

## ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЯ ТЕПЛОВОЗА

В. П. Перевертов<sup>1</sup>, Н. К. Юрков<sup>2</sup>, Н. В. Чертыковцева<sup>3</sup>, В. Н. Новикова<sup>4</sup>, Н. А. Кузин<sup>5</sup>

<sup>1,4</sup> Приволжский государственный университет путей сообщения, Самара, Россия

<sup>2</sup> Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

<sup>3</sup> Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия

<sup>5</sup> Московский автомобильный институт (технический университет), Москва, Россия

<sup>1</sup> vpervertov@yandex.ru, <sup>2</sup> yurkov\_NK@mail.ru, <sup>3</sup> pmish@samsmu.ru,

<sup>4</sup> novikova@samgups.ru, <sup>5</sup> sputnik1985nk3y@mail.ru

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Представлена диагностическая система оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза, составными элементами которой являются: алгоритм диагностирования и подбор аппаратных средств при импортозамещении, структурно-функциональная схема (модель). *Материалы и методы.* Система адаптирована к изменениям температуры наружного воздуха за счет применения методов идентификации тепловых параметров в режимах охлаждения-прогрева силовых установок тепловозов; реализована на основе контроллера-конструктора LDM-SAM7X128. Программное обеспечение написано на языке C++ с частичным использованием языка Assembler. *Результаты и выводы.* Предлагаемый алгоритм и методы диагностирования позволяют повысить надежность силового оборудования в составе ПС скоростной транспортной системы ОАО «РЖД». Диагностическая система, оборудованная интеллектуальным датчиком, автоматизирует этот процесс, считывая его параметры по цифровому каналу с чипа ЭПД. Спецификация TEDS позволяет реализовать автоматическое конфигурирование датчика и упростить его согласование с другой электронной аппаратурой. Вся информация о датчике хранится в TEDS-памяти встроенной микросхемы, отпадает необходимость в создании отдельной базы данных для хранения калибровочной информации.

**Ключевые слова:** тепловоз, дизель, водяная (масляная) система, охлаждение, алгоритм, диагностическая автоматизированная система, датчики, контроллер

**Для цитирования:** Перевертов В. П., Юрков Н. К., Чертыковцева Н. В., Новикова В. Н., Кузин Н. А. Диагностическая система оптимизации режимов охлаждения дизеля тепловоза // Надежность и качество сложных систем. 2025. № 2. С. 99–108. doi: 10.21685/2307-4205-2025-2-11

## DIAGNOSTIC SYSTEM FOR OPTIMIZING THE DIESEL LOCOMOTIVE COOLING MODES

V.P. Perevertov<sup>1</sup>, N.K. Yurkov<sup>2</sup>, N.V. Chertykovtseva<sup>3</sup>, V.N. Novikova<sup>4</sup>, N.A. Kuzin<sup>5</sup>

<sup>1,4</sup> Volga State Transport University, Samara, Russia

<sup>2</sup> Penza State University, Penza, Russia

<sup>3</sup> Samara State Medical University, Samara, Russia

<sup>5</sup> Moscow Road Institute (Technical University), Moscow, Russia

<sup>1</sup> vpervertov@yandex.ru, <sup>2</sup> yurkov\_NK@mail.ru, <sup>3</sup> pmish@samsmu.ru,

<sup>4</sup> novikova@samgups.ru, <sup>5</sup> sputnik1985nk3y@mail.ru

**Abstract.** *Background.* The paper presents a diagnostic system for optimizing the operating modes of the diesel locomotive cooling system, the components of which are: a diagnostic algorithm and hardware selection for import substitution, a structural and functional diagram (model). *Materials and methods.* The system is adapted to changes in outside air temperature by using methods for identifying thermal parameters in the cooling-warming modes of diesel locomotive power plants; it is implemented on the basis of the ldm-sam7x128 controller-designer. The software is written in C++ with partial use of the assembler language. *Results and conclusions.* The proposed algorithm and diagnostic methods make it possible to increase the reliability of power equipment in the substation of the Russian Railways high-speed transport system. A diagnostic system equipped with an intelligent sensor automates this process by reading its parameters via a digital channel from the EPD chip. The TEDS specification allows for automatic configuration of the sensor and simplifies its alignment with other electronic equipment. All information about the sensor is stored in the

TEDS memory of the integrated circuit, eliminating the need to create a separate database for storing calibration information.

**Keywords:** diesel locomotive, diesel, water (oil) system, cooling, algorithm, automated diagnostic system, sensors, controller

**For citation:** Perevertov V.P., Yurkov N.K., Chertykovtseva N.V., Novikova V.N., Kuzin N.A. Diagnostic system for optimizing the diesel locomotive cooling modes. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem = Reliability and quality of complex systems*. 2025;(2):99–108. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-4205-2025-2-11

Работа посвящена вопросу повышения надежности системы охлаждения силового оборудования (дизелей) тепловозов при их эксплуатации в условиях ОАО «РЖД» с учетом контроля параметров и технического состояния машины, составными частями которой являются:

- 1) построение и изучение структурно-функциональных и математических моделей;
- 2) исследование систем диагностики (СД);
- 3) поддержание заданных условий выполнения оборудования;
- 4) предупреждение поломок и своевременная остановка оборудования в аварийных ситуациях;
- 5) прогнозирование развивающихся дефектов, приводящих к отказам с целью уточнения сроков ремонта;
- 6) проверка качества ремонта;
- 7) исключение вредного влияния технологических сред (шум, вибрации и т.д.) на машиниста.

