

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ИМЕНИ М.И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

ЛЯШУК ВИТАЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 629.424.004.58

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ
АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
ТЕПЛОВОЗОВ С ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

(05.22.07 - Подвижной состав железных дорог и тяга поездов)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Днепропетровск, 1988

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском ордена Трудового
Красного Знамени институте инженеров железнодорожного
транспорта им.М.И.Калинина (ДИИТ)

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор – ТИМОФЕЙ ФЕДОРОВИЧ КУЗНЕЦОВ

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ ЛУКОВ

кандидат технических наук,
доцент ИГОРЬ ЛЕОНИДОВИЧ СКУРИХИН

Ведущее предприятие – Лудиновский ордена Трудового
Красного Знамени тепловозостроительный завод

Защита диссертация состоится "30" ЛЮНЯ 1988 года
в 13⁰⁰ часов на заседании специализированного совета
КП14.07.01 в Днепропетровском ордена Трудового Красного
Знамени институте инженеров железнодорожного транспорта
имени М.И.Калинина по адресу: 320700, ГСП, г.Днепропетровск,
ул.Академика В.А.Лазаряна, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан « 25 » мая 1988 года .

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный
печатью, просим направить в адрес специализированного
совета .

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент

Л.В. ПЕТРОВИЧ

НТБ
ДНУЖ

Актуальность темы. На XXVII съезде КПСС и в последующих постановлениях партии и правительства сформулированы задачи, решение которых предусматривает значительное увеличение эффективности работы железнодорожного транспорта за счёт совершенствования системы ремонта и содержания подвижного состава, повышения производительности и надёжности локомотивов.

Для успешного решения этих задач намечено качественное улучшение материальной базы железнодорожного транспорта и внедрения широкого комплекса мероприятий по совершенствованию системы технического обслуживания и ремонта локомотивов. Одним из главных направлений этой работы является создание и внедрение в практику локомотивного хозяйства системы технического диагностирования (СТД) тепловозов.

Разработке систем автоматического контроля и диагностирования тепловозов с гидродинамической передачей мощности (ГДП) уделялось недостаточно внимания. Это в значительной мере объясняется отсутствием испытательных станций, которые позволяли бы проводить достаточно длительные нагружения силовой установки тепловозов на всех режимах работы дизеля. Только с момента разработки и внедрения ДИИТом методики проведения испытаний тепловозов с ГДП это стало возможным.

Одним из основных направлений дальнейшего повышения надёжности тепловозов является разработка и внедрение перспективных методов и средств технического диагностирования, объединённых в единую автоматизированную СТД. Поэтому исследования, направленные на совершенствование средств и методов автоматического контроля и диагностирования тепловозов с ГДП, являются важными и актуальными.

Диссертационная работа является составной частью работ по разработке системы технического диагностирования, которые ведутся совместно с Минтяжмашем, Минэлектротехпромом и Минприбором в соответствии с поручением Президиума СМ СССР от 13.12.80 г. Работы по этой проблеме утверждены постановлением ГКНТ СССР № 301 от 15.07.1982 г. и направлены на повышение надёжности и экономичности тепловозов в соответствии с целевой программой 0.13.06, пункт 7 "Разработать и

S198a

внедрить универсальную автоматизированную систему технической диагностики тепловозов, содержащую встроенное на тепловозе и стационарное устройство”.

Цель работы заключается в разработке и создании информационно-диагностической системы испытаний тепловозов с унифицированной гидродинамической передачей для обеспечения надёжной и экономичной их эксплуатации.

В соответствии с этим решены следующие задачи:

- проведен обзор и анализ существующих автоматизированных средств и систем технического диагностирования;

- разработана методика построения информационно-диагностической системы тепловозов с ГДП, включающая оценку её аффективности с учётом частоты опроса датчиков;

- разработано и изготовлено техническое обеспечение ИДС, включающее устройство согласования тепловозных датчиков, не приспособленных для работы в автоматизированных системах сбора информации;

- разработаны и проверены в эксплуатационных условиях опытные датчики, позволяющие измерять неравномерность вращения коленчатого вала и угол опережения подачи топлива для дизелей типа Д49;

- предложена методика, позволяющая оценить качество протекания рабочего процесса в любом из цилиндров дизеля по неравномерности вращения коленчатого вала;

- разработано программно-математическое обеспечение ИДС для испытаний силовой установки тепловозов с ГДП.

