

DOI: 10.58168/MSTT2025_260-265

УДК 621.431

СПОСОБ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ ЕЕ МЕХАНИЗМОВ

Д.Г. Тертерашвили¹, С.В. Дорохин², А.Р. Глушенков³, Р.В. Мороз³
^{1, 2, 3} Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, ¹ terterashvili26@gmail.com
² dsvvrn@yandex.ru
³ glushankov2000@inbox.ru

Аннотация. Рассмотрены основные неисправности системы охлаждения, их симптомы и причины. Предложен альтернативный вариант дистанционного диагностирования системы охлаждения с последующим прогнозированием деталей и узлов системы.

Ключевые слова. Двигатель, система охлаждения, нейросеть, неисправность, диагностирование, прогнозирование, датчик, помпа, термостат, охлаждающая жидкость, вентилятор.

D.G. Terterashvili¹, S.V. Dorokhin², A.R. Glushenkov³, R.V. Moroz³
^{1, 2, 3} Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov,
¹ terterashvili26@gmail.com
² dsvvrn@yandex.ru
³ glushankov2000@inbox.ru

METHOD OF ASSESSING THE ENGINE COOLING SYSTEM AND THE POSSIBILITY OF PREDICTING THE FAILURE OF OTS MECHANISMS

Abstract. The main faults of the cooling system, their symptoms and causes are considered. An alternative option for remote diagnostics of the cooling system with subsequent prediction of parts and units of the system is proposed.

Keywords. Engine, cooling system, neural network, fault, diagnostics, prediction, sensor, pump, thermostat, coolant, fan.

Современный автомобиль является сложным устройством с множеством систем помощи водителю, обеспечения безопасности пешеходов, водителя и пассажиров, комфорта, экономичности и экологичности. Несмотря на активное внедрение электромобилей на рынок автомобильной отрасли, двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются также востребованными, особенно при эксплуатации в труднопроходимых местах, в грузовом транспорте, в военном деле и т.д.

Современные ДВС в виду современного стремления к экономичности и экологичности становятся технологически сложными, а их ресурс снижается в сравнении с предшественниками. В результате чего, рабочая температуры двигателей многих автомобилей превышает 105°C. При такой температуре даже незначительная неисправность в системе охлаждения двигателя может привести к таким повреждениям как:

- 1 Деформация головки блока цилиндров (ГБЦ);
- 2 Интенсивная деградация манжет, прокладок, масла, антифриза.

Основные причины, по которым производители устанавливают такие высокие рабочие температуры двигателя заключается в следующем:

- 1 Повышение КПД двигателя – чем больше температура, тем лучше сгорает топливо;
- 2 Экологические нормы – высокая температура снижает выбросы NO_x , CO .

Поэтому заблаговременная оценка состояния системы охлаждения двигателя является актуальной проблемой на сегодняшний день.

Основная задача системы охлаждения двигателя – это установление и поддержание рабочей температуры на различных режимах работы двигателя.

К основным неисправностям системы охлаждения относятся:

- 1 Утечка охлаждающей жидкости;
- 2 Выход из строя термостата;
- 3 Отказ водяного насоса;
- 4 Засорение радиатора;
- 5 Неисправность вентилятора охлаждения;
- 6 Воздушная пробка;
- 7 «Пробитие» прокладки ГБЦ;
- 8 Неисправность датчика температуры;
- 9 Потеря свойств охлаждающей жидкости;
- 10 Повреждение крышки расширительного бачка.

Далее разберем подробно причины и симптомы той или иной неисправности в системы охлаждения [1, 2].

Утечка охлаждающей жидкости происходит из-за образования трещин и разгерметизации в патрубках, радиаторе или расширительном бачке, износ уплотнений помпы, прокладки ГБЦ, коррозия металлических элементов системы. Как правило, основные симптомы данной неисправности проявляются в виде падения уровня антифриза, следов подтеков под автомобилем и (или) характерным запахом охлаждающей жидкости в салоне. Для поиска неисправности прибегают к визуальному осмотру и (или) добавлением УФ-добавку для обнаружения скрытых течей [3].

