

## РОЛЬ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМЕ ОНЛАЙН-МОНИТОРИНГА ТРАКТОРОВ

**А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев**

*ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»  
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация:** Рассмотрены аспекты выбора и обоснования датчиков, которые используются для преобразования сигналов, поступающих от контролируемых параметров двигателя внутреннего сгорания тракторов при онлайн-мониторинге его технического состояния. Выявлено, что в качестве измерительных датчиков необходимо применять аналоговые и цифровые преобразователи.*

***Ключевые слова:** датчики; интеллектуальные технологии; онлайн-мониторинг; техническое состояние; диагностика.*

## THE ROLE OF SENSORS IN THE ONLINE MONITORING SYSTEM OF TRACTORS

**A. S. Dorokhov, Yu. V. Kataev**

*Federal Scientific Agroengineering Center VIM  
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** The aspects of the selection and justification of sensors that are used to convert signals from the monitored parameters of the internal combustion engine of tractors during online monitoring of its technical condition are considered. It was revealed that analog and digital converters must be used as measuring sensors.*

***Keywords:** sensors; intelligent technologies; online monitoring; technical condition; diagnostics.*

Важнейшим составляющим повышения эффективности использования энергетических средств, сокращения средств на ремонт и техническое обслуживание является диагностика техники. Определение технического состояния машины без разборки является актуальной и важной задачей при проведении технического обслуживания.

С помощью современных интеллектуальных технологий, применяемых при диагностике техники, достигается высокое качество послепродажного технического обслуживания: вся информация о параметрах технического состояния считывается датчиками и в автоматическом режиме проводится ее анализ [1, 2].

Датчики – это первичные элементы средств диагностики и через них устанавливается связь непосредственно с объектом диагностирования. Главное предназначение датчиков состоит в конвертации контролируемых физических величин в соответствующие этим величинам электрические сигналы, которые подразделяются на аналоговые и цифровые.

Поэтому, для количественной оценки технического состояния машины требуется определить необходимые первичные элементы контрольно-диагностического средства (датчики), в первую очередь, с учетом погрешности измерения датчиков, а также с возможностью физического онлайн-мониторинга контролируемых параметров на технике.

Основные требования, которые предъявляются к датчикам [3]:

- 1) минимальная погрешность измерения;
- 2) простота в настройке и эксплуатации;
- 3) минимальная трудоемкость измерения диагностических параметров с учетом подготовительных операций;
- 4) обеспечение измерения диагностических параметров различных марок техники, например, отечественных тракторов всех марок;
- 5) небольшая стоимость диагностирования.

Для оптимального выбора датчиков применительно к простому, сложному диагностированию необходимо руководствоваться критерием минимальных издержек [4]:

$$C_{(д)} = \min_{1 \leq j \leq k} \left\{ \sum_{i=1}^n [\psi_{ij}(д) + B_{ij}(д)] \right\} \quad (1)$$

где  $\psi_{ij}(д)$ ,  $B_{ij}(д)$  – издержки от погрешности и стоимость проверки  $i$ -го структурного параметра с помощью измерения диагностических параметров  $j$ -го набора, руб./ед. наработки.

При определении стоимости проверки необходимо учитывать трудоемкость диагностических операций, стоимость устройства с учетом нормативного коэффициента экономической эф-

фективности, а также эксплуатационные издержки на диагностическое средство [2].

При формировании  $j$ -х наборов диагностических параметров в первую очередь анализируются наборы с универсальными методами измерения: виброакустического, спектрографического и др. Это гарантирует уменьшение числа присоединительных устройств, датчиков и, в целом, уменьшение трудоемкости и времени диагностирования.

В электрических системах при выборе  $j$ -го набора диагностических параметров, для уменьшения погрешности измерения одного параметра логично использовать несколько диагностических параметров, которые измеряются совместно. В данном случае значение структурного параметра необходимо определять, используя метод множественной корреляции.

Основные этапы разработки средств измерения:

- 1) Установление динамических и других характеристик контролируемых параметров;
- 2) Установление диапазона измерения измеряемой величины каждого контролируемого параметра;
- 3) установление частоты и максимальной амплитуды колебания измеряемой величины контролируемого параметра;
- 4) установление диапазонов одного электрического напряжения преобразуемой величины каждого контролируемого параметра;
- 5) обоснование датчиков для измерения диагностических параметров.

После окончательного выбора комплекта средств измерения проводятся исследования в лабораторных условиях в целях определения диапазона измерения контролируемых величин, их характеристик: частоты и максимальной амплитуды колебания, выбора характерных точек присоединения измерительных средств.

В современных высокотехнологичных тракторах для съема необходимой диагностической информации с электронного блока управления используется интерфейс CAN, через который передаются данные по последовательному интерфейсу от различных узлов техники или через диагностический разъем OBD-II бортовой системы управления машины [3].

Для подключения к CAN-шине диагностической системы обязательно используются интеллектуальные контроллеры, с помощью которых считываются данные с бортовой системы машины с помощью модуля CAN-LOG, в которых предусматриваются обширный потенциал по программированию и установке различных режимов работы, чтобы можно было диагностировать и вести онлайн-мониторинг до нескольких десятков параметров тракторов соответствии с требованиями ГОСТ 26655-85 и диагностики ISO [3].

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ ведется разработка системы дистанционного мониторинга технического состояния тракторов с использованием систем спутниковой навигации (ГЛОНАСС, GPS), которая будет включать в себя следующие основные функциональные возможности:

- удаленный онлайн-мониторинг параметров работы машины и агрегатов с помощью электронного блока управления в реальном времени с точной привязкой ко времени и координатам;
- получение реальной информации и отчетов в соответствии со спецификациями протоколов;
- определение контролируемых параметров и режимов работы машины и ее механизмов (точный перечень контролируемых параметров определяется маркой транспортного средства и годом его выпуска).

