

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ВОСТОЧНО-УКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

на правах рукописи

ТИЩЕНКО Николай Яковлевич

УДК 629.424.1.004.15

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОТЕПЛОВЗОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ
ИСПЫТАНИЙ

Специальность 05.22.07 -
Подвижной состав железных дорог и тяга поездов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Луганск - 1994

Робота виконана в Дарьковській державній академії залізничного транспорту

Научні керівники: Академік Транспортної Академії України, кандидат технічних наук, професор
Залкін Сергій Григорьевич

Академік Транспортної Академії України, доктор технічних наук, професор
Тартаковський Едуард Давидович

Офіційні опоненти: Доктор технічних наук, професор
Коссов Євгеній Євгеньевич

Кандидат технічних наук, доцент
Горбунов Михайло Іванович

Ведущая організація: Производственное объединение "Луганск-тепловоз"

Защита диссертации состоится "6" апреля 1994 г. в 16⁰⁰ на заседании специализированного совета Д 18.02.01 при Восточно-украинском Государственном университете по адресу: 348034, г. Луганск кв. Молодежный 20^а (ВГУ) ауд. библиотека

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан "3" марта 1994 г.

Отзыв на автореферат, заверенный печатью, просим направить по адресу совета университета.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент


С.А. Уданов

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00801468 (R)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Важной задачей при создании нового тягового подвижного состава (ТПС) для железных дорог Украины является повышение эффективности использования тягово-энергетических установок и другого оборудования. Одним из направлений в повышении качества ТПС и его эффективности, в частности тепловозов, является применение альтернативных топлив. По "Дунакстепловоз" спроектированы и изготовлены на базе серийных тепловозов 2ТЭ10Л и 2ТЭ116 опытные образцы магистральных газотепловозов, работающих на сжиженном природном газе, и совместно с ПОЗМ, ВНИЖТом, ВНИТИ, РИЖТом и другими организациями были проведены предварительные заводские и доводочные испытания. Начаты испытания, связанные с экспериментальной и расчетной проверкой нештатных ситуаций, влияющих на уровень пожаро и взрывобезопасности в эксплуатации. Для определения конструктивных решений и условий эффективной эксплуатации была создана межведомственная комиссия и разработан комплексный план испытаний.

Вместе с тем, проведенный нами анализ опыта эксплуатации тепловозов типа ТЭ10 показал, что комплексом испытаний не была предусмотрена оценка ряда факторов в возможных ситуациях, связанных с перегревом деталей, помпажем турбокомпрессоров, отказами в электрических и пневматических цепях управления, определении возможности технического обслуживания газотепловозов и оценки эффективности в рядовых условиях эксплуатации. Поэтому возникла необходимость исследования неучтенных факторов и разработки методики оценки эксплуатационной эффективности.

Цель работы заключается в создании обобщенной методики оценки эксплуатационной эффективности магистральных газотепловозов по результатам заводских, специальных и пробеговых испытаний.

Методы исследования. Определение температур наиболее нагреваемых деталей газотепловозов проводилось с использованием средств бесконтактной дистанционной пирометрии и оценкой погрешностей измерения при работе тепловозов на дизельном и га-

зовом топливе. Оценка реализаций температур проводилась методами математической статистики. Моделирование пропускной способности участков технического обслуживания выполнялось на базе теории массового обслуживания. Определение эксплуатационного расхода топлива проводилось путем дискретного моделирования на ПЭВМ по результатам опытных поездок газотепловозов.

Научная новизна заключается в разработке и научном обосновании обобщенной методики оценки эксплуатационной эффективности газотепловозов, предусматривающей:

- анализ результатов стендовых, реостатных и теплотехнических испытаний энергетической установки газотепловоза на дизельном и газовом топливе;

- обоснование дополнительных экспериментальных проверок и имитации нештатных ситуаций, связанных с возможностью перегрева деталей, помпажа турбокомпрессоров, отказов в электрических и пневматических цепях управления и др., влияющих на уровень пожаро и взрывобезопасности;

- разработку методики и исследования пропускной способности базового локомотивного депо как системы массового обслуживания с определением резервов производственной площади для организации технического обслуживания газотепловозов;

- разработку методики, алгоритма и программы расчета удельного расхода дизельного и газового топлива по данным реальных эксплуатационных режимов с моделированием на ПЭВМ;

- разработку методики оценки расхода топлива на измеритель работы и безакирировочного пробега газотепловоза по разным участкам эксплуатации с разными весами поездов;

- разработку методики расчета экологической эффективности газотепловозов по результатам эксплуатационных испытаний.

