. Терминал удаленного доступа URL: <http://www.sm-smart.ru/otraslevye-resheniya/kontrol-selkhoztehniki> (дата обращения: 27.03.2020).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ И МОНИТОРИНГА МАШИН	5
1.1. Сельскохозяйственная техника	5
1.2. Автомобильный транспорт	22
1.3. Строительно-дорожные машины	27
1.4. Роботизированные и беспилотные технические системы	35
2. ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН	40
3. ПЕРЕДОВЫЕ ПРАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕТРИИ И МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
ЛИТЕРАТУРА	66

**Голубев Иван Григорьевич,
Мишуров Николай Петрович,
Гольяпин Владимир Яковлевич,
Апатенко Алексей Сергеевич,
Севрюгина Надежда Савельевна**

СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕТРИИ И МОНИТОРИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Аналитический обзор

Редактор *М.Н. Жукова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Г.А. Прокопенковой*
Корректоры: *С.И. Ермакова, Л.Т. Мехрадзе*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 01.06.2020	Формат 60×84/16
Бумага офсетная	Гарнитура шрифта «Times New Roman»
Печать офсетная	
Печ. л. 4,75	Тираж 500 экз. Изд. заказ 35 Тип. заказ 127

Отпечатано в типографии ФГБНУ «Росинформагротех»,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1561-9



9 785736 715619 >

