

УДК631.173

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТРАКТОРА**

Костомахин М.Н., к.т.н., Петрищев Н.А., к.т.н., Воронов А.Н., Саяпин А.С.
ФГБНУ «ФНАЦ ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Одной из основных задач, решаемых при эксплуатации сельскохозяйственных машин, является сбор информации о техническом состоянии. Сбор информации целесообразно осуществлять, используя информацию об изменении текущего технического состояния машин, посредством мониторинга параметров технического состояния, характеризующих физический процесс, а также износ деталей и сопряжений[1].

Так как, одним из эффективных способов контролирования состояния машин и механизмов, на сегодняшний день, являются системы удаленного мониторинга объектов, например, через системы спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС), с использованием технологий беспроводной передачи данных (Bluetooth/Wi-Fi), то применение современных технологий передачи данных к сельскохозяйственной технике, позволит повысить эффективность ее использования, снизив затраты на эксплуатацию[2].

Возможности системы дистанционного мониторинга техники позволяют создать унифицированное решение для контроля за техническим состоянием, 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.

На основе полученных данных о текущем техническом состоянии машины и наложенной системой допусков, можно оценить в допуске или не в допуске контролируемый параметр, определить количество оставшейся наработки до отказа, а на основе данных об отказах собрать информацию для расчета локальных показателей надежности групп одноименных деталей и сопряжений.

При решении задач по сбору информации о техническом состоянии машин, в ФГБНУ ФНАЦ ВИМ был разработан экспериментальный образец системы дистанционного контроля технического состояния сельскохозяйственной машины, на примере трактора KiotiCK22. Данный трактор является универсальным и имеет индикацию на приборной панели датчиков контроля оборотов коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости, уровня топлива, заряда аккумуляторной батареи и давления масла в масляной магистрали.

Для наиболее полного контроля технического состояния трактора KiotiCK22 было принято решение дооснастить его следующими датчиками[3]:

- 4 индуктивных датчика приближения для определения скорости вращения колес трактора;
- 2 датчика контроля температуры гидравлической жидкости ГСТ трактора;
- 1 датчик температуры выхлопных газов трактора.

Индуктивные датчики приближения для определения скорости вращения колес трактора

Каждый индуктивный датчик предназначен для определения времени полного оборота колеса (всех четырех колес трактора), на ступице которого он установлен (рисунок 1).

Измеряя время полного поворота каждого колеса трактора можно определить точную скорость его вращения, это позволяет определить истинную/фактическую скорость движения трактора, с учетом буксования, на определенных режимах (а именно – при отключенном переднем приводе трактора). Контроль фактической скорости необходим для определения степени буксования трактора, для соблюдения агротехнических требований во время выполнения различных сельскохозяйственных операций. Так, согласно требованиям, во время пахоты, коэффициент буксования колесного трактора не должен превышать 0,15 [4]. Точность измерения скорости вращения колес составляет 0,1 км/ч.



Рисунок 1 - Расположение индуктивных датчиков

Для решения данной задачи использовался индуктивный датчик ВБ2.08М.33.1.5.1.1.К, PNP, замыкающий, с рабочим напряжением питания 12В (рисунок 2). Характеристики датчика указаны в таблице 1. Датчики устанавливаются на каждое колесо при помощи специальных кронштейнов, изготовленных из высокопрочного пластика ABS с применением технологии 3D-печати (рисунок 3).