Практическое значение и внедрение. Материалы диссертации являются частью научно-исследовательских работ Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта в рамках специально образованной комиссии по оценке возможности проведения эксплуатационных испытаний опытных образцов газотепловозов. Результаты исследований внедрены при подготовке и организации эксплуатационных испытаний на полигоне ПО ЛТЗ и в базовом локомотивном депо Кондрашевская-Новая Донецкой ж.д.

Апробация работы. Основные результаты исследования доложены на научно-технических конференциях Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта и семинарах кафедры "Эксплуатация и ремонт подвижного состава" ХГАЖТа в 1991 - 1993 г.г., на заседаниях межведомственной комиссии по испытаниям газотепловозов в 1991 г., 1992 г., на заседании кафедры "Локомотивостроение" Восточноукраинского Государственного университета в 1993 г.

Публикации. По теме исследования опубликовано 2 статьи, 2 отчета по НИР, выполненных с участием автора, 3 опубликованных тезисов докладов на научно-технических конференциях.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из 5 разделов, содержит 164 страниц машинописного текста, 35 рисунков и 25 таблиц, перечень литературных источников 88 наименований, из них 4 зарубежных, приложения 6.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность тем диссертации, сформулированы задачи исследования.

Первая глава посвящена обзору и анализу литературных источников по исследованию эффективности магистральных тепловозов в странах СНГ и за рубежом. Рассмотрены объемы работ по подготовке и организации комплекса испытаний газотепловозов, проанализирован опыт ВНИИЖТа и ЛТЗ, железной дороги Берлингтон НОРЗЕН США. За основу исследований взяты тепловозы 2ТЭ10Г, оснащенные газовыми двигателями на базе серийного тепловозного дизель-генератора 10Д100 в вариантах газового двигателя 10ГД100А (с форкамерно-факельным зажиганием) и газодизелем 10ГД100Б (с запальной порцией дизельного топлива). Анализ данных отечественного и зарубежного опыта по переводу дизельных двигателей на газовое топливо свидетельствует о технической возможности достижения на газодизельных и газовых модификациях номинальной мощности, равной мощности базового прототипа. Удельные расходы теплоты при этом оказываются выше, чем у дизельных прототипов на 7-20% в диапазоне нагрузок от 60 до 100% номинальной мощности. Имеются затруднения с регулировкой дви-

гателей при переходе с газодизельного процесса на дизельный. Специальные требования по пожаро и взрывобезопасности предъявляются к электрооборудованию и газовой аппаратуре опытных образцов газотепловозов.

Дополнительные требования предъявляются и к локомотивным депо, их оборудованию и оснащению по организации эксплуатационных испытаний и технического обслуживания магистральных газотепловозов. Это, в свою очередь, вызывает необходимость научного обоснования методики расчета пропускной способности участков и пех в технического обслуживания.

В научно-исследовательских организациях, железнодорожных ВУЗах и на ряде предприятий выполнен ряд исследований по оценке эффективности тепловозов по результатам различных испытаний. Значительный вклад в этом направлении вносят работы Володина А.И., Голубенко А.Л., Жалкина С.Г., Зайончковского В.Н., Карминского В.Д., Камникова В.Н., Коняева А.Н., Коссова В.Е., Кузьмича В.Д., Кузнецова Т.Ф., Кудряша А.П., Куликова Ю.А., Павловича Е.С., Стрекопытова В.В., Тартаковского Э.Д., Хомица А.З., Четвергова В.А. и многих других ученых. Вместе с тем, еще не сложился единый научный подход к обобщенной оценке эксплуатационной эффективности тепловозов, особенно работающих на сжиженном природном газе. В данной работе сделана и реализована попытка создать обобщенную методику определения эффективности газотепловозов по результатам стендовых, специальных и эксплуатационных испытаний. В соответствии с этим сформулированы цели и задачи диссертационной работы.

