

Секция 8. Современные неразрушающие методы диагностики агрегатов и систем автомобилей

УДК 621.431

DOI: 10.58168/MSTT2025_255-259

ВЫБОР И АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС

Д.Г. Тертерашивили¹, С.В. Дорохин²

^{1,2} Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия

¹ terterashvili26@gmail.com

² dsvvrn@yandex.ru

Аннотация. Целью исследования является анализ и выбор датчиков для интеллектуальной системы дистанционного диагностирования системы охлаждения ДВС. В работе предложена их классификация по функциональному назначению и определены ключевые критерии выбора, обеспечивающие эффективную интеграцию в единую систему мониторинга. Проведен обзор современных сенсорных решений для комплексной диагностики.

Ключевые слова: ДВС, система охлаждения, датчики, сенсоры, дистанционное диагностирование, вибрация, давление, температура, охлаждающая жидкость, интеллектуальные системы.

SELECTION AND ANALYSIS OF SENSORS FOR AN INTELLIGENT DIAGNOSTIC SYSTEM FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE COOLING SYSTEMS

D.G. Terterashvili¹, S.V. Dorokhin²

^{1,2} Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

¹ terterashvili26@gmail.com

² dsvvrn@yandex.ru

Abstract. The purpose of the study is to analyze and select sensors for an intelligent remote diagnostic system for internal combustion engine cooling systems. The paper proposes a classification of sensors according to their functional purpose and defines key selection criteria that ensure effective integration into a unified monitoring system. A review of modern sensor solutions for comprehensive diagnostics is provided.

Keywords: ICE, cooling system, sensors, remote diagnostics, vibration, pressure, temperature, coolant, intelligent systems

Современные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) характеризуются высокой термической нагруженностью, а эффективность системы охлаждения определяет ресурс и стабильность двигателя. Нарушения в системе охлаждения приводят к перегреву и отказу двигателя. Традиционные системы контроля параметров охлаждения не обеспечивают комплексного мониторинга состояния системы в целом, так как имеющиеся датчики и исполнительные механизмы предназначены в большей степени

для поддержания оптимальной температуры ДВС, быстрого набора рабочей температуры и недопущения его перегрева, а также отвода тепла от блока цилиндров, головки блока цилиндров и навесного оборудования (турбина, EGR, маслоохладитель и т.д.). В современных условиях интеллектуальных транспортных систем возрастает потребность в создании системы дистанционного диагностирования, которая способна выявить отклонения параметров или спрогнозировать возможные неисправности [1,2].

Система охлаждения современного двигателя состоит из множества датчиков, исполнительных механизмов и деталей, без которых система охлаждения не сможет нормально функционировать. Основные элементы системы охлаждения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Элементы системы охлаждения ДВС

Table 1 – Elements of the internal combustion engine cooling system

Элемент	Назначение	Особенности исполнения
Радиатор охлаждения	Отвод тепла от жидкости в атмосферу	Может быть алюминиевым, двухконтурным, оснащён вентиляторами с ШИМ-регулировкой
Охлаждающая жидкость (ОЖ)	Передача тепла от нагреваемых частей двигателя к радиатору	Содержит присадки для предотвращения коррозии и кавитации, повышенной температурой кипения и низкой температурой кристаллизации
Водяной насос (помпа)	Обеспечивает циркуляцию ОЖ	Может быть механическим (привод от ремня) или электрическим (управление ЭБУ)
Термостат	Регулировка потока жидкости между малым и большим контуром	В современных авто часто электронноуправляемый
Расширительный бачок	Компенсация изменения объема ОЖ при изменении температуры	Может содержать встроенный датчик уровня и датчик контроля качества
Крышка расширительного бачка/радиатора	Поддержание нормального и сброс избыточного давления в системе и	Может иметь встроенный предохранительный клапан
Вентилятор охлаждения	Принудительное охлаждение радиатора	Электрический, с управлением по сигналу ЭБУ (PWM/реле)
Радиатор отопителя	Передача тепла от двигателя в салон	В современных системах включён в малый контур и управляется клапанами
Соединительные патрубки и шланги	Транспортировка ОЖ между узлами	Часто из термостойкой резины или армированного пластика
Электронный блок управления (ЭБУ) в охлаждающей системе	Управление вентилятора охлаждения, электрическим водяным насосом и электрическим термостатом, при их наличии	Позволяет адаптивное управление температурой в зависимости от нагрузки