Методы исследования. При решении поставленных задач теоретические исследования проводились с использованием методов технической диагностики; структурного анализа; теории графов; корреляционно-регрессионного анализа; теории распознавания образов.

Экспериментальные исследования по проверке работоспособности ИДС проводились на станции для испытания тепловозов с ГДП в условиях локомотивного депо.

Научная новизна:

- разработана методика повышения аффективности функционирования ИДС, учитывающая структуру её построения и частоту опроса датчиков диагностических параметров;

НТБ
ДНУЖТ

- предложены усовершенствованные алгоритмы и машинные программы, позволяющие использовать микро-ЭВМ в информационно-диагностических системах;

- разработана методика оценки технического состояния кривошипно-шатунного механизма дизеля.

Практическая ценность. Разработанные методы и технические средства дают возможность автоматизировать процесс прямо-сдаточных, послеремонтных и диагностических испытаний тепловозов с ГДП, снизить затраты на техническое обслуживание тепловозов. Разработаны и проверены в эксплуатационных условиях опытные датчики, позволяющие измерять неравномерность вращения коленчатого вала и угол опережения подачи топлива для дизелей типа Д49. Предложена методика определения состояния цилиндро-поршневой группы по неравномерности вращения коленчатого вала дизеля. Проведенные исследования используются заводом-изготовителем при проектировании контролепригодного тепловоза.

Реализация работы. Разработки по созданию информационно-диагностической системы для тепловозов с ГДП применяются:

- Лядиновским тепловозостроительным заводом при разработке нормативно-технической документации на постройку станций для проведения испытаний тепловозов с ГДП и при проектировании контролепригодных тепловозов типа ТМ6А;

- локомотивным депо Днепропетровского металлургического комбината при создании испытательной станции;

- кафедрами "Локомотивы и локомотивное хозяйство" ДИИТа в учебном процессе при проведении лабораторных и практических занятий по дисциплинам "Технология ремонта тепловозов" и "Двигатели внутреннего сгорания, тепловозные дизели и газотурбинные установки" в разделах "Техническая диагностика тепловозов".

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены:

- на заседании "Научно-методической комиссии ГУУЗа МКУ по специальности 1601 "Тепловозы и тепловозное хозяйство" (г.Днепропетровск, 1987 год);

- на заседании технического совета отдела Главного конструктора Лядиновского тепловозостроительного завода

НТБ
ДНУЖТ

(г.Лодиново, 1987 г.);

- на расширенном научном семинаре кафедры "Локомотивы и локомотивное хозяйство" механического факультета ДИИТа (г.Днепропетровск, 1988 г.).

Публикации. Основное содержание работы изложено в шести печатных работах и трёх отчётах по НИР.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и содержит 135 страниц машинописного текста, 48 рисунков, 4 фотографии, 4 таблицы, приложение на 20 стр.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы исследований и кратко излагаются основные положения диссертационной работы.

Первая глава посвящена анализу отечественного и зарубежного опыта в области автоматизации контроля и диагностирования тепловозов, судовых энергетических установок, автомобилей и тракторов. Показано, что развитию средств и методов технического диагностирования в настоящее время придается важное значение. Особое место занимают исследования по разработке автоматизированных систем диагностирования с использованием микропроцессорных устройств. Наиболее разработанными в настоящее время являются системы диагностирования тепловозов с электрической передачей мощности. Вместе с тем, разработке систем автоматизированного контроля тепловозов с ГДП уделялось недостаточно внимания.