Во второй главе проводится анализ основных факторов, влияющих на топливную экономичность тепловоза, делается вывод о целесообразности проведения энергетических и эксплуатационных испытаний газотепловоза в летнее время года. Проведен анализ предварительных энергетических испытаний газотепловоза, выполненных ВНИИЖТом, ПО ЛТЗ, ПОЗМ, РИИЖТом и др. организациями на реостатной установке специального полигона ПО ЛТЗ, расположенного вблизи ст. Кондрашевская-Новая Донецкой ж.д. По результатам обработки данных измерений построены эффективные характеристики газодизель-генератора при работе в газодизельном режиме. Анализ этих характеристик показал необходимость перерегу-

лировки электрической схемы тепловоза и дополнительных настроек агрегатов дизель-генератора для обеспечения мощности энергетической установки, соответствующей техническим условиям. Была оценена также потеря мощности при установке на выпускной тракт искрогасительного устройства. Величина запальной порции дизельного топлива при этих испытаниях на наибольшей мощности составляла порядка 30% вместо 15% по требованиям ТУ. Вместе с тем, значения температур выпускных газов, максимального давления сгорания топлива, характер рабочего процесса в цилиндрах двигателя свидетельствовал о возможности повышения мощности и топливной экономичности газодизель-генератора. С целью подготовки газодизельного тепловоза 2ТЭ10Г № 001 к поездным испытаниям на одной из секций с газодизель-генератором 10ГД100Б на реостатной станции были проведены работы по настройке тепловозной характеристики с учетом увеличения полной мощности двигателя до 3000 л.с. При этом было отмечено увеличение тепловыделений в воду и масло по сравнению с ТУ, отмечался кратковременный помпаж турбокомпрессоров при переходе на 15 позицию контроллера по тепловозной характеристике, имелись нарушения в селективной и внешней тепловозных характеристиках.

Проведенный анализ стендовых, реостатных и теплотехнических испытаний показал необходимость дополнительного исследования нештатных ситуаций, связанных с возможностью возникновения помпажа турбокомпрессоров, перегрева наиболее нагреваемых деталей, отказами в электрических и пневматических цепях управления и нагрузки.

Третья глава посвящена оценке аварийных ситуаций, связанных с техническим состоянием газодизелей и электрических цепей управления тепловоза. В целях обеспечения пожаро и взрывобезопасности был проведен анализ эксплуатационной надежности тепловозов типа ТЭ10, который подтвердил необходимость анализа возможности возникновения помпажа турбокомпрессоров и отказов в электрических цепях управления тепловоза.

При этом проведен анализ устойчивости работы агрегатов наддува тепловозов и газотепловозов, который показал необходимость обеспечения от границы помпажа по расходу воздуха порядка 12-15%; необходимость поддержания соответствующего перепада

между давлениями наддува и давлением перед турбиной, обеспечивающей необходимую продувку цилиндров. Показано, что при согласовании характеристик двигателя и турбокомпрессора необходимо, чтобы характеристики рабочих режимов турбокомпрессоров совпадали с гидравлической характеристикой двигателя.

Рассмотрено влияние сопротивления на всасывании, температуры наддувочного воздуха и выпускных газов перед турбиной при равных площадях сопловых аппаратов турбин, как наиболее типичный случай для согласованной работы турбокомпрессоров. Проведен анализ влияния разницы в площадях сопловых аппаратов турбин, влияния изменения зазора между колесом компрессора и вставкой, влияния на показатели работы дизеля турбокомпрессоров с различным состоянием лопаток газового колеса после ремонта. Кроме указанных факторов выполнена оценка влияния на показатели работы дизеля типа турбокомпрессора, влияния сопротивления газовыхлопного тракта, а также влияния различного увеличения сопротивления воздухозаборных трактов турбокомпрессоров. На основании указанного анализа предложен комплекс мероприятий по предупреждению при испытаниях, включая эксплуатационные, возникновения случаев помпажа турбокомпрессоров. В этот комплекс включены организационные мероприятия, показана необходимость контроля и технической диагностики при испытаниях.

Для определения температуры наиболее нагреваемых деталей разработана методика дистанционного бесконтактного измерения температур. Наиболее нагреваемыми деталями, выбраны лопки выхлопного ресивера /1/, дренажные трубы /2/, компенсаторы турбокомпрессоров /3/, гидравлическая муфта /4/, силовые контакты контакторов, обмотки якорей тяговых электрических машин.