Для обеспечения надежной работы силового оборудования (ДВС, электродвигатели и т.д.) тепловозов и путевых машин (ПМ) диагностика отказов (дефектов, неисправностей) должна осуществляться на всех этапах его срока службы:

- 1) проектирования;
- 2) установки и монтажа;
- 3) эксплуатации;
- 4) на стадии ремонтных работ.

Наиболее важным в железнодорожной отрасли является автоматизация выполнения диагностических работ на стадии **эксплуатации и ремонта**.

Программно-аппаратная система, осуществляющая функции диагностирования технического объекта в автоматическом (автоматизированном) режиме называется системой диагностирования (СД) и состоит:

- 1) из подсистемы аппаратных средств (технологические датчики – контактные и бесконтактные на основе лазерных, ультразвуковых, фотонных селективных, волоконно-оптических методов измерения и т.д.);
- 2) подсистемы программных средств, реализованной на основе контроллера-конструктора LDM-SAM7X128.

Программное обеспечение написано на языке C++ с частичным использованием языка Assembler.

При разработке СД должны выполняться основные требования:

- 1) модульность построения и открытость структуры;
- 2) гибкость связей и оптимальный алгоритм диагностирования (рис. 1);
- 3) рациональность соотношения программных и аппаратных подсистем;
- 4) рациональность обработки поступающей информации на микрокомпьютере и непосредственно на аппаратных средствах обработки измерительной информации (периферии СД);
- 5) быстрая перенастраиваемость и восстанавливаемость в условиях РЖД;
- 6) рациональность сочетания достаточной точности диагностирования с высокой производительностью;
- 7) инвариантность систем контроля и диагностики программно-адаптивного управления;
- 8) эргономичность и визуальный комфорт машиниста-оператора.

Одним из требований информационного обеспечения системы диагностирования ДВС является **матрица отказов и матрица соответствия кодовых слов отказов и измеряемых параметров** модуля, формирующиеся на основе статистики отказов. Разработан алгоритм диагностирования (рис. 1), который можно использовать на уровне диагностики ПС при наличии соответствующих матриц [1–5].

