УДК 681.518.5

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-47-3-43-49

С.З. Инсафуддинов

О РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОТРАКТОРНОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***Ключевые слова:* двигатель; телематика; система интеллектуальная; ремонт; обслуживание технического.**

Введение. Современные и перспективные модели тракторов, автомобилей, мобильной сельскохозяйственной техники, как правило, оснащаются навигационным и бортовым оборудованием и имеют выход в Интернет. Навигационное оборудование выдает данные по местоположению, направлению и скорости движения автотракторных агрегатов, а электронная бортовая система управляет агрегатами машины – двигателем, трансмиссией, рабочим оборудованием, системой самодиагностики – и контролирует качество выполнения технологических операций и др. В новейших моделях тракторов, комбайнов и сельхозмашин фирм Belarus, Caterpillar, John Deere, Case, New-Holland, Claas, Same-Deutz Fahr, Holmer и др. уже установлена

система позиционирования, обеспечивающая контроль качества выполнения технологических операций в режиме реального времени [3]. В последние годы производителями начали применяться датчики качества масла – QLT Sensor, оценивающие диэлектрическую проницаемость смазочного масла. Трактора, комбайны и ряд сельхозмашин стали снабжаться системой контроля давления в шинах и износа накладок тормозных колодок [5]. Японской компанией Mitsubishi была впервые внедрена система распознавания усталости по времени ответа мимики лица на раздражающие факторы. Ею было определено, что через четыре часа вождения комбайна скорость реакции машиниста снижается в два раза, а уже через восемь часов и вовсе

демонстрируются катастрофические результаты: реакция комбайнера замедляется в шесть раз [9]. Если учесть тот факт, что рабочий день механизатора имеет очень высокую плотность – до 95 % [3], начиная с ежедневного технического обслуживания и завершая проверкой состояния техники после окончания работ при фактической продолжительности рабочей смены в период сезонных работ 10–12 часов, облегчением было бы исключение его из цепочки в связи «организация – сервисная компания». Все машины, изготовленные для продажи в США, с 1996 г. оснащаются похожими системами «On-Board Diagnostics-OBD», основной целью которых изначально было определение неполадок транспортного средства, ведущих к увеличению уровня загрязнения окружающей среды [10]. Бортовые системы энергоустановок компании Caterpillar допускают запись данных с бортовых датчиков двигателя в форме отчетов и их отправку по каналам сотовой связи в специализированной среде Product Link только на завод-изготовитель. Это является способом ограничения справочной информации со стороны производителей двигателей. Зачастую информация является коммерческой собственностью завода-изготовителя и не может обнародоваться или использоваться без разрешения собственника – как правило, иностранного контрагента. При этом производитель оставляет за собой право гарантийного ремонта и обслуживания узлов и агрегатов. Дозволенная к опубликованию производителем информация зачастую оказывается недостаточной для мониторинга технического состояния конкретных агрегатов и узлов двигателя и контроля качества работы техники [6], а получение полной диагностической карты в сервисных центрах осложняется дополнительными затратами, в том числе связанными со спецификой сельскохозяйственных техники (громоздкостью и сложностью отрыва от технологического процесса, дороговизной и др.). В то же время в процессе работы всегда возникают различные случайные факторы, которые могут вызвать как увеличение, так и уменьшение фактического остаточного ресурса по сравнению с установленным по результатам стационарного контроля. Отсутствие мониторинга не дает технической службе упреждающую информацию о техническом состоянии машин, а модели субъекта управления – предсказывать вероятность появления поломок и корректировать задание водителю. В связи с этим важной задачей обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники является разработка инновационных методик непрерывного мониторинга технического состояния и функционирования всей

машины в целом на основе использования цифровых технологий и оборудования и технологий диагностирования технического состояния агрегатов в режиме реального времени, универсальных для всех видов техники и адаптированных к существующим условиям сервисных центров.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является повышение эксплуатационной надежности автотракторной, комбайновой и иной сельскохозяйственной техники на основе непрерывного мониторинга их технического состояния за счет использования Интернет-технологий, цифрового оборудования и программного обеспечения. Задача исследования – разработать для владельцев и обслуживающих организаций автотракторной, комбайновой и иной сельскохозяйственной техники методику непрерывного мониторинга технического состояния и функционирования как отдельных узлов и агрегатов, так и всей машины в целом на основе использования цифровых технологий и оборудования. Использование методики позволит в режиме реального времени отслеживать изменение их структурных и диагностических параметров, точно прогнозировать поведение агрегата или узла и на этой основе наиболее эффективно, т. е. своевременно, целенаправленно и в необходимом объеме проводить необходимые регламентные работы.