В качестве измерительного прибора использован переносной инфракрасный пирометр частичного излучения типа "Смотрич" с разными диапазонами измеряемых температур.

Суть методики заключалась в следующем:

первоначально, с учетом температуры окружающей среды, производилась компенсация фонового излучения. Затем после выбора значения коэффициента излучательной способности ϵ , соответствующая типу данного измеряемого материала, пирометр переключался в режим измерения температуры объекта изображение

которого должно находиться в центральной части поле зрения и заполнять не менее 2/3 площади выходного зрачка. После появления на цифровом табло текущих значений температуры объекта производилось запоминание мгновенного значения температуры. Испытания проводились при работе тепловоза как на дизельном, так и на газовом топливе. Расчет погрешностей производился по следующей зависимости для линзовых пирометров частичного излучения

$$\Delta n = 0,25(1 - \varepsilon) \cdot (t + 300),$$

где: ε - коэффициент излучательной способности;
 t - температура измеряемого объекта.

Анализ этих измерений показал, что среднее значение температур при работе на газовом топливе t_r незначительно отличается от величины температур при работе на дизельном топливе t_d .

Отношение этих температур t_r/t_d для выбранных узлов составило: для (1) - 1,09; для (2) - 1,2; для (3) - 1,03; для (4) - 1,0 соответственно.

Проведена статистическая обработка данных измерений средних температур выпускных газов по цилиндрам при работе на газовом и дизельном топливе. Сравнение эмпирических зависимостей с теоретическим проводилось по критерию χ^2 -Пирсона.

Полученные значения аппроксимированы в зоне допуска для нормальных распределений, за пределами допуска - уравнениями прямой.

Значения распределения плотности вероятностей получены следующие

$$f(t_d) = \frac{1}{45,6} \exp\left[-\frac{(t_d - 391)^2}{670}\right];$$

$$f(t_r) = \frac{1}{51,2} \exp\left[-\frac{(t_r - 402)^2}{848}\right];$$

$$f'(t_d) = 1,18 - 0,0024t'_{\text{вып.}}$$

$$f'(t_r) = 1,23 - 0,0028t_{\text{выт}}$$

где: $f(t_a, t_r)$ - значения температур выпускных газов в пределах допуска;

$f'(t_a, t_r)$ - значения температур за пределами допуска.

Оценка аварийных ситуаций при потере питания в электрических цепях управления проводилась экспериментально с параллельной имитацией в пневматических цепях управления.

В объем испытаний входило:

- отключение АБ при работающем газодизель-генераторе на СПГ;
- отключение вспомогательного генератора А706Б при работающем газотепловозе на СПГ;
- поочередное отключение инверторов ИП2 и ИП10, что равноценно отключению генератора ГП-405А;
- утечка воздуха из системы высокого давления и невозможность поддержания рабочего давления в системе управления 3,7...5,0 МПа (37...50 кг/см²);
- отказ блока управления газификатора (БУГ);
- отказ одного из трех КРМ (контактное реле манометрическое);
- отказ тиристорного регулятора напряжения (РНТ-6);
- отказ АПГ5-50 (автоматический преобразователь тиристорный).

Кроме того на реостатных испытаниях оценивалось влияние на основные параметры селективной и внешней характеристики эксплуатационных отказов, связанных с нарушениями сопротивления регулировочной обмотки, балластного сопротивления трансформатора напряжения, сопротивления управляющей обмотки, обрывами в цепях реле РУ-8 и РУ-10.

По результатам имитационных испытаний были разработаны рекомендации для локомотивных бригад при проведении эксплуатационных испытаний по предупреждению аварийных ситуаций, связанных с отказами в электрических и пневматических цепях управления. На основании проведенных исследований нештатных аварийных ситуаций был разработан перечень дополнительного оборудо-

дования по оснащению стоек реостатных испытаний для магистральных газотепловозов 2ТЭ10Г.