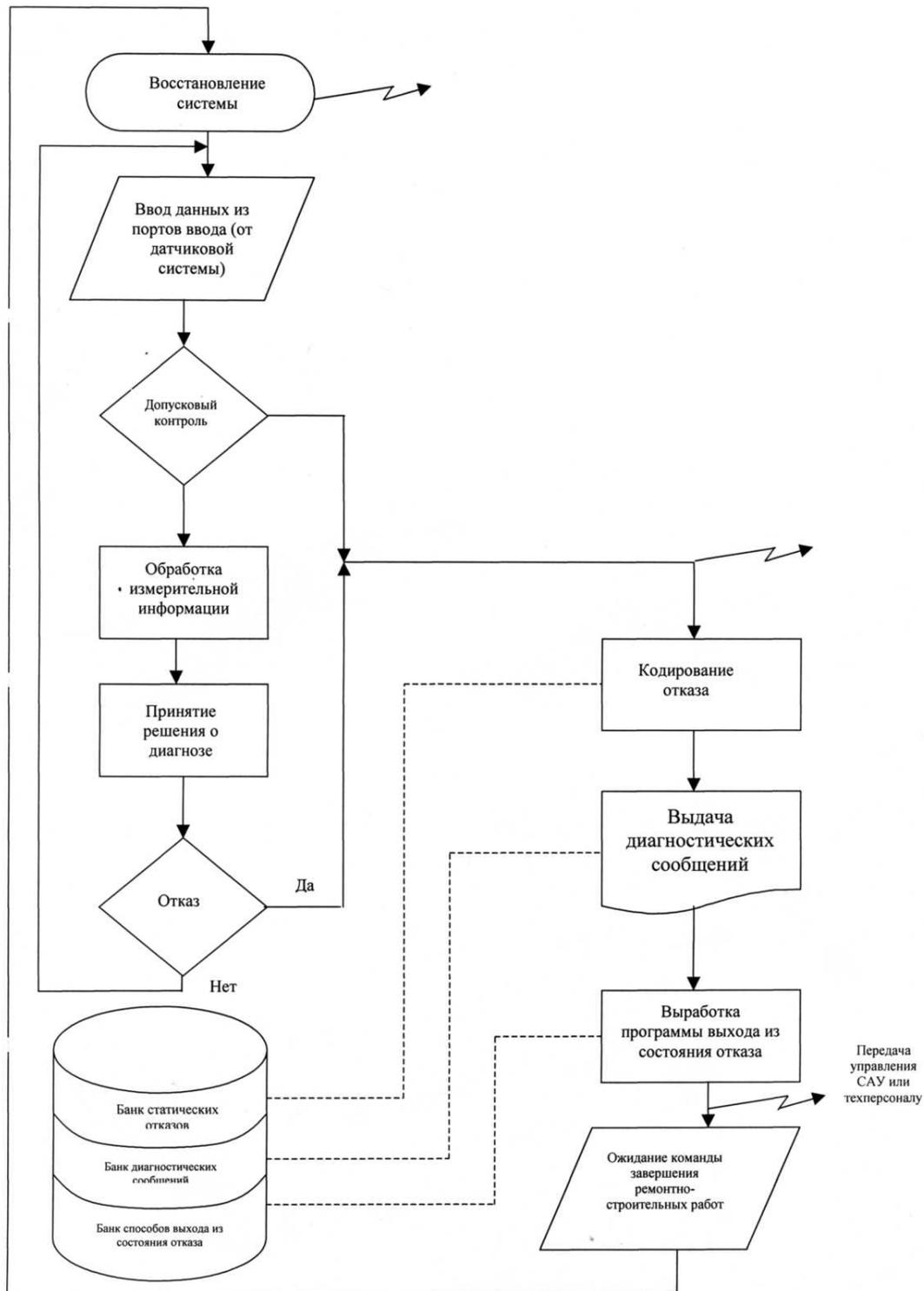


Рис. 1. Алгоритм диагностирования

Для определения технического состояния ПС можно применять преобразования, инвариантные к неинформативным параметрам ПМ и датчики, структуры которых инвариантны к неинформативным параметрам, воздействующим как на сам объект управления, так и на элементы структуры датчиков. При этом повышается точность определения технического состояния ПС (ПМ), а обеспечение высокой надежности возможно при создании СД с развитой математической инфраструктурой на базе ЭВМ [2–5]. Система диагностики (СД) – это технологический процесс определения технического состояния объекта диагностирования с определенной **точностью** с указанием **места, вида и причин отказов** (дефектов), **пути** выхода из состояния отказа с использованием следующих **методов диагностирования**:

1. **Метод временных интервалов** применяется для анализа простоев, определения показателей надежности, контроля режимов работы, расчета кинематических, гидравлических параметров и т.д. и позволяет осуществить первичную локализацию места дефекта (неисправности).

2. **Метод эталонных моделей** основан на сравнении числовых значений параметров (крутящих моментов, давлений, вибраций и т.д.) с их паспортными данными и нормами технических условий.

3. **Метод эталонных зависимостей** основан на сравнении экспериментально полученных функциональных зависимостей параметров проверяемого узла системы с эталонными, найденными расчетным или экспериментальным путем, что позволяет повысить достоверность диагноза.

4. **Метод эталонных осциллограмм** применяется для выявления дефектов оборудования, для которого характерны низкочастотные динамические процессы и создании базы осциллограмм, характеризующих ее дефекты. Высокая информативность, наглядность используется при профилактике, уточнении диагноза.

5. **Метод сопоставления и наложения осциллограмм** основан на анализе одновременно записанных осциллограмм различных параметров или одного и того же параметра и эффективен при профилактических осмотрах.

6. **Корреляционные методы** применяются для обнаружения отклонений в характере зависимости между параметрами (взаимная корреляция) или в изменении параметра во времени.

7. **Спектральные и спектрально корреляционные методы** основаны на выделении и изменении составляющих сложных сигналов от высоко и низкочастотных процессов. Используются при виброакустических методах диагностирования, требуют сложной аппаратуры и математического обеспечения.

8. **Метод определения предельных (аварийных) состояний** основан на обнаружении факта без точного количественного определения выходных параметров технологических систем в недопустимый диапазон: понижение уровня масла в гидросистеме пресса, повышение температуры масла, отключение электроэнергии и т.д.

9. **Тестовые методы диагностирования** – подача стимулирующих сигналов.

Из рассмотренных методов для диагностирования привода ПС (ПМ) могут быть использованы методы 1–5, 9; для диагностирования системы управления – 1, 4, 9; для диагностирования основных механизмов и вспомогательных устройств – все методы. Целесообразно при эксплуатации ПМ проводить диагностирование его элементов с применением различных методов и выделением перспективных их комбинаций для последующего использования. Программное обеспечение создается в процессе разработки систем управления с пакетом диагностических программ. На рис. 1 представлен алгоритм функционирования системы диагностики, составными частями которой является банк статистик отказов, банк диагностических сообщений и банк способов выхода из состояния отказа [2–5].

При создании, модернизации и совершенствовании тепловозных систем охлаждения важно установить влияние конструктивных, эксплуатационных и теплотехнических факторов на протекание процессов теплообмена в режимах свободного охлаждения силовых установок тепловозов и выбрать наиболее оптимальные решения из множества вариантов с применением экспериментальных и математических методов моделирования. Экспериментальные методы дают наиболее достоверные результаты, однако они трудоемки и не дают практически проверить многие варианты.