Вопросам разработки современных методов и технических средств контроля узлов и агрегатов машин посвящено большое число работ. Теоретические основы разработки систем диагностирования и контроля рассматриваются в трудах Г.Ф.Верзачева, А.В.Мозгалевского, Я.Я.Осиса, Е.С.Павловича, П.П.Пархоменко, Э.Э.Риделя, Е.С.Согомоняна, В.А.Четвергова и других. На железнодорожном транспорте ведущее положение в области разработки автоматизированных систем контроля локомотивов принадлежит ВНИИЭТу, ВНИТИ, ЛИИЖТу, МИИТу, ОмИИТу, ХИИТу и др. под руководством учёных А.И.Володина, А.Д.Глу-

щенко, И.П.Исаева, М.Л.Коротенко, В.Д.Кузьмица, Т.Ф.Кузнецова, Н.М.Лукова, Н.А.Малоземова, Э.А.Пахомова, И.Ф.Пушкарёва, Т.В.Ставрова, В.В.Стрекопытова, Э.Д.Тартаковского, А.А.Чернякова, В.А.Четвергова и других.

Анализ литературных источников показывает, что можно выделить три направления исследований по совершенствованию систем контроля технического состояния тепловозов:

- автоматизация процессов испытаний;
- разработка бортовых диагностических систем;
- разработка стационарных информационно-диагностических систем.

На первом этапе создания систем контроля предпочтение следует отдать стационарным диагностическим системам с использованием средств вычислительной техники, позволяющей производить автоматический опрос датчиков физических величин, сравнивать значения параметров с допустимыми, вычислять различные технико-экономические показатели, выдавать оператору информацию о ходе диагностических испытаний.

В заключении главы, исходя из актуальности задачи совершенствования средств и методов автоматического контроля и диагностирования тепловозов с ГДП, формулируются цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе рассматриваются теоретические вопросы разработки и оценки эффективности ИДС, структурный анализ построения системы, методика определения частоты опроса датчиков диагностических параметров с учётом спектра частот поступающих сигналов.

Основной задачей ИДС является получение и обработка информации о состоянии объекта. Очевидно, что в реальной системе невозможно получить информацию без потерь из-за ограниченной точности и надёжности аппаратуры сбора и обработки информации. Более того, в сложных системах трудно получить полную информацию о состоянии объекта из-за ограниченного количества датчиков. Таким образом, структура построения ИДС может иметь случайный характер и существенно влиять на количество получаемой информации и эффективность системы.

В качестве критерия для оценки эффективности ИДС принята мера целесообразности использования системы для выполнения

НН
ДНУЖТ

заданных функций. Величина эффективности определяется по формуле

$$W(t) = \frac{FW_n(t)}{2\Omega} \left(1 - \frac{\ln G_x \sqrt{2\pi e}}{\ln G_x \sqrt{2\pi e}} \right)$$

где F - частота опроса параметров объекта,
 W_n - показатель надёжности ИДС,
 Ω - максимальная частота спектра изменения параметра,
 G_x, G_ϵ - среднее квадратическое отклонение сигнала и шума.

Из этого выражения следует, что эффективность системы будет наибольшей, если частота опроса параметров $F = 2\Omega$. На величину эффективности ИДС влияет также сложность её структуры. Поэтому при разработке ИДС для тепловозов с гидродинамической передачей возникла необходимость оценки эффективности нескольких вариантов схем измерительной системы, использующей различные типы датчиков физических величин.

Для решения задачи оценки эффективности ИДС её структурная схема представлена в виде графа, в котором в качестве вершин приняты элементы системы, а ветвями являются связи между ними.

Располагая графом системы, оцениваем долю средних потерь информации в ней из-за деформации структуры, вызванной ненадёжностью её элементов, и информативной значимости любого из входов системы. Относительная величина этих потерь с учётом чисто структурных коэффициентов служит мерой качества, т.е. мерой эффективности ИДС по её структуре. Эффективность подобной ИДС определяется по формуле

$$S = \sum_{j=1}^m Z_j R_j f(k_j)$$

где m - число ветвей графа;
 Z_j - информативная значимость входа системы;
 k_j - число каналов информационной связи вход-выход, отсекаемых по причине отказа j -й ветви графа;
 $f(k_j)$ - функция информационного веса j -й ветви графа;
 R_j - ранг j -й ветви графа.

НТБ
ДНУЖТ

Величина Z_j , определяющая информативную значимость системы, равна той части потока информации, которая проходит через этот вход.

