

В диссертационный совет Д 01.008.01 при
Государственном образовательном
учреждении высшего профессионального
образования «Донецкий национальный
технический университет».

Ученому секретарю
Бершадскому Илье Адольфовичу
283001, г. Донецк, ул. Артема, 58

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Рябко Евгении Владимировны на
тему: «Обоснование параметров и режимов работы силовых дизельных
установок горно-транспортных машин»,
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.05.06 – «Горные машины»

Диссертационная работа Рябко Евгении Владимировны на тему:
«Обоснование параметров и режимов работы силовых дизельных установок
горно-транспортных машин», изложенная на 222 страницах машинописного
текста, является актуальной и раскрывает поставленную автором цель
исследования.

Основные результаты научных исследований Рябко Е. В. публиковались
в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, представлялись в
виде докладов на международных научно-практических конференциях.

Содержание автореферата в полной мере отражает основные положения,
идеи и выводы диссертационной работы.

Актуальность избранной темы

Эффективность горнодобывающей промышленности развитого
государства является залогом устойчивого развития экономики в целом.
Важнейшей составной частью технологического цикла горнодобывающих
предприятий является поверхностный и подземный транспорт, который должен
соответствовать требованиям, предъявляемым к горно-транспортным машинам
в тяжелых условиях эксплуатации.

Применение дизельных локомотивов в горных выработках обусловлено
рядом особенностей эксплуатации. При работе силовой дизельной установки, в
подземной горной выработке требуется соблюдение концентрации вредных
веществ, поступающих в выработку с выхлопными газами, в допустимых

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Вх. № 16/85
«30» 10 2018 г.

пределах. Для решения этой проблемы в выработку при ее проветривании подается дополнительное количество воздуха. При этом расход воздуха в шахтах Донбасса и России в 2,5 ... 4 раза выше, чем за рубежом, что впрочем, связано с более жесткими требованиями к предельно допустимым концентрациям вредных веществ.

Эксплуатация тепловозов, оборудованных дизельными установками, в карьерах осуществляется в весьма тяжелых условиях, а именно: при плохом состоянии рельсового пути, значительных уклонах при движении груженых составов на подъем, малых радиусах закруглений, частых остановках подвижного состава, вызванных технологическими перерывами, большим количеством стрелочных переводов и съездов.

Наиболее нагруженными конструктивными элементами силовой дизельной установки горно-транспортных машин являются детали цилиндро-поршневой группы, которые подвержены влиянию множества факторов. Техническое состояние этих деталей, для поддержания которого на должном уровне необходимы правильная эксплуатация и своевременное техническое обслуживание, наряду с тепловыми и силовыми нагрузками, определяет показатели надежности силовой дизельной установки.

Несмотря на значительный объем исследований, направленных на улучшение технических характеристик горно-транспортных машин и, в частности, на повышение эффективности работы силовых дизельных установок, одной из ключевых задач остается совершенствование системы охлаждения дизелей и установление их рациональных эксплуатационных и конструктивных параметров. При этом, с научной точки зрения, перспективным является исследование процессов теплопередачи в наиболее термонапряженных элементах конструкции дизельной установки, а также их напряженно-деформированного состояния при эксплуатации в тяжелых режимах, обусловленных сложными горно-геологическими и горно-техническими условиями, характерными для горных предприятий.

Таким образом, актуальность темы диссертационной работы Рябко Е. В. не вызывает сомнения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

В первой главе рассмотрены проблемы эксплуатации силовых дизельных установок горных транспортных машин, которые в настоящее время находят все

большее применение на горных предприятиях. Дизельные установки используются в составе шахтных локомотивов (дизелевозов), экскаваторов, карьерных тепловозов, автосамосвалов, буровых установок, подвесных монорельсовых дорог.

Проведенный обзор публикаций позволил определить основные направления исследования проблемы охлаждения цилиндрической группы силовой дизельной установки горно-транспортной машины. Установлено, что полученные теоретические исследования по данной тематике нуждаются в дальнейшем уточнении, развитии и экспериментальной проверке. Существующие проблемы сдерживают применение дизельного привода в горных машинах, для их разрешения сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе выявлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на работоспособность силовых дизельных установок горно-транспортных машин. Рассмотрен механизм разрушения крышек цилиндров дизельных двигателей. Проведен анализ отказов элементов дизельных двигателей горно-транспортных машин. Исследовано влияние особенностей эксплуатации на выход из строя цилиндрических крышек силовых дизельных установок карьерных тепловозов.

На основании результатов проведенного исследования удалось выявить влияние температуры окружающей среды и нагрузочных режимов работы дизельного двигателя на условия эксплуатации цилиндрических крышек. Выявлено, что при работе в режиме, близком к номинальному, на работоспособность крышки цилиндра дизельного двигателя влияет температурная напряженность огневого днища.