Для решения этой задачи проведен анализ различных способов и систем охлаждения (нагрева) силового оборудования (ДВС) на основе использования общепринятой математической модели процессов нагрева/охлаждения. Спроектированная СД базируется на математической модели, которая учитывает изменение температуры окружающей среды. При моделировании процессов охлаждения элементов водяной системы тепловозного дизеля водяная система рассматривалась как регулируемый объект системы автоматического регулирования теплового состояния энергоустановки тепловоза [1, 2, 6, 7]. Регулирующей величиной является тепловая мощность, передаваемая водяной системе в результате работы дизеля на холостом ходу, представляющая собой температуру воды в контролируемых элементах водяной системы. Предложенная модель может быть распространена на большинство элементов водяной системы энергоустановки. Вместе с тем синтез водяной системы теплового состояния энергоустановки тепловоза основывается на контроле **температуры** воды в наиболее теплоемком элементе водяной системы.

Система оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза предназначена для **измерения, обработки, отображения и регистрации температуры** теплоносителей в масляной и водяной системах тепловозного дизеля и автоматического регулирования режимами их охлаждения и решает следующие задачи:

1) измерение и отображение в реальном времени температуры воды в водяной системе дизеля (+ 20 ... + 80 °С), масла в масляной системе дизеля (+ 10 ... + 60 °С) с пределом допустимого значения погрешности измерения  $\pm 5\%$ ;

2) выбор оптимального режима охлаждения теплоносителей.

Выполнение задач происходит на основе предложенной СД дизеля, которая имеет двухуровневую архитектуру, и состоит:

1) из уровня датчиков;

2) уровня оператора, который объединяет в себе функции сбора данных и взаимодействие с машинистом.

СД включает в себя блок ввода-вывода информации; блок анализа данных и управления; блок управления исполнительными органами (агрегатами) и датчики температуры.

Алгоритм функционирования системы охлаждения предусматривает четыре основных режима работы:

1. Ввод параметров для оценки технического состояния системы с установкой реального времени, температурных параметров секций ТА и теплоносителей (вода, масло).

2. Режим контроля температуры секций теплового модуля – производится замер температуры теплоносителя на выходе из секций теплового аккумулятора (ТА). Если температура соответствует рекомендованным значениям, то система работает в нормальном состоянии. Если температура превышает заданные, то модуль включается в общую цепь.

3. Режим контроля температуры холодильника – производится замер температуры воды в системе охлаждения и температуры масла в масляной системе дизеля. В зависимости от их значений может быть три варианта забора тепла.

4. Комбинированный режим забора тепла – предварительно осуществляется проверка температуры теплоносителей (вода, масло). Если температуры соответствуют необходимым по техническим требованиям, то прокачка теплоносителей не включена и идет постоянный опрос датчиков температуры воды и температуры масла. Система находится в состоянии ожидания. Если температуры теплоносителей выше допустимых норм, то включается процесс их прокачки через секции 1 и 2 модуля. Если необходимо охлаждение только воды, то включается процесс прокачки воды через секцию 1 модуля. Если необходимо охлаждение только масла, то включается процесс охлаждения теплоносителя через секцию 3 модуля.

Выбор аппаратного обеспечения (технологических датчиков) осуществлялся с учетом следующих критериев:

1) элементы аппаратного обеспечения должны надежно функционировать в диапазоне рабочих температур от  $-40$  до  $+85$  °С;

2) питание – от бортовой сети тепловоза напряжением ( $75 \pm 20$ ) В;

3) потребляемая мощность всей системой – не более 30 Вт;

4) время установления рабочего режима – не более 1 ч;

5) невозможность непосредственного контакта температурных датчиков с измеряемой средой.

С учетом вышеперечисленных требований для реализации устройства контроля и управления системой охлаждения выбран контроллер-конструктор LDM-SAM7X128 фирмы-производителя Ldm-systems (РФ). Для замера температуры выбран бесконтактный термодатчик ES1B компании Omron, отличительной особенностью которого является высокая чувствительность и точность измерения (погрешность измерения 2–4 %) при расстоянии от объекта до 1,5 см.

Блок управления исполнительными органами (агрегатами) реализован в виде девяти модулей гальванической развязки 70G-ODC5A фирмы Grayhill и монтажной панель серии МРВ-16 для их установки.

ЖКИ и клавиатура были заменены на единый элемент – панель оператора АТ71 (ФРГ).

Функциональная схема диагностической системы дизеля тепловоза приведена на рис. 2.

Разработка программного обеспечения для контроллера-конструктора велась с использованием компилятора IAR C для микроконтроллеров фирмы Atmel в среде IAR Embedded Workbench. При написании программного обеспечения использовался модульный принцип построения программ, т.е. каждая задача реализуется в отдельном модуле и подключается при необходимости.