На стадии проектирования ИДС из-за отсутствия статистической информации о значимости каждого измеряемого параметра, приоритет в потоках информации от каждого из n датчиков не задаётся, т.е. величина $Z_j = 1/n$

Ранг R_j ветви графа, принятый в качестве структурной меры значимости, представляет собой относительный показатель влияния данной ветви графа в структуре ИДС.

Представление ветви графа в виде информационной связи позволяет переходить от чисто структурных понятий к функциональным исходя из следующего: чем больше ранг, тем больше она влияет на общий поток информации по линии связи вход-выход.

Вычисление величины ранга j -й ветви графа осуществляется через коэффициент пропорциональности числу деревьев графа, входящих в данную ветвь. Число деревьев \mathcal{L}_j , проходящих через данную j -ю ветвь, определяется путём соответствующих преобразований матрицы инцидентий, составленной для графа, отражающего структурную схему исследуемой ИДС. Вычисления производятся по формуле

$$R_j = \left(\sum_i^n b_{ij} \right) / \left(\sum_i^n \sum_j^n b_{ij} \right),$$

где b_{ij} - элементы матрицы.

Проведенные исследования показали, что для повышения эффективности ИДС при её проектировании, необходимо выполнять условие, при котором частота опроса датчика должна быть в два раза больше максимальной частоты спектра измеряемого параметра.

С целью определения максимальной частоты спектра измеряемых параметров были проведены экспериментальные исследования для основных контролируемых процессов на различных режимах работы тепловоза. Изменение значений диагностических параметров при работе механизмов тепловоза происходит с различной скоростью. Этот процесс может быть представлен в виде определённых для каждого параметра спектров гармонических коле-

баний, полученных при работе силовой установки тепловоза на различных позициях контроллера управления.

Спектральное разложение гармонических колебаний производится по программе быстрого преобразования Фурье (БПФ). Алгоритм БПФ является высокоэффективным методом для вычисления дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Вычисления по алгоритму БПФ могут быть выполнены с помощью микро-ЭВМ, тогда как вычисления ДПФ являются весьма трудоёмкими и требуют больших затрат машинного времени. Для ускорения вычислительных операций программа выполнения БПФ составлена в машинных командах микро-ЭВМ "Электроника ДЗ-28".

Основой для программирования алгоритма БПФ с основанием 2 является уравнение

$$a_{\ell}(i) = a_{\ell-1}(i) + a_{\ell-1}(k) V_2^{-N_{\ell}}$$

$$a_{\ell}(k) = a_{\ell-1}(i) - a_{\ell-1}(k) V_2^{-N_{\ell}}$$

где

$$\ell = 1, 2, \dots, m,$$

$$N_{\ell} = 0, 1, \dots, 2^{\ell-1} - 1,$$

$$J_{\ell} = 0, 1, \dots, 2^{m-1} - 1,$$

$$i = N_{\ell} + 2^{\ell} J_{\ell}, \quad k = i + 2^{\ell-1}$$

Спектральное разложение с применением БПФ значительно повышает скорость вычислений. Таким образом, программа обработки входной информации, использующая алгоритм БПФ, в реальном масштабе времени производит вычисление максимальной частоты спектра исследуемого сигнала и определяет частоту опроса датчиков узлов и систем тепловоза.

На основании проведенных исследований спроектирована и изготовлена информационно-диагностическая система, позволяющая при наименьших затратах на аппаратное обеспечение производить приёмо-сдаточные, послеремонтные и диагностические испытания тепловозов с ГДП.

В третьей главе рассматриваются вопросы разработки технического обеспечения ИДС, включающие выбор диагностических

параметров; разработку устройств, позволяющих использовать штатные тепловозные датчики в автоматизированных системах измерения; разработку опытных датчиков, необходимых для проведения испытаний; способы обработки и ввода импульсных и аналоговых сигналов в ИДС.