Условия, материалы и методы. Основное требование к предлагаемой методике – постоянный телемеханический мониторинг технического состояния узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники в режиме реального времени, предсказание появления отклонений его технического состояния, поиск решений и передача дистанционно команд на упреждение отклонений, необходимости ремонта и др. В качестве примера оперативного мобильного мониторинга рассмотрена система управления работой двигателей (рисунок 1). Мощностные, экономические и экологические показатели двигателей определяются в первую очередь работой требующих постоянного технического контроля их слабых (наиболее уязвимых) агрегатов и узлов. К таким относятся системы питания, смазки и охлаждения двигателя. От совершенства технического состояния, например, топливной системы и зависят показатели рабочего процесса дизеля, его надежность и эксплуатационные характеристики. К топливным системам дизелей предъявляют довольно высокие и жесткие требования [1, 2]. Основные показатели её работы (цикловая подача топлива и ее зависимость от частоты вращения, давления и угла опережения впрыскивания) являются настраиваемыми параметрами, причем в процессе как её производства, так и эксплуатации. Качество настройки топливной

аппаратуры по этим и другим параметрам обеспечивает необходимый высокий уровень показателей работы дизеля. В связи с этим разра-

ботка современных методов дистанционного диагностирования показателей качества топливopодачи остается актуальной задачей [4].

Рисунок 1

Логическая схема оперативного удаленного мониторинга технического состояния двигателей

Дистанционная диагностика двигателя машины позволяет заблаговременно определять не только механические, но и возможные электрические проблемы и тем самым способствует предотвращению поломок в целом всей техники и минимизации рисков, связанных со здоровьем водителя и несвоевременностью выполнения работ. Предлагаемая методика позволяет осуществлять непрерывный контроль работы агрегата электронным блоком управления (ЭБУ) [6, 8] и установленными на двигателе передатчиками GPRS, трекером GPS, датчиками расхода воздуха, температуры охлаждающей жидкости, температуры окружающей среды, в салоне трактора, воздуха за интеркулером, масла в системе смазки, частоты вращения коленчатого вала двигателя, давления масла, топлива в линии низкого давления, состава отработавших газов (уровень выбросов CO) и др. Показания бортовых датчиков и дополнительных диагностических устройств передаются напрямую из агрегата в центр технического сервиса, что позволяет, исключая необходимость планирования, своевременно проводить техническое обслуживание и ремонт. На рисунке 1 показана сравнительная блок-схема удаленного диагностирования авто-тракторной и сельскохозяйственной техники. Схема является усовершенствованным перспективным аналогом планово-предупредительной схемы технического обслуживания (обозначена для сравнения красным цветом) и текущего ре-

монта техники. Обычно допуск к таким работам имеет только предприятие-изготовитель или дилерская компания. При этом техническое обслуживание является профилактическим мероприятием, представляющим собой комплекс работ, направленных на предупреждение отказов и неисправностей, обеспечение полной работоспособности агрегата, узла или системы автомобиля. Техническое обслуживание проводится в плановом порядке через определенные пробеги или определенное время эксплуатации автомобиля, не допуская простоев техники. В то время как при штатной схеме автомобиль или трактор с неисправными агрегатами, узлами, системами и деталями, влекущими за собой угрозу безопасности движения, не выпускается в работу и простаивает, а субъект управления (на рисунке 1 – это механизатор-тракторист) сам обеспечивает периодичность обслуживания обычно по мото-часам наработки.