Методы и средства дистанционного мониторинга должны обеспечивать количественную оценку параметров технического состояния машин, а также предусматривать возможность контроля и оцифровки сигнала.

В разрабатываемой системе онлайн-мониторинга в качестве измерительных датчиков будут использоваться аналоговые и цифровые преобразователи.

В таблице 1 представлен перечень основных датчиков регистрации контролируемых параметров технического состояния дизельного двигателя отечественных марок тракторов.

**Таблица 1 – Аналоговые и цифровые датчики контроля диагностических параметров двигателя тракторов**

Параметр	Датчик	Диапазон измерений параметра/условия работы	Характеристика выхода интерфейса	
			цифровой	аналоговый
Расход картерных газов	Расхода газа	До 0...100 л/мин / диапазон рабочих температур 0...95 °С	RS-232; RS-485	-
Уровень масла в картере ДВС	Уровня	До 1000 мл / диапазон рабочих температур 0...95 °С	-	Диапазон изменения 0...33 В; максимальная частота 4 кГц
Крутящий момент	Бесконтактный крутящего момента	До 1000 Нм / диапазон рабочих температур – 40...55 °С	-	Диапазон изменения 0...33 В; максимальная частота 4 кГц
Наличие механических примесей	Загрязнения металлическими частицами MCS 1000	От 0,07...0,5 мм / диапазон рабочих температур 0...95 °С	RS-485	-
Угол поворота	Угла поворота вала	До 5 000 об/мин / диапазон рабочих температур – 40...55 °С	-	Диапазон изменения 0...33 В; максимальная частота 4 кГц
Сила тока на стартере в момент пуска ДВС	Измерения силы тока	До 800 А / диапазон рабочих температур – 40...95 °С	-	Диапазон изменения 0...33 В; максимальная частота 4 кГц
Массовый расход топлива	Дифференциальный расходомер топлива DFM 100 D	До 50 л/ч / диапазон рабочих температур – 20...60 °С	RS-232; RS-485; CAN2.0	Импульсный 0...32 В
Температура отработавших газов	Температуры DS18B20	55-125 °С/диапазон рабочих температур – 10...85 °С	1-Wire	-

В связи с тем, что через датчики осуществляется связь средств с объектом диагностирования, то для количественной оценки технического состояния машины необходимо их выбрать в соответствии основным требованиям, установленным для этих датчиков погрешностью измерения, а также с возможностью фи-

зического онлайн-мониторинга контролируемых параметров на объекте диагностирования.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А. Ю., Хорошенков В. К., Лужнова Е. С. Управление сельскохозяйственными мобильными агрегатами с использованием навигационной системы ГЛОНАСС/GPS // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2015. № 3. С. 15-20.
2. Дидманидзе О. Н., Дорохов А. С., Катаев Ю. В. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов // *Техника и оборудование для села*. 2020. № 11 (281). С. 39-43.
3. Алексеев В. В. Новые OBD-II GPS-трекеры серии Novatel MT3060 // *Беспроводные технологии*. 2014. № 1. С. 64-69.
4. Дидманидзе О. Н., Митягин Г. Е., Измайлов А. Ю. и др. Технологические процессы диагностирования и технического обслуживания двигателей транспортных и транспортно-технологических машин. М. : ООО «УМЦ «Триада». 2015. 109 с.

## REFERENCES

1. Izmajlov A. Yu., Xoroshenkov V. K., Luzhnova E. S. Upravlenie sel'skoxozyajstvenny`mi mobil`ny`mi agregatami s ispol`zovaniem navigacionnoj sistemy` GLONASS/GPS [Management of agricultural mobile units using the GLONASS / GPS navigation system]. *Sel'skokhoziaistvennye mashiny i tekhnologii*, 2015, no. 3., pp. 15-20.
2. Didmanidze O. N., Doroxov A. S., Kataev Yu. V. Tendencii razvitiya cifrovuy`x texnologij diagnostirovaniya texnicheskogo sostoyaniya traktorov [Trends in the development of digital technologies for diagnosing the technical condition of tractors]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2020, no. 11 (281), pp. 39-43.
3. Alekseev V. V. Novy`e OBD-II GPS-trekery` serii Novatel MT3060 [New OBD-II GPS trackers of the Novatel MT3060 series]. *Besprovodny`e tekhnologii*, 2014, no. 1, pp. 64-69.
4. Didmanidze O. N., Mityagin G. E., Izmajlov A. Yu. et al. Texnologicheskie processy` diagnostirovaniya i texnicheskogo obsluzhivaniya dvigatelej transportny`x i transportno-texnologicheskix mashin [Technological processes of diagnostics and maintenance of engines of transport and transport-technological machines]. Moscow, Triada, 2015, 109 p.

***Об авторах:***

**Дорохов Алексей Семенович**, заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), доктор технических наук, член-корреспондент РАН.

**Катаев Юрий Владимирович**, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, Российская Федерация, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0832-3608>, [ykataev@rgau-msha.ru](mailto:ykataev@rgau-msha.ru).

***About the authors:***

**Alexey S. Dorokhov**, Deputy Director for Scientific and Organizational Work Corresponding, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), D.Sc. (Engineering), Member of the Russian Academy of Sciences.

**Yury V. Kataev**, leading researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (109428, Russian Federation, Moscow, 1st Institutional Project, 5), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0832-3608>, [ykataev@rgau-msha.ru](mailto:ykataev@rgau-msha.ru).