В связи с тем, что ИДС предназначена, в первую очередь, для оценки качества сборки и ремонта тепловоза, в перечень диагностических параметров включены также, контроль которых предусмотрен нормативно-технической документацией на проведение испытаний, а также параметры, выбранные на основании исследований повреждаемости узлов и агрегатов тепловозов ТТМ4 и ТТМ6 за пятнадцать лет их эксплуатации.

Для контроля диагностических параметров в ИДС используются штатные тепловозные датчики, серийно выпускаемые датчики с нормированным выходным сигналом, установка которых предусмотрена на узлах и системах тепловоза, а также специальные датчики, разработанные в процессе проведения исследований.

Использование датчиков различного типа потребовало разработки специальных устройств преобразования и усиления сигналов с учётом требований к точности их преобразования. При решении задач технического диагностирования по статистическому критерию качества исходные данные часто имеют точность 5-10% и менее. Поэтому целесообразно требовать высокую точность измерения устройств комплекса. Анализ исследований по разработке автоматизированных систем контроля и опыт их эксплуатации показали, что влияние погрешности устройств комплекса будет незначительным, если она на порядок точнее исходных данных. Поэтому погрешность устройства преобразования порядка 1% в диагностическом комплексе достаточна. Исключением является точность измерения частоты вращения валов узлов и агрегатов тепловоза, к которой предъявляются особые требования.

В настоящее время большинство серийно выпускаемых датчиков физических величин, применяемых на подвижном составе, не приспособлены для работы в автоматизированных системах контроля. Поэтому при проектировании ИДС учитывалась возможность применения как нормализованных датчиков, так и датчиков, не согласованных по параметрам и величине выходного сигнала.

В процессе выполнения исследований по разработке методики диагностирования узлов и агрегатов тепловоза и выборе диаг-

ностических параметров разработаны и изготовлены:

- датчик частоты вращения ротора турбокомпрессора;
- датчик положения иглы форсунки дизеля;
- датчик измерения неравномерности частоты вращения коленчатого вала дизеля;
- устройства согласования датчиков с микро-ЭВМ.

Для сокращения затрат средств и времени на установку датчиков и подключение измерительных преобразователей в ИДС предусмотрена возможность использования штатных тепловозных датчиков. Разработанные устройства и схемы их согласования с микро-ЭВМ позволили значительно повысить точность измерения диагностических параметров. Для согласования датчиков с устройством передачи информации в ЭВМ применяются преобразователи, содержащие универсальные усилители-формирователи с переменным коэффициентом усиления, разработанные в ходе проведения исследований и используемые для усиления сигналов от различных типов датчиков, применяющихся в системе.

Обычно при рассмотрении кинематики и динамики кривошипно-шатунного механизма считают, что угловая скорость вращения коленчатого вала постоянна и, следовательно, угол его поворота пропорционален времени. В действительности, из-за неравномерности крутящего момента двигателя угловая скорость вала переменна, но изменяется она в незначительных пределах ($I,3 + I,5\%$ от среднего значения угловой скорости при работе дизеля 3А-6Д49 под нагрузкой на четвёртой позиции контроллера управления).

Для исследования неустановившихся режимов работы дизеля, а также при определении мощностных показателей на этих режимах, измерение частоты вращения коленчатого вала дизеля необходимо производить с высокой степенью точности. Обычно для этого применяются индуктивные датчики импульсов (ИД), установленные против зубьев венечной шестерни. Наряду с простотой и надёжностью этого способа измерения, ему присущ один серьёзный недостаток. В процессе эксплуатации зубья венечной шестерни изнашиваются и деформируются шестерней стартера. Вследствие этого расстояние между ИД и вершинами зубьев изменяется, что приводит к появлению ошибок измерения. В работе

НТ
ДНУЖТ

для определения степени неравномерности вращения коленчатого вала дизеля предложен фотоимпульсный датчик (ФИД), не требующий особо точной установки и обеспечивающий высокую точность измерения. Специальная конструкция датчика позволяет фиксировать внутреннюю мёртвую точку (в.м.т.) одного из цилиндров дизеля. Дополнительным преимуществом оптической системы измерения неравномерности вращения является возможность настройки и проверки правильности установки ФИД при остановленном дизеле, а также при вращении коленчатого вала с помощью валоповоротного механизма.