Предлагаемая методика предполагает отправку перед началом смены сообщения на телефон механизатора с указанием только требуемых мероприятий ежедневного технического обслуживания и оповещение сервисной компании в автономном режиме о прогнозируемых поломках. Конечное решение принимают аналитики сервисной компании. Критерии оценки данных при удаленном мониторинге сравниваются с данными облачных хранилищ, которые несколько отличаются от тех встроенных крити-

ческих значений, которые находятся в распоряжении системы управления заказчика. Данные, поступающие от конкретной машины, сопоставляются с огромной базой данных функционирования машин данного класса, что позволяет использовать весь опыт, имеющийся в распоряжении системы, и, предугадав тенденцию к отклонению того или иного параметра, своевременно

исключить серьезные повреждения еще до того, как это создаст аварийную ситуацию или произойдет аварийный останов оборудования. В целом удаленное оперативное диагностирование позволяет экономить время более чем на 72 часа и существенно сократить эксплуатационные расходы, снизив время простоя сельскохозяйственной техники.

Рисунок 2

Сравнительная блок-схема удаленного диагностирования автотракторной и сельскохозяйственной техники

Результаты и обсуждение. На сегодняшний день информация по автотракторным двигателям может быть считана только на станции технического обслуживания [8]. Это результат того, что требуется стыковка с компьютером, обуславливающая затраты дополнительного времени и возникновение ряда неудобств (даже при использовании беспроводного канала «bluetooth») [7]. Электронное управление в последние годы стало внедряться, кроме двигателя, в трансмиссию и ходовую часть трактора и сельхозмашин. Предлагаемая методика предусматривает системную работу всего агрегата с

сервисным центром. В процессе эксплуатации субъект управления (водитель, тракторист-механизатор) взаимодействует с объектом управления (автомобилем, трактором, сельскохозяйственной машиной) в режиме реального времени (рисунок 3).

В процессе взаимодействия системы субъект управления должен воспринимать и анализировать большой объем информации с учетом скоростного режима заданной технологии и её отклонений и внешних факторов, принимать решение об управляющем воздействии – изменении направления движения, подачи топлива или

переключения передачи, решать внеплановые задачи. В результате происходит изменение скорости движения и отклонений. Увеличение функций также ускоряет усталость водителя.

Поэтому основным элементом предлагаемой концепции является встроенная диагностическая система, представляющая собой элек-

тронные блоки управления и датчики, подключенные к автомобильной шине данных трансмиссии, ходовой части и других важных узлов автомобиля (рисунок 4), позволяющая автономно осуществлять непрерывный мониторинг технического состояния и функционирования субъекта управления.

Рисунок 3
Схема связи системы «Тракторист-машинист – трактор»

Рисунок 4
Визуализация электронных связей объекта управления

При внедрении системы удаленного диагностирования ЭБУ использует обратную связь с целью корректировки работы двигателя, что позволяет в режиме реального времени следить за показателями датчиков и своевременно предсказывать необходимость ремонта. Внедряя диагностику по косвенным признакам, можно расширить количество диагностируемых параметров, в том числе по определению состояния механических компонентов, цилиндров, коленчатого вала, систем топливоподачи и смазки и др.

Оповещение о необходимости ремонта происходит по схеме: от машины в модель субъекта управления по GPS-трекеру передается информация, затем она сохраняется и обрабатывается. При возникновении необходимости ремонта модель субъекта управления принимает решение и информирует сервисную службу о примерной дате прибытия техники на ремонт или организации её подмены. Преимуществами упреждающей диагностики транспортного средства при использовании предлагаемой методики явля-

ются возможность получения актуальной информации о техническом состоянии транспортного средства в процессе его эксплуатации и предсказание остаточной работоспособности транспортного средства на заданный момент времени.

Выводы. Предложенная методика непрерывного мониторинга технического состояния и функционирования отдельных узлов и агрегатов на основе непрерывного мониторинга технического состояния за счет использования Интернет-технологий, цифрового оборудования и

программного обеспечения позволяет повысить надежность эксплуатации автотракторной, комбайновой и иной сельскохозяйственной техники. Мониторинг технического состояния автотракторных двигателей дает возможность технической службе получать информацию об остаточной работоспособности транспортных средств и своевременно осуществлять профилактику их технического состояния. Для диспетчера (субъекта управления) непрерывная диагностика является одной из технологий упреждения потерь времени на простой.