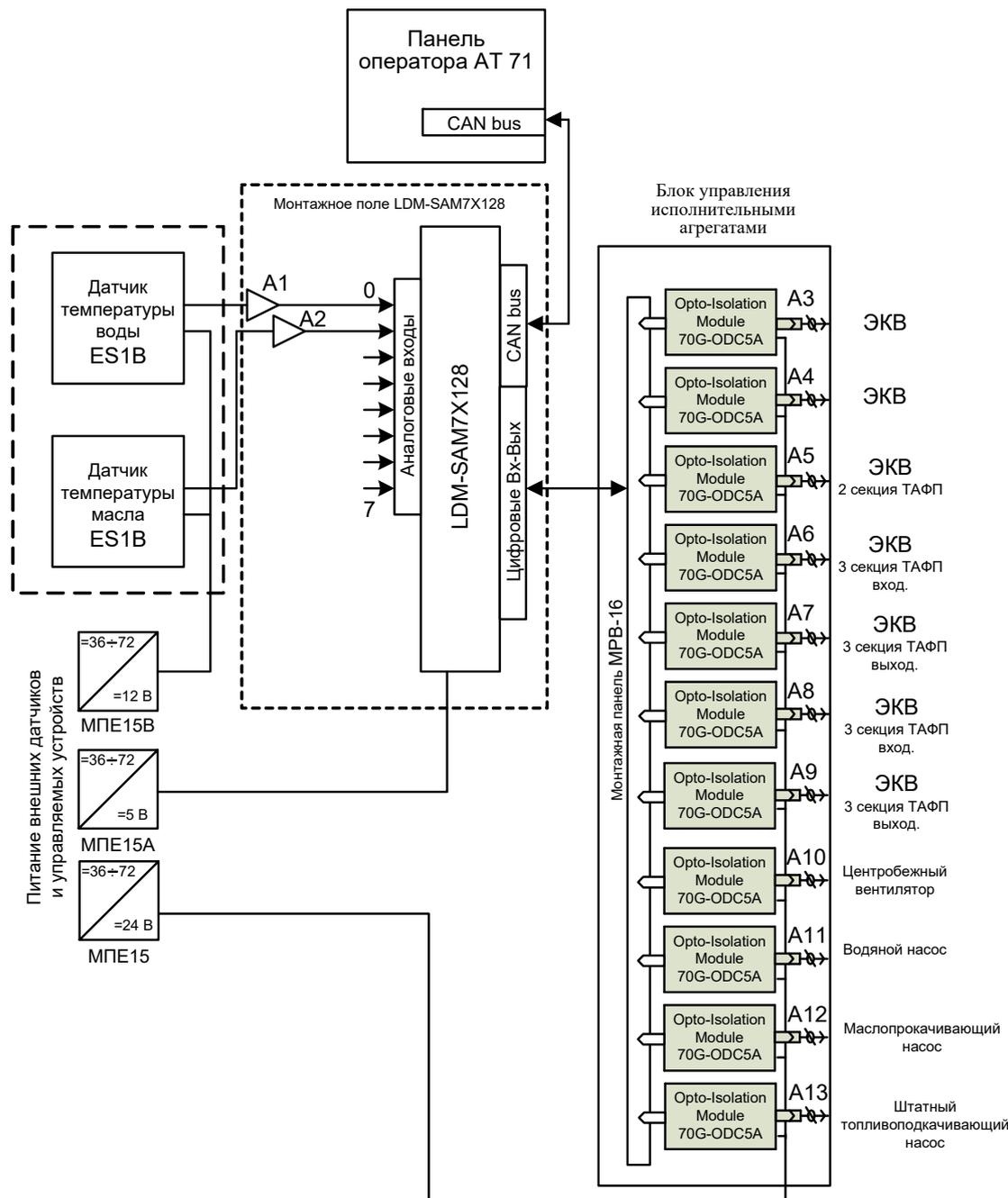


Рис. 2. Функциональная схема АС оптимизации режимов работы системы охлаждения тепловозного дизеля

Программное обеспечение состоит из шести модулей:

- 1) модуль ввода сигналов от датчиков;
- 2) модуль отображения результатов измерений температуры теплоносителей;
- 3) модуль выбора режима прогрева;
- 4) модуль создания управляющего воздействия на блок исполнительных агрегатов;
- 5) составления отчетов;
- 6) модуль сервисной программы.

Контроль показателей качества продукции с помощью современных средств измерения, включая лазерные, инфракрасные, волоконно-оптические датчики и устройства, обеспечит высокое качество, надежность, безопасность работы силового оборудования. Повышение качества за счет импортозамещения датчиков путем внедрения точных, надежных и долговечных приборов железнодорожного транспорта, обеспечение взаимозаменяемости и кооперирования производства невозможны без развития инструментов качества – метрологии, стандартизации, сертификации (МСС) –

и постоянного совершенствования техники измерений. Неопределенности в результате измерения могут быть сгруппированы в две категории в зависимости от способа оценки их численных значений: 1-я категория состоит из **случайных ошибок**, появляющихся из непредсказуемых изменений, которые оказывают влияние на величину; 2-я категория состоит из **систематических ошибок**. Важно знать **точность** и **стабильность** измерительных инструментов, **погрешность** измерения для того, чтобы сделать правильный выбор. Точность измерений – характеристика **качества измерений**, отражающая близость к нулю погрешностей их результатов. Для контроля точных процессов производства и повышения качества машин и других изделий необходимо не только непрерывно повышать точность, производительность и надежность средств измерения, но и правильно применять и систематически проверять средства измерения в процессе эксплуатации. Ошибочные результаты измерения из-за некачественного выполнения собственно измерений столь же часты, как и при применении неточных средств измерения – возникает **необнаруженный брак**, который приводит к браку на последующих этапах процесса производства, к снижению качества изделий, их точности, надежности и долговечности.