Датчики температуры	Измерение температуры ОЖ на разных участках для регулировки топливовоздушной смеси и управлением системы охлаждения ЭБУ	Передают данные ЭБУ для регулирования работы термостата и вентилятора
Датчик уровня ОЖ	Контроль количества ОЖ в системе	Как правило, выполнен как резистивный элемент
Датчик качества ОЖ	Контроль качества ОЖ в системе	Оценка производится по электрической проводимости ОЖ
Вспомогательное навесное оборудование	Отвод тепла от масла, турбины, выхлопных газов и т.д.	Интегрируются в общую систему охлаждения

Особенностью современных систем охлаждения является то, что они оснащаются дополнительными функциями. К таким относятся автоматическое управление температурой для снижения расхода топлива (уменьшение гидравлических потерь при частичных нагрузках); интеграция с системами Start-stop и гибридными контурами; возможность дистанционного мониторинга параметров через CAN-шину [4].

Из таблицы 1 можно отметить, что данная структура имеет ограниченное количество датчиков, необходимых для управления системой охлаждения двигателя, а диагностические сенсоры, такие как датчики уровня ОЖ и качества позволяют получить лишь исчерпывающие показания, которые не отражают текущее состояние системы охлаждения в целом.

В связи с чем, можно выделить дополнительные датчики и сенсоры, которые можно интегрировать в систему охлаждения для точного мониторинга данной структуры и выявления неисправности еще на ранней стадии, что в долгосрочной перспективе во многом снижает материальные и временные траты.

В дополнение к уже имеющимся датчикам, предлагаемая структура может содержать следующие элементы:

1. Датчики температуры на входе и выходе охлаждающего контура для оценки состояния термостата и радиатора независимо от штатных сенсоров;
2. Датчик давления для оценки общего давления в системе, производительности водяного насоса, наличия утечек в системе и состояния крышки расширительного бачка;
3. Датчик вибрации для мониторинга состояния подшипников в водяном насосе;
4. Датчик тока для оценки состояния электродвигателя вентилятора и водяного насоса;
5. Инфракрасный датчик для проверки эффективности отвода тепла от радиатора в атмосферу на наличие забитых сот;
6. Расходомер охлаждающей жидкости для мониторинга состояния водяного насоса, а именно производительности его крыльчатки;
7. Электронный блок для обработки всех показаний;
8. Телекоммуникационный блок для передачи данных на удаленный сервер [4,5].

Эффективность работы интеллектуальной системы дистанционного диагностирования системы охлаждения ДВС напрямую зависит от правильного выбора датчиков, которые смогут обеспечить точное и стабильное измерение параметров в условиях эксплуатации транспортного средства.

При выборе элементов необходимо учитывать технические, эксплуатационные и экономические критерии, по которым определяется надежность и совместимость устройств с системой.

Датчики должны обеспечивать контроль параметров в пределах, соответствующих режимам системы охлаждения – температура от -40 до +125 °С; давление от 0 до 3 бар; ток до 15А, вибрация 50-2000 Гц.

Чтобы самодиагностика была точной и актуальной, датчики должны обладать определенной степенью погрешности измерений, которыми можно будет пренебречь. К таким можно отнести:

1. Погрешность измерений температуры $\pm 1\%$;
2. Погрешность измерений давления $\pm 1\%$;
3. Погрешность измерений на вибрацию $\pm 5\%$.

Также немаловажный параметр в данной структуре является быстродействие срабатывания датчиков и сенсоров, поэтому допустимые значения должны превышать более 1 секунды.

Также датчики и сенсоры предлагаемой системы должны обладать современными распространенными протоколами обмена данных для того, чтобы их в дальнейшем можно было интегрировать в общую автомобильную систему.

Еще одним из важных критерий, которые можно выделить – это эксплуатационные. К ним можно отнести следующее:

1. Устойчивость к внешним воздействиям – все сенсоры должны сохранять точность при воздействии вибрации (до 20 g), влаги, пыли и агрессивных сред. Минимальный класс защиты корпуса – IP67 (по ГОСТ 14254-2015).