Четвертая глава содержит материал по определению пропускной способности участков технического обслуживания базового локомотивного депо Кондрашевская-Новая Донецкой ж.д., для организации эксплуатационных испытаний и технического обслуживания с учетом возможности постановки газотепловоза на неплановый ремонт. С этой целью проведен анализ существующих методов и моделей определения пропускной способности участков и цехов ТО локомотивов.

Разработана оригинальная методика оценки пропускной способности участков ТО как системы массового обслуживания. Исследованы фактические потоки поступления на ТО локомотивов и потоки восстановления для реальных условий депо Кондрашевская-Новая.

Проведена оценка и обоснование обслуживания газотепловоза специализированным и неспециализированным ремонтным персоналом. С учетом возможности возникновения аварийных ситуаций (неплановый ремонт) предложено количество ремонтных стоек для участков ТО определять как для системы массового обслуживания. В основу этого положена зависимость, предложенная профессором Тартаковским Э.Д. для поточных линий диагностирования:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot K_{\lambda}}{K_{\lambda}}$$

Тогда, для нашего случая получим:

$$K = \frac{N_r \cdot m \cdot \ell \cdot K_{\lambda}}{T_r \cdot K_{\lambda} \cdot (\rho_1 + \rho_2)},$$

где: K - число стоек на участке или в цехе;

N_r, T_r - программа и фонд работы цеха;

ℓ - заданный ритм работы цеха;

m - количество секций тепловоза или газотепловоза;

K_{λ}, K_{λ} - коэффициенты неравномерности поступления и обслуживания тепловозов;

ρ_1, ρ_2 - относительная интенсивность (загрузка) стоек (каналов) простыми и срочными требованиями (плановыми ТО и неплановыми ремонтами).

Для конкретного депо величины N_r , T_r и C , как правило, являются постоянными достаточно длительное время, что можно определить коэффициентом

$$C = \frac{N_r \cdot C}{T_r}$$

Тогда после подстановки,

$$K = \frac{C \cdot m \cdot K_M}{(\rho_1 + \rho_2) \cdot K_A}$$

Здесь K_M , K_A - характеризует резерв пропускной способности и количественную оценку потоков.

Проведены расчеты для возможных значений K_A и K_M в диапазоне реальных дисперсий входящего и выходного потоков. Получены значения плотности распределения интервалов поступления и интервалов обслуживания. Распределение значения плотности времени ожидания постановки на ТО-2 определены зависимостями

$$f_1(t_1) = 0,74 \exp(-0,74 t_1); \quad f_2(t_2) = 0,93 \exp(-0,93 t_2);$$

$$f_3(t_3) = 0,95 \exp(-0,95 t_3); \quad f_4(t_4) = 1,15 \exp(-1,15 t_4),$$

где: f_1 , f_2 , f_3 , f_4 - распределение значения плотности времени ожидания при обработке данных месячной программы; при обработке данных постклевания на ТО-2 в часы "ПМК" (с 11⁰⁰ до 17⁰⁰); при обработке данных поступления на ТО-2 с 2⁰⁰ до 6⁰⁰; при обработке данных поступления на ТО-2 в течение дня, - соответственно.

Проверка гипотезы об экспоненциальном законе распределения проводилась по критерию χ^2 -Пирсона. Было показано, что для условий депо Кондрашевская-Новая поток тепловозов, поступающих на ТО-2 и ТО-3 - простейший, обладающий свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последействия. Этот вывод позволил использовать аналитические зависимости классической теории массового обслуживания (ТМО) для определения основных характеристик этого депо как системы массового обслужива-

ния. Оценка резервов производственной площади для организации ТО газотепловозов проводилась по расчету среднего времени ожидания по формуле Литтла

$$W_{оч} = \frac{1}{\lambda} \cdot L_{оч},$$

а среднее число заявок в очереди

$$L_{оч} = \frac{\rho^{n+1} \cdot \rho_0}{n \cdot n! \cdot (1 - \rho/n)^2}.$$

Средняя длина очереди необслуженных локомотивов рассчитывалась как

$$L_{оч} = \frac{\rho^2}{1 - \rho},$$

тогда

$$W_{оч} = \frac{\rho^2}{\lambda \cdot (1 - \rho)},$$

где ρ - относительная загрузка при наличии вероятностей.