Рисунок 2 - Общий вид датчика ВБ2.08М.33.1.5.1.1.К

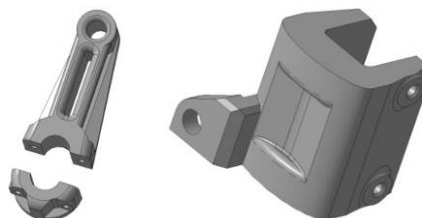


Рисунок 3 - Общий вид кронштейнов для крепления датчиков: а) на передних колесах; б) на задних колесах

Таблица 1 - Характеристики датчика ВБ2.08М.33.1.5.1.1.К

Ток нагрузки, мА:	300
Выходной ключ	рпр транзистор
Защита от КЗ	есть
Максимальный потребляемый ток, мА	10
Частота срабатывания мах, кГц	1.5
Способ подключения	кабель 3x0.12мм кв.
Масса, г	60
Диаметр резьбы, мм	8
Расстояние срабатывания, мм	3

Выход датчика подключен к цифровому контроллеру измерения скорости вращения колес. Контроллер определяет скорость вращения колеса по времени между срабатываниями датчика на контрольную точку – неодимовый магнит на ободе колеса. Зазор между магнитом и датчиком составляет 2.5...3 мм. Неодимовые магниты надежно удерживаются на ободе колеса и не требуют отверстий или клеящих материалов для установки. В целом такой способ установки датчиков не требует вносить изменения в конструкцию трактора, датчики скорости вращения безотказно срабатывают в условиях загрязненности, что подтверждено полевыми испытаниями.

Датчики контроля температуры гидравлической жидкости ГСТ

На трактор были установлены два датчика контроля температуры гидравлической жидкости ГСТ трактора, для определения абсолютных значений температур на выходе из ГСТ, на выходе из радиатора системы охлаждения ГСТ, а так же определения разности температур в характерных точках (рисунок 4).



Рисунок 4 - Расположение датчиков температуры ГСТ

Это позволяет контролировать тепловой режим работы ГСТ, предупреждать ее перегрев, косвенно судить о степени загруженности, а разность температур характеризует различные неисправности, приводящих к потере КПД трансмиссии.

Температура трансмиссионного масла ГСТ трактора KiotiCH22 не должна превышать 110°C, но при этом, в конструкции трактора датчик температуры масла не предусмотрен. Точность измерения температуры составляет $\pm 0,5^\circ\text{C}$ в диапазоне от -10°C до $+85^\circ\text{C}$.

В системе использованы цифровые датчики DS18B20-IP67-3, герметичные (IP67), двухпроводные. Характеристики датчиков представлены в таблице 2:

Таблица 2 - Характеристики датчика DS18B20-IP67-3

Тип	Цифровой, TTL
Размеры, мм	6x35
Максимальный потребляемый ток, мА	30
Диапазон измеряемых температур, °C	от -55°C до $+125^\circ\text{C}$
Способ подключения	кабель 2x0.2мм кв.
Масса, г	37
Длина соединительного кабеля резьбы, м	3

Цифровой датчик температуры DS18B20 обеспечивает измерение температуры с разрешением от 9 до 12 бит. DS18B20 передает данные по шине 1 Wire. Погрешность измерения температуры составляет $\pm 0,5^\circ\text{C}$ в диапазоне от -10°C до $+85^\circ\text{C}$. При двухпроводном соединении, датчик может получать питание непосредственно от линии данных, без использования внешнего источника (паразитное питание). В этом режиме питание датчика происходит от энергии, запасённой на паразитной емкости. Датчик помещен в гильзу из нержавеющей стали и залит компаундом.

Использован специальный мягкий силиконовый компаунд для защиты электронных изделий в условиях повышенной влажности в интервале температур $-60..+200^\circ\text{C}$, перекрывающем диапазон температуры датчиков DS18B20. Термостойкий кабель с изоляцией из силиконовой резины применяется при температурах -50°C до $+180^\circ\text{C}$. Кабель обладает превосходной защитой от УФ-лучей, стойкостью к озону и кислороду, искусственному свету, атмосферным осадкам, а также сохраняют свои свойства при низких температурах (рисунок 5).



Рисунок 5 - Общий вид датчика DS18B20-IP67-3

Датчики установлены на соответствующие трубопроводы системы охлаждения ГСТ с использованием слоя теплопроводящей пасты для лучшей теплопроводности и более точного контроля температуры.