Анализ статистики отказов дизельных двигателей горно-транспортных машин и, в частности, их наиболее «слабого звена» – крышек цилиндров в различных по тяжести режимах работы позволил выявить причины отказов и средние значения наработки на отказ. Наиболее часто встречающимися видами отказов являются усталостные трещины на огневом днище крышек цилиндров. Установлено, что в условиях конкретных горных предприятий распределение случайной величины – наработки на отказ крышек цилиндров подчиняется закону Вейбулла.

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям нестационарных процессов теплопередачи, установлению температурного поля в крышке цилиндра силовой дизельной установки горно-транспортной машины и

градиентов температуры при заданном процессе изменения температуры газов в цилиндре и коэффициента теплопередачи тепла от газа огневому днищу. Для этой цели разработана математическая модель, которая основывается на апробированном численном методе элементарных балансов теплоты. Получены расчетные зависимости для определения полей градиентов температур в крышке, по которым можно определять напряжения (согласно теории термоупругости) и значения плотности тепловых потоков, пропорциональной градиентам температур в стенке. Рассмотрены способы определения достоверности расчета температурных полей в стенке.

С применением известного программного комплекса ANSYS, в основу которого положен метод конечных элементов, также рассчитываются температурные поля в крышке, но только при фиксированных значениях температуры огневого днища 300°C , охлаждающей воды - 90°C и внешних поверхностей крышки - 50°C . Для заданных условий установлены компоненты тензоров термических напряжений, а также эквивалентные напряжения в наиболее напряженных точках огневого днища крышки между отверстиями под клапан.

Проведено сопоставление результатов, полученных с применением обоих методов расчета.

Для установления наиболее приемлемых материалов, с точки зрения минимизации термических напряжений и деформаций, проведены исследования крышек цилиндров, изготовленных из чугуна ВЧ-50 и алюминиевого сплава АК8.

В четвертой главе предлагаются меры по улучшению режимов работы силовых дизельных установок горно-транспортных машин.

Для снижения температурного напора при нагреве и охлаждении дизельного двигателя в холодное время года предлагается применять теплоизоляционный экран. Простота конструкции экрана не предусматривает дополнительного обслуживания.

Совершенствование конструкции системы охлаждения дизельного двигателя заключается в установке дополнительного насоса параллельно основному. Рассмотрены особенности использования дополнительного водяного насоса при различных режимах работы силовой дизельной установки. Проведен расчет гидравлических параметров насоса и рекомендованы размеры

рабочего колеса и корпуса (напор при этом возрастает на 1,4 м, КПД увеличивается на 4,5 %, удельные затраты уменьшаются, примерно, до 8 %). Модернизированная система охлаждения позволяет улучшить процесс циркуляции охлаждающей жидкости после сброса нагрузки или резкой остановки дизеля, тем самым предупреждая возникновение явления поверхностного кипения жидкости в полостях охлаждения.

Апробация полученных результатов была произведена в «Комсомольском рудоуправлении» и ГП «Донецкая железная дорога».

В пятой главе диссертационной работы рассматриваются экспериментальные лабораторные исследования теплофизических процессов, протекающих в огневом днище физической модели крышки цилиндра дизельного двигателя в режиме прогрева от электронагревателя. Для измерения температуры в различных слоях крышки цилиндра использовались термоэлектрические методы измерения с помощью термопар. При этом величина температуры определялась по показаниям измерительного прибора. На основании экспериментальных данных исследования температурных полей крышки цилиндра проведен анализ полученных результатов и сопоставление эксперимента с теоретическими исследованиями.

Экономический эффект от внедрения рекомендаций по улучшению условий охлаждения силовых дизельных установок составил 41,0 тыс. руб. в год на одну установку, срок окупаемости капиталовложений - 3,2 года, что подтверждает эффективность решения поставленной научно-технической задачи.

Новизна результатов диссертационной работы заключается в следующем.

1. Определены факторы, оказывающие непосредственное влияние на преждевременный выход из строя крышек цилиндров дизельных двигателей горно-транспортных машин, выявлены их основные группы и подгруппы. На основании полученных данных об отказах элементов дизельного двигателя горно-транспортных машин выявлено, что наименее надежным узлом в системе дизельного двигателя является цилиндро-поршневая группа, на долю которой приходится до 40...50 % отказов. При этом на долю цилиндровых крышек из всех деталей цилиндро-поршневой группы силовой дизельной установки приходится 39 % отказов.