Проведенные расчеты показали, что имеющиеся в наличии производственные площади обеспечивают достаточный резерв (20 и более процентов) для организации технического обслуживания и выполнения при необходимости непланового ремонта газотепловоза. Кроме этого, определялась для работы участка ТО-2 депо Кондрашевская-Новая, оптимальная загрузка стоил при возможности эксплуатационных испытаний опытного образца газотепловоза. Критерием оптимальности были приняты суммарные издержки от неполного использования стоил ТО-2 и простоя тепловозов в ожидании обслуживания.

Выполненные исследования по оценке аварийных ситуаций и резервов пропускной способности подтвердили возможность организации предварительных эксплуатационных испытаний опытного образца магистрального газотепловоза в условиях локомотивного депо Кондрашевская-Новая Донецкой ж.д.

Пятая глава посвящена оценке эффективности работы газотепловоза по результатам предварительных эксплуатационных испытаний. В качестве основного, для сравнения, был принят учас-

ток Кондрашевская-Новая - Старобельск, где обычно проходят поверочные испытания тепловозы постройки ПО "Дугансктепловоз". Оценка эффективности предусматривала определение:

- среднеэксплуатационного удельного эффективного расхода дизельного и газового топлива;
- удельного расхода топлива на измеритель работы;
- безакипировочного пробега тепловоза на дизельном и газовом топливе;
- экологических показателей работы тепловоза на разных видах топлива.

В основу методики определения среднеэксплуатационного удельного эффективного расхода топлива положена зависимость, предложенная профессором Хомичем А.В.:

$$g_{ср.з.} = \frac{K_n \sum_{i=1}^n N_{ei} \cdot g_{ei} \cdot \tau_i}{\sum_{i=1}^n N_{ei} \cdot \tau_i}, \text{ кг/кВт}\cdot\text{ч},$$

где: N_{ei} - эффективная мощность дизеля на i -й позиции контроллера (ПКМ);

g_{ei} - удельный эффективный расход топлива;

τ_i - продолжительность работы дизеля на i -й ПКМ;

K_n - коэффициент увеличения удельного расхода топлива на переходных режимах ($K_n = 1,04 - 1,05$).

Методикой предполагается наличие для конкретной энергетической установки тепловоза зависимости $g_{ei} = f(N_{ei})$, а также значение мощности на привод вспомогательных механизмов. Был составлен алгоритм и программа расчета на ПЭВМ, предусматривающая получение относительных величин значений в интервале от 1 до 15 ПКМ;

\bar{N}_{ei} - эффективная мощность дизеля относительно максимальной;

\bar{g}_{ei} - удельный эффективный расход топлива относительно номинального;

$\bar{N}_{всп.}, \bar{N}_{гтг}$ - удельные значения мощности вспомогательного привода и тягового генератора;

$\bar{P}_{д.}, \bar{P}_{гтг}$ - работы выполненные дизелем и затраченные на привод ГТ;

\bar{V}_{di} - расход топлива дизелем на отдельных режимах.

Расчет на ПЭВМ позволяет определять $g_{e.д.}$ - удельный эффективный расход топлива на выполнение всей эффективной работы, г/экВтч, и $g_{e.с.}$ - среднеэксплуатационный удельный эффективный расход топлива, г/экВтч.

Относительное время работы дизелей на каждой позиции контроллера машиниста определялось по хронометражным наблюдениям в депо Кондрашевская-Новая в четном и нечетном направлении с различными весами поездов. Учитывая, что газотепловоз до 4-ой позиции контроллера работает на дизельном топливе, вводились соответствующие корректировки в программу расчета. При этом коэффициент использования мощности для четного направления определился как $K_M^Ч = 0,54$, а для нечетного $K_M^{НЧ} = 0,47$. Номинальная мощность тепловоза 2ТЭ10М и 2ТЭ10Г принималась одинаковой и равной 2205 кВт. Проведенные расчеты показали необходимость учета расхода топлива по направлениям. Средняя масса состава при испытаниях газотепловоза составила в четном направлении 3860 т, в нечетном - 2470 т, длина испытательного участка - 86 км. При работе в дизельном режиме (тепловоз 2ТЭ10М) удельный эффективный среднеэксплуатационный расход топлива в нечетном направлении превысил значения для четного направления на 3,9%. При работе на газодизельном цикле (тепловоз 2ТЭ10Г) удельный эффективный расход дизельного топлива в нечетном направлении превысил эти значения для четного направления на 39,3%, а удельный эффективный расход газа на 3,5% соответственно. Расчет расхода топлива на измеритель работы проводился по формуле:

$$e_T = \frac{E_e}{Q \cdot L} \cdot 10^4, \text{ кг/10}^4 \text{ ткм брутто,}$$

где: E_e - расход топлива на прохождение заданного участка;
 Q - масса состава брутто;
 L - длина участка.