Оценка степени неравномерности вращения коленчатого вала дизеля осуществляется путём измерения мгновенных значений его угловой скорости. За один оборот производится 230 измерений угловой скорости (по числу зубьев венечной шестерни) дизеля ЗА-6Ц49. Начало измерений синхронизировано с положением поршня во внутренней мёртвой точке одного из цилиндров.

Таким образом, датчик позволяет с высокой степенью точности производить измерения частоты вращения коленчатого вала и неравномерности его вращения на всех режимах работы дизеля.

Одним из важнейших диагностических параметров, характеризующих работоспособность топливной аппаратуры, является угол опережения и продолжительность подачи топлива. Для их определения в ИДС используется специально разработанный датчик положения иглы форсунки. Во время проведения испытанный датчик устанавливается на форсунке. Правильность установки контролируется электронной схемой датчика. В качестве измерителя перемещений иглы форсунки используется индуктивный датчик, содержащий преобразователь с дифференциальными обмотками, кольцевой диодный детектор и генератор прямоугольного напряжения. Датчик обеспечивает высокую чувствительность, точность и стабильность результатов измерения при изменении параметров окружающей среды и питающего напряжения и предназначен для работы в автоматизированных системах технического диагностирования дизелей типа Д49.

Использование в ИДС различных типов датчиков несколько усложняет устройства преобразования и согласования сигналов, вместе с тем такое схемное решение позволяет значительно повысить надёжность системы за счёт дублирования информационных

каналов. Устройство согласования измерительных средств с ЭВМ в разработанной ИДС позволяет применять для обработки получаемой информации различные типы вычислительно-управляющих устройств. Это даёт возможность использовать ИДС не только на заводе - изготовителе тепловозов или локомотиворемонтном заводе, но и в локомотивных депо, не имеющих вычислительных центров и высококвалифицированного обслуживающего персонала по эксплуатации ЭВМ. При этом возможно применять микроЭВМ серии "Электроника". Они имеют значительно меньшую стоимость и не требуют комфортабельных условий эксплуатации, что позволяет оснащать ими небольшие испытательные станции.

В четвёртой главе представлены алгоритм работы ИДС при проведении испытаний, алгоритм контроля поступающей информации, методика определения качества рабочего процесса по данным о неравномерности вращения коленвала дизеля, приведены результаты испытания ИДС в эксплуатационных условиях.

Для получения и обработки диагностической информации о состоянии узлов и агрегатов тепловозов с ГДП разработан алгоритм работы ИДС, позволяющий автоматизировать процесс проведения испытаний. Перед началом испытаний предусмотрена проверка правильности подключения ИДС к тепловозу и состояния источников питания датчиков.

Проверка основных параметров работы силовой установки тепловоза выполняется в два этапа. На первом этапе после прогрева теплоносителей дизеля и гидропередачи производятся измерения диагностических параметров при работе силовой установки без нагрузки на различных позициях контроллера управления. Выполняется программа опроса датчиков, объединённых в группы по функциональному назначению. Такое объединение позволило упростить алгоритм опроса датчиков и процесс обработки полученной информации, которая хранится в памяти ЭВМ и может быть представлена в удобном для оператора виде.

На втором этапе испытаний выполняется проверка основных параметров силовой установки по полной программе на всех позициях контроллера управления с использованием охлаждающего устройства. Контроль за превышением максимально допустимых значений параметров осуществляется в течение проведения всей программы диагностических испытаний.

Проверка достоверности результатов измерения физических величин в ИДС выполняется методом статистической обработки после каждого обращения к датчикам. Контроль поступающей от датчиков информации осуществляется методом моделирования рабочих процессов. Фактически задача состоит в выяснении вопроса, на сколько "правдоподобна" информация, поступающая от объекта.

Выход некоторого параметра за допустимый интервал обусловлен не только неисправным техническим состоянием объекта контроля, но и другими причинами, в частности, неисправностью датчика. Значение каждого диагностического параметра на различных режимах работы тепловоза рассматривается с учётом полной совокупности сообщений, поступающих от всех источников информации, характеризующих состояние его узлов и агрегатов. Такой подход к контролю информации позволил не только своевременно выявлять и корректировать ошибки, но и обеспечить контроль за состоянием аппаратуры ИДС.