Неисправность термостата проявляется в виде заклинивания в открытом или закрытом состоянии, или подклиниванием. Проявляется в долгом наборе рабочей температуры или наоборот перегреве двигателя. При скачкообразном изменении температуры двигателя, как правило, связано с подклиниванием термостата [2].

Выход из строя водяной помпы происходит из-за износа подшипника, разрушения крыльчатки вследствие некачественной охлаждающей жидкости и течи через манжету. Основные симптомы неисправной помпы – шум или свист из области помпы, перегрев двигателя, течь антифриза из дренажного отверстия помпы [4].

Засорение радиатора происходит по причине применения некачественного антифриза или воды и засорение его снаружи. Засоренный радиатор проявляется в виде перегрева на трассе (засоренных сотах) и в пробках (при условии, что вентилятор выключен). При засорении радиатора внутри нижний патрубок будет холодным [3–4].

При неработающем вентиляторе охлаждения двигатель будет перегреваться в пробках. Основные причины выходы его из строя заключается в нарушении электрической цепи, выходе из строя датчика температуры.

Воздушная пробка образуется в следствие некачественной замены охлаждающей жидкости или подсосе воздуха в систему охлаждения. Проявляется в скачущей температуре двигателя и холодным радиаторе отопителя. Решается путем прокачки системы [4].

При перегреве двигателя или нарушении его сборки при ремонте может произойти Разрушение прокладки ГБЦ, которая может проявить себя не сразу. Основные симптомы при пробитой прокладки ГБЦ является белый дым из выхлопной трубы, эмульсия в масле и пузырьки в расширительном бачке. При позднем обнаружении неисправности, ремонт двигателя кратно возрастает [3].

Неисправность датчика температуры (ДТ) будет проявляться в виде неправильной работы системы питания и времени срабатывания вентилятора.

Потеря свойств охлаждающей жидкости может стать причиной перегрева двигателя и ускоренной коррозии элементов системы охлаждения.

При повреждении крышки расширительного бачка происходит закипании системы даже при исправном термостате, а также раздуваются патрубки.

Благодаря современным технологиям и большому количеству датчиков, установленных в автомобиле, возможно не только диагностировать текущее состояние системы, но и предсказывать ее износ, предотвращая дорогостоящие ремонты [5].

Так, максимально возможные данные, которые возможно получить, дистанционно через OBDII необходимо передавать на сервер, в котором будут происходить основные вычислительные процессы. Для оценки и прогнозирования системы охлаждения, нейронной сети потребуются следующие данные:

- 1 Температура охлаждающей жидкости (в реальном времени и динамике);
- 2 Частота вращения коленчатого вала (нагрузка на нагрев);
- 3 Скорость автомобиля (обдув радиатора);
- 4 Активация вентилятора;
- 5 Уровень и качество антифриза (данные с датчиков или ручной ввод);
- 6 Текущий поток данных, поступающий в ЭБУ (данные ошибок, активации электронного термостата, электронной помпы);
- 7 История замен компонентов системы охлаждения (пробег, дата и производитель)

8 Текущее состояние погоды (необходимы для правильной оценки нагрева и охлаждения ДВС);

9 Стилль вождения (спокойный, агрессивный, без прогрева).

Для этой системы источники данных могут быть следующими:

1 OBD2-сканер + облачное хранение (например, через Torque Pro);

2 Телематические системы (для новых авто);

3 Ручной ввод данных о ТО.

Также в автомобиль потребуются дополнительные датчики, такие как датчик качества антифриза, дополнительные датчики температуры-дублиеры, интегрированные Омметры для диагностирования электронных помп, вентиляторов и термостатов, датчики давления.

Соответственно, наличие большого количества информации позволит более точно определять текущее состояние системы и прогнозировать износ деталей и механизмов системы.

Простой пример, нейросеть может определять состояние системы:

1 Нормальная работа (температура 105-110°C):

1.1. Система в норме;

2 Перегрев (рост температуры выше 115°C):

2.1. Анализ температуры после термостата и после радиатора;

2.2. Анализ давления в системе;

2.3. Анализ электрической цепи термостата, электрической помпы и вентилятора охлаждения;

2.4. Заключение на основе вышеперечисленного;

2.5. Рекомендации водителю по устранению неисправности.