Системы контроля, диагностики и телемеханики для ОАО «РЖД» изготавливает ФГУП «Старт»: отечественные датчики давления и блоки питания, предназначенные для работы в системах контроля и управления технологическими процессами и т.д., являются основой в импортозамещении.

Основным техническим базисом для проведения контроля параметров элементов системы технологического оборудования (дизеля) являются информационно-измерительные системы, представляющие совокупность различного типа датчиков и устройств, объединяемых в одно целое – систему контроля на основе единого метрологического, информационного и программного обеспечения и обладающие необходимой для получения достоверных результатов степенью системной совместимости друг с другом.

Сбор информации может осуществляться с помощью устройств контроля, которые подразделяются:

- 1) на датчики непосредственного получения информации, например, концевые выключатели и сигнализаторы предельных значений и т.д.;
- 2) измерительные функциональные преобразователи (ФП) – датчики, например, преобразователи параметров измерений, преобразователи видов сигналов и т.д.

Датчик преобразует измеренную величину в отображаемый сигнал, а преобразователь – отображаемый сигнал в выходной, который в сопрягаемых устройствах единой измерительной системы является одновременно и принятым унифицированным сигналом. Преобразование в требуемый унифицированный сигнал может происходить в несколько ступеней. При этом удлиняется измерительная цепь и увеличивается количество возможных источников помех. Применение инвариантных волоконно-оптических измерительных ФП (датчиков) позволит повысить точность, стабильность измерений. Ввод результатов измерений в систему контроля и диагностики может производиться непрерывно или периодически с постоянной или переменной частотой. Рассмотрим датчики и устройства для систем контроля и диагностики параметров подвижного состава (ПС):

1. **Профилометр тормозных дисков** – использован **бесконтактный способ** регистрации профиля с помощью **лазерного датчика** и сканирующего устройства для: 1.1. Получение информации о параметрах профиля рабочей поверхности тормозных дисков железнодорожного колеса. 1.2. Снятие и анализ полного профиля тормозных дисков. 1.3. Визуализация на дисплее совмещенных графических изображений фактического и нового профилей тормозных дисков колеса. 1.4. Поддержка базы данных износа.

2. **Лазерные триангуляционные датчики**, предназначенные для бесконтактного измерения, контроля и диагностики: 2.1. Положения, размеров, профиля поверхности, деформаций, вибраций и т.д. 2.2. Измерения уровня жидкостей. Серия включает четыре модельных ряда: 1. РФ603 – универсальные датчики с рабочим диапазоном от 2 до 1250 мм; 2. РФ603HS – быстродействующие датчики; 3. РФ600 – датчики с увеличенным базовым расстоянием и большим диапазоном измерений; 4. РФ605 – малогабаритные датчики.

3. **Датчики давления** – предназначенные для контроля физических параметров в зависимости от давления измеряемой среды (жидкости – вода, масло, газ). В датчиках давление измеряемой среды преобразуется в унифицированный пневматический, электрический сигналы или цифровой код. Основными отличиями одних приборов от других являются пределы измерений, динамические и частотные диапазоны, точность регистрации давления, допустимые условия эксплуатации, массогабаритные характеристики, которые зависят от принципа преобразования давления в электрический сигнал:

тензометрический, пьезорезистивный, емкостный, индуктивный, резонансный, пьезоэлектрический и другие [1–5, 8].

4. Датчики и устройства контроля температуры фотонные и селективные, бесконтактные и быстродействующие типа ИРТ [1–5], внедренные на предприятиях машиностроения.

Реализация стандарта IEEE1451/4 в системе ИСО [5] позволит отказаться от традиционной практики учета использования датчиков, а также существенно снизить приходящиеся на один канал удельные затраты, связанные со сбором данных, их проверкой и анализом в многоканальных испытательных системах, применяющихся в промышленных и лабораторных условиях [8].