Для оценки неравномерности работы цилиндров дизеля и плотности цилиндро-поршневой группы в ИДС предусмотрено измерение мгновенной окружной скорости вращения коленчатого вала дизеля.

В процессе выполнения экспериментальных исследований ИДС в условиях эксплуатации были проведены измерения неравномерности вращения валов нескольких дизелей одного типа, находящихся в исправном состоянии, и получена "эталонная" кривая, описанная тригонометрическим полиномом пятого порядка.

Удовлетворительные результаты по определению влияния каждого из цилиндров на неравномерность вращения коленчатого вала за полный цикл работы дизеля получены методом дифференцирования кривой угловой скорости на секторах, соответствующих области влияния определенного цилиндра. Исходная кривая неравномерности вращения коленчатого вала дизеля подвергается цифровой фильтрации, в процессе которой устраняется "шум" эксперимента. Полученная после фильтрации кривая не пригодна для вычисления производной на анализируемых секторах, т.к. незначительные отклонения, неизбежные при цифровой фильтрации, приводят к погрешностям вычисления производной и, как следствие, к ошибке при оценке состояния цилиндро-поршневой

группы. Аппроксимация полученной кривой тригонометрическим полиномом хотя и позволяет избавиться от погрешностей на этом этапе обработки, но требует значительных затрат рабочего времени. Поэтому в работе аппроксимирование входной информации производится с помощью сплайн-функций, что позволило получить удовлетворительные результаты при минимальном объёме вычислений.

Для определения степени влияния работы каждого цилиндра дизеля на неравномерность вращения коленчатого вала за полный цикл, периодограмма делится на восемь секторов (по числу цилиндров диагностируемого дизеля). После соответствующей математической обработки, заключающейся в дифференцировании кривой неравномерности вращения и сравнении её с продифференцированной "эталонной" кривой на определённом участке секторов определяются номера цилиндров, влияющих на неравномерность вращения коленчатого вала дизеля.

Проверка работоспособности ИДС проведена на испытательной станции локомотивного депо Днепровского металлургического комбината им. Ф. Э. Дзержинского. Результаты испытаний ИДС оформлены соответствующим актом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработанная в диссертации методика расчёта эффективности информационно-диагностической системы, использующая структурный анализ различных вариантов системы, основанный на теории графов, дала возможность выбрать рациональную схему ИДС с учётом функциональной загрузки элементов.

2. Доказано, что эффективность ИДС зависит от частоты опроса датчиков диагностических параметров, которая связана со спектральной плотностью исследуемого сигнала.

3. Разработанные и изготовленные лабораторные образцы устройств преобразования и усиления сигналов позволяют использовать для измерения и регистрации диагностических параметров штатные тепловозные датчики, не имеющие нормализованного выходного сигнала.

4. Разработанные и проверенные в эксплуатационных условиях опытные датчики позволяют измерять неравномерность вращения коленчатого вала дизеля, угол опережения подачи топлива и частоту вращения ротора турбокомпрессора для тепловоза ТТМБА.

5. Установлено, что предложенный алгоритм контроля информации позволяет на основе совокупности сообщений, поступающих в ИДС, контролировать работоспособность датчиков и устройств преобразования информации.

6. Выполненные исследования позволили разработать, изготовить и проверить в эксплуатации средства для оценки состояния силовой установки тепловоза.

7. Разработанное программно-математическое обеспечение функционирования ИДС позволяет производить испытание тепловозов с выдачей результатов в виде паспорта испытаний.

8. В результате совместных с Лидиновским тепловозостроительным заводом испытаний ИДС в эксплуатационных условиях подтверждена практическая возможность применения системы для проведения диагностических и приёмо-сдаточных испытаний тепловозов с гидродинамической передачей. Внедрение ИДС позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на проведение испытаний и обработку результатов, повысить объективность оценки состояния силовой установки тепловоза.