Датчик температуры выхлопных газов трактора

Также на выпускной коллектор трактора был установлен датчик температуры выхлопных газов предназначенный для измерения теплового поля коллектора в характерной точке, что в совокупности с данными о частоте вращения коленчатого вала двигателя используется для оценки степени загруженности дизельного двигателя трактора во время работы, а так же экспресс-оценки исправности топливоподающей аппаратуры и системы подачи воздуха в двигатель (рисунок 6).

Датчик представляет собой термопару с температурой работы до 1000 °С, подключаемую к АЦП MAX6675, с диапазоном измерения температуры от 0 °С до +800 °С, с фиксированными монтажными отверстиями для облегчения стационарной установки (рисунок 7). Характеристики датчика указаны в таблице 3.



Рисунок 6 - Расположение датчика температуры



Рисунок 7 -Общий вид датчика

Таблица 3. Характеристики датчика температуры выхлопных газов

Диапазон измерения температуры:	от 0 °С до 800 °С
Рабочее напряжение	5V
Рабочий ток	50 мА
Точность измерения температуры	± 1,5 °С
Разрешение	0,25 °С
Выход	SPI
Вес модуля	4 г
Размер	25 мм * 15 мм * 13мм

Сигналы от датчиков контроля рабочих параметров трактора поступают в бортовой компьютер производства ФГБНУ ФНАЦ ВИМ(рисунок 8), где обрабатываются и хранятся (например, на micro-SD 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) в сети интернет мобильной связи, и отображаются на сайте в браузере компьютера или телефона в режиме on-line (рисунок 9).

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

Секция 3: Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для АПК

может быть задействован как устройство-навигатор, а также для системы параллельного вождения и пр. (рисунок 10).



Рисунок 8 - Расположение бортового компьютера в тракторе

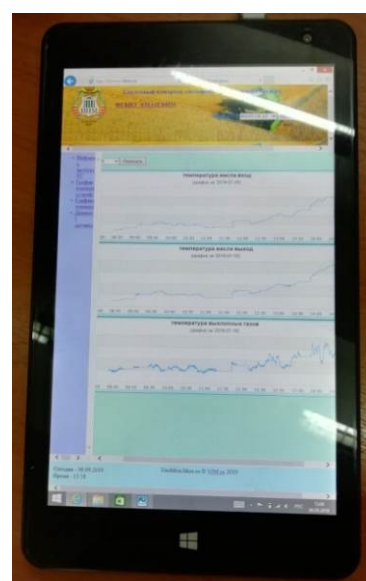
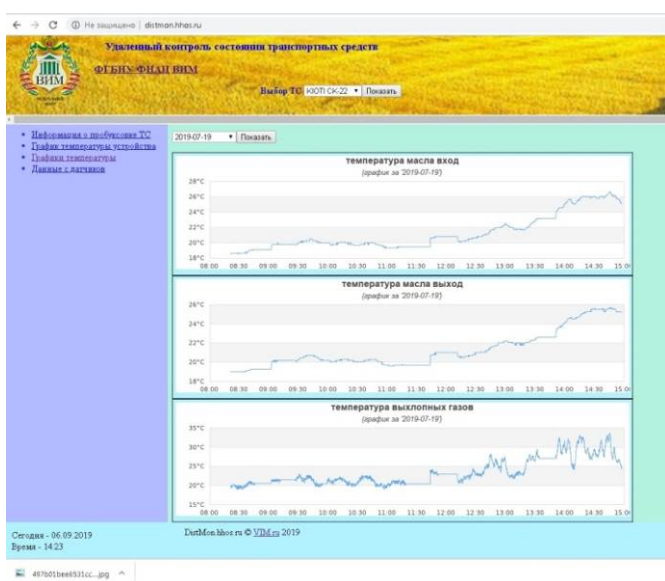


Рисунок 9 - Скриншот интерфейса отображения контролируемых параметров.