Сравнение удельного расхода топлива на измеритель работы более существенно для оценки эксплуатационной эффективности. Действительно, превышение удельного расхода на измеритель (тепловоз 2ТЭ10М) в нечетном направлении составило 62,1%; для тепловоза 2ТЭ10Г - по дизельному топливу - 120% и при работе

на газе 66% соответственно.

Наибольший пробег тепловоза без набора топлива определялся по зависимости:

$$L_T = \frac{K_0 \cdot E_T}{Q \cdot e_T} \cdot 10^4 \text{ км,}$$

где: K_0 - коэффициент запаса топлива в баках;

E_T - общая емкость топливных баков (принималась для 2ТЭ10М равной 12600 кг, для 2ТЭ10Г - 17000 кг газа);

e_T - норма расхода топлива на измеритель работы (принималась по данным предыдущих расчетов);

Q - масса поезда.

Были получены следующие значения: для тепловоза 2ТЭ10М максимальный пробег без набора дизельного топлива составил 795 км; для тепловоза 2ТЭ10Г - 32558 км без набора дизельного топлива и 1985 км - без набора сжиженного газа, что порядка в 2,5 раза выше, чем по тепловозу 2ТЭ10М.

Для оценки экологической эффективности проводились сравнительные расчеты вредных выбросов в атмосферу тепловозами 2ТЭ10М и 2ТЭ10Г на 5-ти основных режимах работы: номинальная мощность (N_e), холостой ход, промежуточные режимы ($0,25 N_e$; $0,5 N_e$; $0,75 N_e$). Определялась массовая величина выбросов окиси углерода (CO), сернистого ангидрида (SO_2), окислов азота (NO_x) и сажи (C) по формуле:

$$G_{i,j,k} = \bar{g}_{i,j,k} \cdot \tau_k,$$

где: $G_{i,j,k}$ - общая масса i -го вредного вещества, выбранного j -тым двигателем при работе на K -том режиме (кг);

$\bar{g}_{i,j,k}$ - удельный выброс i -го вредного вещества при работе j -го двигателя на K -том режиме (кг/ч);

τ - время работы двигателя на K -том режиме.

В основу методики расчетов положены методические указания МПС, данные испытаний ПОЗМ и ВНИИЖТа дизелей 10Д100. Данные по тепловозу 2ТЭ10Г брались по результатам реостатных, теплотехнических, специальных и эксплуатационных испытаний. Были рассчитаны суммарные и годовые выбросы тепловозами 2ТЭ10М и 2ТЭ10Г.

Сравнительные значения следующие: суммарный выброс тепловозом 2ТЭ10Г вредных веществ в атмосферу ниже, чем у тепловоза 2ТЭ10М в 2,8 раза. При этом по СО в 2,25 раза; по SO_2 в 3,28 раза; по NO_x в 13,3 раза и по С в 2,2 раза.

По приведенным элементам технической эффективности проведена экономическая оценка ожидаемого эффекта и сроков окупаемости при работе газотепловоза 2ТЭ10Г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований разработана обобщенная методика оценки эксплуатационной эффективности по результатам стендовых, специальных и эксплуатационных испытаний. Таким образом, цель работы выполнена. Кроме того получены следующие результаты:

1. Дана оценка возможности достижения требований ТУ на газотепловоз при реостатных и теплотехнических испытаниях в условиях полигона "Лугансктепловоз" на дизельном и газовом топливе.

2. Проведен анализ эксплуатационной надежности тепловозов типа ТЭ10 и обоснована возможность возникновения при работе газотепловоза явлений помпажа турбокомпрессоров; проведен анализ основных факторов, влияющих на возникновение помпажа, и предложены рекомендации по его предупреждению.