Библиографический список

1. Габитов, И.И. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных дизелей [Текст] / И.И. Габитов, Л.В. Грехов, А.В. Неговора. М.: Легион-Автодата, 2008. 248 с.
2. Габитов, И.И. Современные тенденции технического сервиса топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей [Текст] / И.И. Габитов, А.В. Неговора // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 38–44.
3. Дидманидзе, О.Н. Основы дистанционной диагностики систем тягово-транспортных средств [Текст]: учебник / О.Н. Дидманидзе. Москва, 2017. С. 5–13.
4. Девянин, С.Н. Использование расхода топлива на режимах холостого хода в качестве диагностического параметра ДВС [Текст] / С.Н. Девянин // Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященная 100-летию И.С. Шатилова. 2017. С. 313–314.
5. Ерохин, М.Н. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике [Текст] / М.Н. Ерохин. Москва, 2011. С.16–18.
6. Инсафуддинов, С.З. Диагностика топливных систем дизелей при впрыске в среду с противодавлением: свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2014611323 от 10.12.2013 / С.З. Инсафуддинов, Ф.Р. Сафин, Э.М. Гайсин, А.Ф. Давлетов.
7. Платы с USB интерфейсом [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rudshel.ru/board_with_USB.html.
8. Сафин, Ф.Р. Способ испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры и стенд для его осуществления: патент на изобретение RUS 2562349 от 11.03.2014 / Ф.Р. Сафин, С.З. Инсафуддинов, Э.М. Гайсин.
9. Борщенко, Я.А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей [Текст]: учебное пособие / Я.А. Борщенко, В.И. Васильев. Курган: Курганский гос. ун-т, 2007. С. 54–56.
10. Хрящёв, Ю.Е. Алгоритмы управления двигателями внутреннего сгорания [Текст]: монография / Ю.Е. Хрящёв, М.В. Тихомиров, Д.А. Епанешников. Ярославль: ЯГТУ, 2014. С. 48–51.

Сведения об авторе

Инсафуддинов Самат Зайтунович, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики и физики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, к. 266а/3, тел.: (347) 228-52-00, e-mail: insamat@mail.ru.

Современные модели тракторов, автомобилей и мобильной сельскохозяйственной техники, как правило, оснащаются навигационным и бортовым оборудованием и имеют выход в Интернет. Навигационное оборудование выдает данные по местоположению, направлению и скорости движения автотракторных агрегатов, а электронная бортовая система управляет агрегатами машины – двигателем, трансмиссией, рабочим оборудованием, системой самодиагностики – и контролирует качество выполнения

технологических операций и др. В работе предложена инновационная методика совместного использования всех электронных устройств для непрерывного мониторинга технического состояния и функционирования всей машины в целом на основе использования цифровых технологий, оборудования и методов диагностирования технического состояния агрегатов в режиме реального времени, универсальных для всех видов техники и адаптированных к существующим условиям сервисных центров.

S. Insafutdinov

DEVELOPING A CONTINUOUS DIAGNOSIS METHOD BASED ON DIGITAL TECHNOLOGIES TO TEST TECHNICAL CONDITION OF CARS, TRACTORS AND FARM MACHINERY

Key words: *engine; telematics; intellectual system; repair; technical maintenance.*

Authors' personal details

Insafutdinov Samat, Candidate of technical sciences, associate professor of the Heat Engineering and Physics department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letia Oktabria st., 34, Bulding 3, Room 266a, phone: +7 (347) 228-52-00, e-mail: insamat@mail.ru.

Modern models of tractors, cars and mobile farm machinery, as a rule, are equipped with navigation and on-board equipment and have an Internet connection. The navigation equipment provides data on location, direction and speed of the automotive tractor units. The electronic on-board system controls the machine's aggregates: an engine, transmission, working equipment and a self-diagnosis system. It controls the quality of technological

operations as well. The paper offers an innovative method of shared use of all electronic devices for continuous monitoring of technical condition and performance of the entire machine as a whole based on use of digital technologies, equipment and methods to diagnose technical condition of any machinery in real time being common for all types of equipment and adapted to existing conditions of service centers.

© Инсафуддинов С.З.

предприятия. Ремонт техники, узлов и агрегатов — уборочных комбайнов за пределами норматив