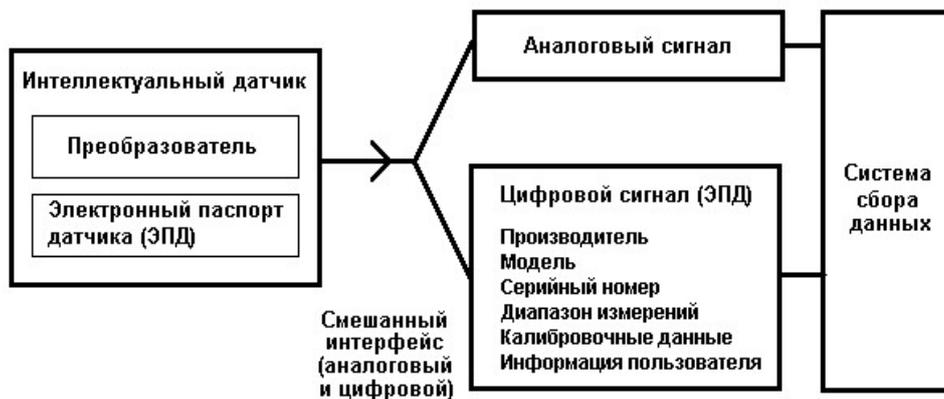


Рис. 3. Смешанный интерфейс интеллектуальных TEDS-датчиков

Стандартом IEEE 1451.4 определен следующий состав содержащейся в спецификации TEDS информации: Постоянная память (ПЗУ): идентификатор, код модели, серийный номер, дата выпуска. Перепрограммируемая память (ППЗУ): калибровочные данные (чувствительность), единицы измерения, эталонная частота, дата калибровки, код местоположения датчика. Реализация системного подхода с TEDS (ЭПД) дает следующие преимущества. Раньше настройка систем сбора данных требовала ручного ввода параметров датчика, таких как схема подключения, диапазон и чувствительность, или предварительного прописывания всех этих данных в программе. Эти данные использовались для математического преобразования исходных показаний датчика в отмасштабированные технические единицы. Система, оборудованная интеллектуальным датчиком, автоматизирует этот процесс, считывая его параметры по цифровому каналу с чипа ЭПД. Спецификация TEDS позволяет реализовать автоматическое конфигурирование датчика и упростить его согласование с другой электронной аппаратурой, так как вся информация о датчике хранится в TEDS-памяти встроенной микросхемы, то отпадает необходимость в создании отдельной базы данных, предназначенной для хранения калибровочной информации.

Текущие калибровочные данные загружаются в TEDS-память (ППЗУ) встроенной микросхемы при калибровке датчика. В процессе развертывания обычной системы с множеством датчиков значительная доля затрачиваемого времени приходится на сопоставление серийных номеров датчиков с номерами соединительных кабелей и на проверку правильности всех соединений. По мере возрастания числа каналов возрастает и число ошибок. Датчики TEDS сами определяют себя в системе, не нужно вручную следить за тем, к какому каналу подключен тот или иной датчик и это похоже на технологию Plug&Play, применяемую в компьютерной технике. Интеллектуальный узел самостоятельно определит факт замены датчика и автоматически отрегулирует все необходимые характеристики (автоматическое конфигурирование). Датчики также могут следить за своим расписанием калибровки. Поскольку электронный паспорт датчика хранит информацию о дате калибровки и сроке ее действия, он может сообщать системе о необходимости повторной калибровки. При проведении калибровки вы можете занести новые данные о калибровке и сроке действия назад в микросхему электронного паспорта датчика.

### Заключение

В ходе разработки диагностической системы оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза были решены задачи:

– при монтаже обеспечена сохранность механической составляющей тепловоза (что является одним из главных требований ОАО «РЖД» при модернизации элементов и систем подвижного состава – ПС);

– применение методов идентификации тепловых параметров в режимах охлаждения силовых установок тепловозов позволило эффективно решить задачу автоматизации охлаждения тепловозов и повысить надежность.

Предлагаемое научное и техническое решение позволит снизить время работы силовых тяговых установок тепловозов, получить экономию топлива в пределах 5–6 % и увеличить ресурс и отказоустойчивость элементов силовой установки.

Предлагаемый алгоритм и методы диагностирования позволяют повысить надежность силового оборудования в составе ПС скоростной транспортной системы ОАО «РЖД».

Диагностическая система, оборудованная интеллектуальным датчиком, автоматизирует этот процесс, считывая его параметры по цифровому каналу с чипа ЭПД. Спецификация TEDS позволяет реализовать автоматическое конфигурирование датчика и упростить его согласование с другой электронной аппаратурой. Вся информация о датчике хранится в TEDS-памяти встроенной микросхемы, отпадает необходимость в создании отдельной базы данных для хранения калибровочной информации.

### Список литературы

1. Перевертов В. П., Бочаров Ю. А., Маркушин М. Е. Управление кузнечными машинами в ГПС : монография. Куйбышев, 1986. 160 с.
2. Перевертов В. П. Качество управления гибкими технологиями : монография. Самара : СамГУПС, 2019. 270 с.
3. Перевертов В. П. Материаловедение и гибкие технологии : учебник. Самара : СамГУПС, 2020. 280 с.
4. Перевертов В. П. Диагностика и управление кузнечными машинами в гибких производственных системах : монография. Самара : СамГУПС, 2021. 291 с.
5. Перевертов В. П. Метрология. Стандартизация. Сертификация : учебник. Самара : СамГУПС, 2024. 280 с.
6. Пат. РФ 69929, МПК F02N17/06. Устройство для поддержания систем двигателей внутреннего сгорания в прогретом и безотказном предпусковом состоянии / Носырев Д. Я., Чертыковцева Н. В., Пирогов В. М. № 2007128727 ; заявл. 25.07.2007 ; опубл. 10.01.2008, Бюл. № 1. 2008.
7. Чертыковцева Н. В., Перевертов В. П., Иванов А. В. Программно-аппаратный комплекс оптимизации режимов работы системы охлаждения дизеля тепловоза // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 1. С. 139–143.
8. Шишов О. В. Программируемые контроллеры в системах промышленной автоматизации : учебник. М. : НИЦ ИНФРА-М, 2023. 365 с.