3. Разработана методика дистанционного измерения нагрева дренажных труб, лучков выхлопного коллектора, компенсаторов турбокомпрессоров. Определено, что значения температур нагрева этих деталей при работе на газовом топливе не превышают значений температур при работе на дизельном топливе более, чем на 7 - 9%.

4. Разработана методика проведения имитационных испытаний на реостатной установке путем задания наиболее часто встречающихся в эксплуатации неисправностей в электрических и пневматических цепях управления и их влияние на внешнюю характеристику генератора.

5. Предложены аналитические зависимости и разработана методика расчета пропускной способности участков технического обслуживания локомотивного депо для оценки возможности органи-

зации эксплуатационных испытаний газотепловозов. Проведены расчеты как для системы массового обслуживания с коэффициентами неравномерности поступления $K_A = 0,8 - 1,2$ и коэффициентами неравномерности обслуживания $K_M = 1,0 - 1,5$. Определено, что в пределах резерва мощности депо Кондрашевская-Новая Донецкой ж.д. возможно организовать эксплуатационные испытания без реконструкции цехов и дополнительных капиталовложений.

6. Разработана методика, алгоритм и программа расчета удельного расхода дизельного и газового топлива по данным реальных режимов. Показана целесообразность сравнительной оценки эффективности по направлениям с учетом фактических масс поездов.

7. По разработанным методикам расчета получены следующие результаты: разница в удельном среднеексплуатационном расходе дизельного топлива (тепловоз 2ТЭ10М) по направлениям составляет 3,9%. Для тепловоза 2ТЭ10Г эта разница составляет по дизельному топливу 39,3%, а по газу 3,5% соответственно. По удельному расходу на измеритель работы разница по направлениям составила: для тепловоза 2ТЭ10М - 62,1%; для тепловоза 2ТЭ10Г по дизельному топливу 120% и при работе на газе - 66,1% соответственно.

Наибольший пробег без набора газового топлива для тепловоза 2ТЭ10Г превышает эту величину для тепловоза 2ТЭ10М более, чем в 2,5 раза. Суммарные выбросы вредных веществ в атмосферу на газовом топливе (тепловоз 2ТЭ10Г) снижается в 2,8 раза по сравнению с работой на дизельном топливе (тепловоз 2ТЭ10М).

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Халкин С.Г., Тищенко Н.Я. Совершенствование методов измерения температур деталей при испытаниях газотепловозов // Управление технической эксплуатацией локомотивов: Межвуз. сб. науч. тр. / Харьков: ХИИТ. 1992. - Вып. 20. - С. 29-31.

2. Крашенинин А.С., Тищенко Н.Я., Чигладзе Д.В. Разработка алгоритма постановки тепловозов на техническое обслуживание и текущий ремонт // Управление технической эксплуатацией локомотивов: Межвуз. сб. науч. тр. / Харьков: ХИИТ. 1992. - Вып. 20.

- С. 63-66.

3. Проблемы конвертации транспортных дизелей на газообразное топливо.- В кн.: Тезисы докладов 54-ой науч. техн. конф. ХИИТа. 24 - 26 ноября 1992 г. Харьков. 1992.- С. 6. (в соавторстве).

4. Результаты испытаний опытных образцов магистральных газотепловозов.- В кн.: Тезисы докладов 54-ой науч. техн. конф. ХИИТа. 24 - 26 ноября 1992 г. Харьков. 1992.- С. 7. (в соавторстве).

5. Оценка эксплуатационной надежности и экономичности опытных образцов магистральных газотепловозов.- В кн.: Тезисы докладов 55-ой науч. техн. конф. ХИИТа. 23 - 25 ноября 1993 г. Харьков. 1993.- С. 3. (в соавторстве).

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

УДК 629.424.1.004.15

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОТЕПЛОВОЗОВ ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Тищенко Николай Яковлевич

Ответственный за выпуск асс. Устенко А.В.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага для множительных аппаратов.
Печать офсетная. Усл.-печ. лист 1,5. Уч.-изд. лист 1,75.
Тир. 100. Зак. 38 Бесплатно

Издание ВГУ, 348034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а.
Тип. ХГАЖТа, 310050, г. Харьков-50, пл. Фейербаха, 7.

AB 29.325

AB 29.325