2. Температурная стабильность – минимальная температурная дрейфовая ошибка (не более 0,02%/°С)

3. Габариты и масса – компактность и малый вес облегчают установку и минимизируют влияние на конструкцию системы охлаждения.

4. Энергопотребление – для автономных модулей с беспроводной передачей данных не более 0,5 Вт [3,4].

Таким образом, выбор датчиков необходимо основывать на сочетании технических характеристик, эксплуатационной надежности и экономической целесообразности. Комплексный подход обеспечит возможность дальнейшего масштабирования решения для различных типов транспортных средств.

В рамках проведенного исследования выполнен анализ современных решений и предложена структура интеллектуальной системы дистанционного диагностирования системы охлаждения ДВС. Определён состав и функциональное назначение датчиков, обеспечивающих многофакторный контроль физических и электрических параметров: температуры, давления, уровня, качества охлаждающей жидкости, вибраций и электрических токов исполнительных устройств.

Интеграция датчиков в единую систему с модулем сбора, анализа и передачи данных обеспечивает возможность не только фиксировать текущие значения параметров, но и формировать диагностические признаки, отражающие техническое состояние отдельных элементов системы охлаждения. Это создаёт предпосылки для реализации алгоритмов интеллектуального анализа и прогнозирования возможных неполадок.

Предложенная система отличается универсальностью и может быть адаптирована к различным типам двигателей и ТС, что делает ее перспективной для внедрения в состав интеллектуальных транспортных платформ нового поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахламов, В.К. Автомобили: теория и конструкция автомобиля и двигателя: учебник/ В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.А. Юрчевский. – 5-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2010. – 816 с.

2. Иванов, А. М. Автомобили: конструкция и рабочие процессы: учебник/ [А.М. Иванов [и др.]] ; под ред. В.И. Осипова .— Москва : Академия, 2012 .— 377 с
3. Патент № 2698556 С2 РФ, МПК F01P 11/16, F01P 11/18, F01P 11/20. Способ диагностики системы хладагента двигателя (варианты) : № 2017111284 : заявл. 04.04.2017 : опубл. 28.08.2019 / С. Реджети, Р. Р. Джентц, А. М. Дудар [и др.] ; заявитель Форд Глобал Текнолоджиз, ЛЛК.
4. Плахов, С. А. Совершенствование системы охлаждения двигателей автомобилей семейства «ВАЗ» / С. А. Плахов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. — 2016. — № 7-5. — С. 65-68.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020619751 РФ. Встроенное программное обеспечение системы жидкостного охлаждения: № 2020618693 : заявл. 03.08.2020 : опубл. 24.08.2020 / С. В. Паулин, А. Е. Белов ; заявитель Публичное акционерное общество «Радиофизика» (ПАО «Радиофизика»)

REFERENCES

1. Vakhlamov, V.K. Automobiles: Theory and Design of Automobile and Engine: Textbook / V.K. Vakhlamov, M.G. Shatrov, A.A. Yurchevsky. - 5th ed., reprinted - Moscow: Publishing Center «Academy», 2010. - 816 p.
2. Ivanov, A.M. Automobiles: Design and Operating Processes: Textbook / [A.M. Ivanov [et al.]; edited by V.I. Osipov. - Moscow: Academy, 2012 .- 377 p.
3. Patent No. 2698556 C2 RF, IPC F01P 11/16, F01P 11/18, F01P 11/20. Method for diagnosing the engine coolant system (variants): No. 2017111284: declared 04.04.2017: published 28.08.2019 / S. Rejeti, R. R. Jentz, A. M. Dudar [et al.]; applicant Ford Global Technologies, LLC.
4. Plakhov, S. A. Improving the cooling system of VAZ family cars / S. A. Plakhov // Actual problems of humanitarian and natural sciences. - 2016. - No. 7-5. - P. 65-68.
5. Certificate of state registration of computer program No. 2020619751 of the Russian Federation. Embedded software of the liquid cooling system: No. 2020618693: declared. 03.08.2020 : published 24.08.2020 / S. V. Paulin, A. E. Belov; applicant Public Joint-Stock Company «Radiophysics» (PJSC «Radiophysics»)