### References

1. Perevertov V.P., Bocharov Yu.A., Markushin M.E. *Upravlenie kuznechnymi mashinami v GPS: monografiya = Management of forging machines in GPS : monograph*. Kuybyshev, 1986:160. (In Russ.)
2. Perevertov V.P. *Kachestvo upravleniya gibkimi tekhnologiyami: monografiya = Quality of management by flexible technologies : monograph*. Samara: SamGUPS, 2019:270. (In Russ.)
3. Perevertov V.P. *Materiialovedenie i gibkie tekhnologii: uchebnik = Materials science and flexible technologies : textbook*. Samara: SamGUPS, 2020:280. (In Russ.)
4. Perevertov V.P. *Diagnostika i upravlenie kuznechnymi mashinami v gibkikh proizvodstvennykh sistemakh: monografiya = Diagnostics and control of forging machines in flexible production systems : monograph*. Samara: SamGUPS, 2021:291. (In Russ.)
5. Perevertov V.P. *Metrologiya. Standartizatsiya. Sertifikatsiya: uchebnik = Metrology. Standardization. Certification : textbook*. Samara: SamGUPS, 2024:280. (In Russ.)
6. Patent RF 69929, MPK F02N17/06. *Ustroystvo dlya podderzhaniya sistem dvigateley vnutrennego sgoraniya v pro-gretem i bezotkaznom predpuskovom sostoyanii = A device for maintaining internal combustion engine systems in a warmed up and trouble-free pre-start state*. Nasyrev D.Ya., Chertykovtseva N.V., Pirogov V.M. № 2007128727; appl. 25.07.2007; publ. 10.01.2008, Bull. № 1. 2008. (In Russ.)
7. Chertykovtseva N.V., Perevertov V.P., Ivanov A.V. Hardware and software complex for optimizing the operating modes of the diesel locomotive cooling system. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo = Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality*. 2013;1:139–143. (In Russ.)
8. Shishov O.V. *Programmiruemye kontrollery v sistemakh promyshlennoy avtomatizatsii: uchebnik = Programmable controllers in industrial automation systems : textbook*. Moscow: NITs INFRA-M, 2023:365. (In Russ.)

**Информация об авторах / Information about the authors**

**Валерий Петрович Перевертов**

кандидат технических наук, доцент,  
профессор кафедры вагонного хозяйства  
и наземных транспортных комплексов,  
Приволжский государственный  
университет путей сообщения  
(Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2В)  
E-mail: vpervertov@yandex.ru

**Николай Кондратьевич Юрков**

доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ,  
заведующий кафедрой конструирования  
и производства радиоаппаратуры,  
Пензенский государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)  
E-mail: yurkov\_NK@mail.ru

**Наталья Валерьевна Чертыковцева**

доцент, заместитель директора НОЦ «Передовая  
медицинская инженерная школа»,  
Самарский государственный  
медицинский университет  
(Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89)  
E-mail: pmish@samsmu.ru

**Вера Николаевна Новикова**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры наземных транспортно-  
технологических средств,  
Приволжский государственный  
университет путей сообщения  
(Россия, г. Самара, ул. Свободы, 2В)  
E-mail: novikova@samgups.ru

**Николай Андреевич Кузин**

студент,  
Московский автодорожный институт  
(технический университет)  
(Россия, г. Москва, Ленинградский пр-т, 64)  
E-mail: sputnik1985nk3y@mail.ru

**Valeriy P. Perevertov**

Candidate of technical sciences, associate professor,  
professor of the sub-department of carriage industry  
and ground transport complexes,  
Volga State Transport University  
(2V Svobody street, Samara, Russia)

**Nikolay K. Yurkov**

Doctor of technical sciences, professor,  
honoured worker of science  
of the Russian Federation,  
head of the sub-department  
of radio equipment design and production,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Natalia V. Chertykovtseva**

Associate professor, deputy director  
of the Scientific and Educational Center  
"Advanced Medical Engineering School",  
Samara State Medical University  
(89 Chapaevskaya street, Samara, Russia)

**Vera N. Novikova**

Candidate of technical sciences, associate professor,  
associate professor of the sub-department  
of land transport and technological facilities,  
Volga State Transport University  
(2V Svobody street, Samara, Russia)

**Nikolai A. Kuzin**

Student,  
Moscow Road Institute (Technical University)  
(64 Leningradsky avenue, Moscow, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Поступила в редакцию/Received 05.04.2025**

**Поступила после рецензирования/Revised 24.04.2025**

**Принята к публикации/Accepted 04.05.2025**