3 Недогрев:

3.1. Анализ температуры после термостата и после радиатора;

3.2. Анализ давления в системе;

3.3. Анализ электрической цепи термостата, электрической помпы и вентилятора охлаждения.

3.4. Заключение на основе вышеперечисленного;

3.5. Рекомендации водителю по устранению неисправности.

4 Утечка антифриза (падение уровня, частый долив):

4.1. Анализ давления в системе;

4.2. Заключение на основе вышеперечисленного;

4.3. Рекомендации водителю по устранению неисправности.

Основное преимущество внедрение нейросети в диагностику системы охлаждения ДВС является возможность составления прогнозируемого остаточного ресурса.

На основе данных о пробеге, нагрузке и истории отказов можно предсказать:

1 Вероятность выхода из строя помпы (по вибрации, шуму, температуре);

2 Износ термостата (по времени прогрева, колебаниям температуры).

Практическая реализация возможна с помощью систем телематики Geotab и Webfleet, которые анализируют данные с датчиков и предупреждают о рисках,

или сервисах основе AI (IBM Watson, Google AutoML), которые прогнозируют отказы.

Также реализовать данный способ возможно благодаря сбору данных с OBD2, передачи их на сервер; обучение модели (Python + TensorFlow/Keras) и визуализация результатов в виде графиков и предупреждений.

Основные преимущества подхода заключаются в следующем:

1 Раннее обнаружение проблем (до критического перегрева).
2 Прогнозирование замены компонентов (не по пробегу, а по реальному износу).

3 Снижение затрат на ремонт (предотвращение серьезных поломок).

К возможным трудностям данного способа можно отнести:

4 Требуются данные (чем больше история, тем точнее прогноз).

5 Нужны датчики (в старых авто может не быть достаточной телеметрии).

6 Ложные срабатывания (нейросеть нужно дообучать).

Таким образом был проведен анализ основных неисправностей в системе охлаждения ДВС, их диагностика, основные симптомы и причины, неэффективность современных методов диагностирования, поскольку они не могут точно предупредить возможный отказ системы. Был предложен альтернативный способ дистанционного диагностирования в настоящем времени и прогнозирование остаточного ресурса компонентов на основе нейросети. Такой способ может найти активное применение в коммерческом транспорте, так как может предупредить компанию о скором ремонте и предотвратить дорогостоящий ремонт.

Список литературы

1. Иванов А. М. Автомобили: конструкция и рабочие процессы: учебник/ [А.М. Иванов [и др.] ; под ред. В.И. Осипова – Москва : Академия, 2012 – 377 с
2. 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.
3. Салова, Т. Ю. Диагностика автотракторной системы охлаждения на переходных тепловых режимах / Т. Ю. Салова, А. Г. Курмашев, Н. А. Матросов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей : Сборник научных трудов международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 01 января – 31 2003 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2003. – С. 495-500.
4. Салова, Т. Ю. Оценки температурного режима системы охлаждения теплового двигателя / Т. Ю. Салова, П. А. Красножон // Известия Международной академии аграрного образования. – 2024. – № 72. – С. 102-107.
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. Ivanov A. M. Automobiles: design and operating processes: textbook / [A. M. Ivanov [et al.]; edited by V. I. Osipov .- Moscow : Academy, 2012 .- 377 p

2. 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.

3. Salova, T. Yu. Diagnostics of the automotive and tractor cooling system under transient thermal conditions / T. Yu. Salova, A. G. Kurmashev, N. A. Matrosov // Improving the performance of engines, tractors and cars: Collection of scientific papers of the international scientific and technical conference, St. Petersburg, January 01 – 31, 2003. – St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University, 2003. – P. 495-500.

4. Salova, T. Yu. Estimation of the temperature regime of the cooling system of a heat engine / T. Yu. Salova, P. A. Krasnozhan // Bulletin of the International Academy of Agrarian Education. – 2024. – No. 72. – P. 102-107.

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 Radiofizika (PJSC Radiofizika).