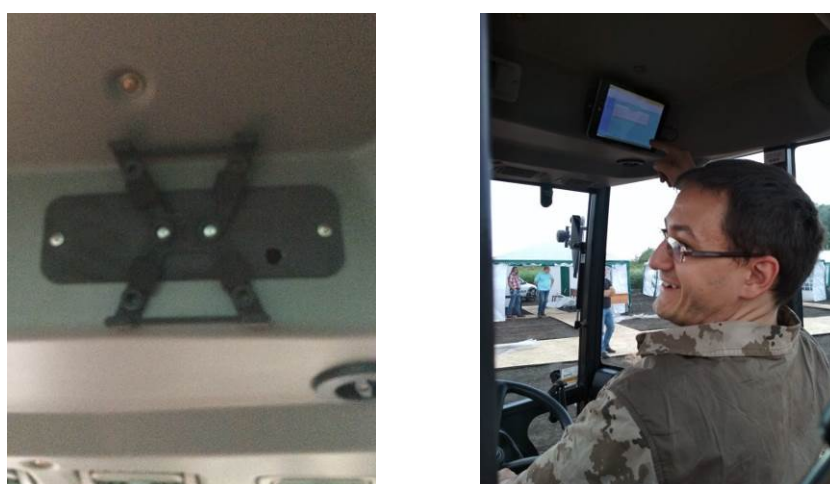


Рисунок 10 - Расположение держателя для планшетного компьютера

Система дистанционного мониторинга включает следующие компоненты (рисунок 11):
- транспортное средство, оборудованное датчиками, бортовым компьютером, беспроводным GSM/GPRS модулем, который передает данные через на серверный центр монито-

ринга. Данная установка актуальна для мониторинга в местах, где присутствует полноценное GSM-покрытие[5].

- серверный центр с программным обеспечением для приёма, хранения, обработки и передачи данных.



Рисунок 11 - Блок-схема системы мониторинга состояния узлов трактора

Таким образом, можно установить, что используемая установка позволяет наиболее полно контролировать техническое состояние некоторых узлов и агрегатов, за счет мониторинга контролируемых параметров в эксплуатационных условиях, при этом техника может использоваться по назначению совершая полезную работу. На основании собранных статистических данных и их анализа (группы одноименных деталей), представится возможным собирать данные для определения закона распределения ресурса и рассчитать такие количественные показатели надежности как: вероятность безотказной работы $P(t)$ в допустимых пределах в течении время t , средний прогнозируемый ресурс деталей $T_{ср}$, а также частоту отказов n .

Литература

- 1 Рабинович А.Ш., Сельцер А.А., Шаровский А.А. Методические указания по оценке, прогнозированию и нормированию ресурса и безотказности сельскохозяйственной техники // – М.: ГОСНИТИ, 1975. – 272
- 2 Дунаев А.В., Костомахин М.Н. Перспективы оптимизации периодичности обслуживания машин, оснащенных бортовыми системами контроля//Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – М.: ИД ПАНОРАМА, 2016. - № 2. - С. 15-20.
- 3 Костенко С.И., Колчин А.В., Бобков Ю.К. Эксплуатация электронных средств технического диагностирования сельскохозяйственной техники. Рекомендации по организации и технология диагностирования тракторов с помощью установки КИ-13940 // – М.: ГОСНИТИ, 1985. – 35 с.
- 4 Северный А.Э., Буклагин Д.С., Михлин В.М., Голубев И.Г., Колчин А.В., Белый И.Ф., Горячев С.А. Руководство по техническому диагностированию при техническом обслуживании и ремонте тракторов и сельскохозяйственных машин // – М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2001. – 252 с.
- 5 Строгонов А., Жаднов А., Полесский С. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем // Компоненты и технологии. – СПб.: Файнстрит, 2007. – № 5. – С. 183 – 190.