9. Результаты исследований по созданию ИДС с учётом работ, выполненных на кафедре "Локомотивы и локомотивное хозяйство" ДИИТа ранее, способствуют решению задач сформулированных в постановлении ГКНТ СССР по разработке и внедрению системы технического диагностирования тепловозов.

Результаты исследований внедрены:

Лидиновским тепловозостроительным заводом при разработке:

- системы измерения диагностической информации о техническом состоянии узлов и систем тепловозов с ГДП;
- методики измерения и обработке диагностической информации;
- алгоритма функционирования ИДС для тепловозов с ГДП;
- нормативно-технической документации на постройку станции для проведения испытаний тепловозов с ГДП.

Кафедрой "Локомотивы и локомотивное хозяйство" ДИИТа в учебном процессе при проведении лабораторных и практических занятий по дисциплинам "Технология ремонта тепловозов" и "Двигатели внутреннего сгорания, тепловозные дизели и газотурбинные установки" в разделах "Техническая диагностика тепловозов".

5197a

Ожидаемый годово́й экономический эффект от внедрения разра-
ботанной информационно-диагностической системы испытаний тепло-
возов с гидродинамической передачей в условиях эксплуатации
составит:

- по тепловозу типа Т1М6А - 13822 руб;
- по тепловозу типа Т1М4 - 11681 руб.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих
работах:

1. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Ляшук В.М. и др. Контроль
работоспособности откачивающего насоса гидропередачи УП1 750-
1200ПР/ Инф.письмо ЦЕНТИ Минчермета УССР, № 3-86.- Днепропет-
ровск.- 1986.- 4с.

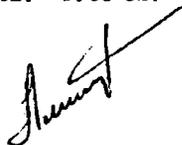
2. Кузнецов Т.Ф., Боднарь Б.Е., Ляшук В.М. Станция для ис-
пытания тепловозов с гидравлической передачей/ Инф.письмо ЦЕНТИ
Минчермета УССР, № 4-86.- Днепропетровск.- 1986.- 4с.

3. Анализ эксплуатационной надёжности унифицированной гид-
равлической передачи УП1 750-1200ПР/ Б.Е.Боднарь, Л.В.Колодий,
Т.Ф.Кузнецов, В.М.Ляшук/ Днепропетр.ин-т инж.ж.д. трансп.- Днеп-
ропетровск, 1986.- 7с. Деп.в ЦНИИТЭИ МПС 25.09.86, № 3475.

4. Оценка эксплуатационной надёжности дизелей тепловозов
Т1М4 и Т1М6А / Б.Е.Боднарь, М.И.Калица, Т.Ф.Кузнецов, В.М.Ляшук/
Днепропетр.ин-т инж. ж.д. трансп.- Днепропетровск, 1986.- 5с.-
Деп. в ЦНИИТЭИ МПС 31.12.86, № 3581.

5. Исследование движения валов гидропередачи при свободном
вращении / Б.Е.Боднарь, М.И.Калица, Т.Ф.Кузнецов, В.М.Ляшук//
Междуз.об.научн.тр./ Днепропетр.ин-т инж. ж.д. трансп.-1987:
Пути повышения надёжности и экономичности тепловозов.- С.56-61.

6. Ляшук В.М. Информационно-диагностическая система испыта-
ний тепловозов с гидропередачей на базе микро-ЭВМ// Междуз. об.
науч.тр./ Днепропетр. ин-т инж. ж.д. трансп.- 1987: Пути повыше-
ний надёжности и экономичности тепловозов.- С.44-52.



НТБ
ДНУЖТ

Ляпук Виталий Михайлович

" Совершенствование средств и методов автоматического контроля и диагностирования тепловозов с гидродинамической передачей "

05.22.07 - подвижной состав железных дорог и тяга поездов

Подписано к печати 12.05.88 БТ 70063

Формат 60 x 84/16. Бумага для множительных аппаратов.
Ротапринт. Усл. печ. л. 1,1. Уч.- изд. л. 1. Тираж 100 экз.
Заказ 790. Бесплатно.

Участок оперативной полиграфии ДИИТа

320700, ГСП, Днепропетровск, 10, ул.Акад.В.А.Лазаряна,2

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