2. Проведен анализ механизма разрушения крышек цилиндров дизельного двигателя горно-транспортной машины, который свидетельствует, что преждевременный выход из строя в большей степени зависит от градиента температур. Количество циклов изменения температуры охлаждающей жидкости силовой дизельной установки зависит от режимов работы, при этом температурный диапазон изменяется в пределах от 50 до 95°C. Общее число нагружений от действия рабочих газов и температурных напряжений составляет не менее $2,5 \cdot 10^8$ циклов в год.

3. Установлены зависимости выхода из строя крышек цилиндров от времени работы, учитывающие особенности эксплуатации дизельных силовых установок горно-транспортной машины, на которые в большей степени влияют нагрузочные режимы работы, материал изготовления, температура окружающей среды. Анализ статистических данных с учетом причин отказов позволил определить значения средней наработки на отказ крышек цилиндров дизельного двигателя с легкими, средними и тяжелыми режимами работы. В результате выявлено, что средняя вероятность отказа одной крышки цилиндра дизельного двигателя горно-транспортной машины в течение 30 суток составляет более 8 %.

4. Разработан комплекс мероприятий, направленный на улучшение условий работы силовой дизельной установки горно-транспортной машины и положительно влияющий на срок службы крышек цилиндров. Модернизация системы охлаждения карьерного тепловоза путем установки дополнительного водяного насоса с электрическим приводом предусматривает повышение энергетических показателей насоса: напор – на 1,4 м, КПД – на 4,5 %. При этом удельные затраты уменьшаются до 8 %. Рассмотрены особенности применения дополнительного водяного насоса на различных режимах работы силовой дизельной установки.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных в работе результатов обусловлена корректностью постановки математических задач и методов их решения, использованием апробированных методов исследования, удовлетворительным совпадением расчетных и экспериментальных данных: среднепроцентное отклонение от теоретических данных составило 9 %, мера точности среднего

результата всех опытов составляет $1,2^{\circ}\text{C}$, что является достаточным для практического использования результатов эксперимента.

Практическое значение полученных результатов заключается в том, что:

1. Определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на долговечность деталей цилиндро-поршневой группы дизеля горно-транспортной машины, учет которых позволит улучшить условия эксплуатации крышек цилиндров.

2. Разработано устройство, позволяющее снизить влияние градиента температур в крышках цилиндров после остановки силовой дизельной установки.

3. Усовершенствована система охлаждения дизеля горно-транспортной машины и рекомендован дополнительный водяной насос с рациональными параметрами деталей проточной части и уплотнений, что позволяет сократить время прогрева силовой установки, а также уменьшить влияние явления поверхностного кипения в полостях охлаждения крышки цилиндров при больших нагрузках или после резкой остановки дизельного двигателя и за счет этого улучшить условия эксплуатации.

Научная новизна полученных результатов:

1. Впервые выявлено, что наименее надежным узлом в системе дизельного двигателя горно-транспортной машины является цилиндро-поршневая группа, на долю которой приходится до 40...50 % отказов. При этом наибольшее количество отказов из всех деталей цилиндро-поршневой группы соответствует крышкам цилиндров, показатель которых достигает 39 %. Определено влияние режимов работы и особенностей эксплуатации на показатели безотказности цилиндро-поршневой группы силовой дизельной установки.

2. Впервые установлены вид и параметры закона распределения наработки на отказ крышек цилиндров горно-транспортных машин с учетом условий их эксплуатации. Выявлено, что с достаточной для инженерных расчетов точностью и в соответствии с критерием Колмогорова наработка на отказ крышек цилиндров дизельных двигателей в анализируемых условиях описывается законом Вейбулла. При этом средняя вероятность отказа одной крышки цилиндра дизельного двигателя горно-транспортной машины в течение 30 суток составляет 8 %.

3. Дальнейшее развитие получила математическая модель процесса изменения температуры в слоях огневого днища крышки цилиндра в

нестационарном режиме прогрева дизеля горно-транспортной машины, которая позволяет учитывать средний коэффициент теплоотдачи в течение цикла, а также градиент температур, изменяющийся во времени. В результате установлено, что снижение температуры огневого днища с 300°C до 250°C позволяет уменьшить возникающие напряжения на 24 % и за счет этого повысить срок службы крышки.

Результаты и выводы диссертационной работы являются обоснованными с точки зрения поставленных задач. Выводы диссертации научно обоснованы и подтверждены результатами экспериментальных исследований. Принятые в работе методы не вызывают возражений. Достоверность разработанной математической модели подтверждается достаточной сходимостью с результатами, полученными при компьютерном имитационном моделировании.

Замечания

1. В разделе 2.3 диссертации рассматривается работа карьерных тепловозов в режимах: легком, тяжелом и средней тяжести, однако не указываются критерии, определяющие режим работы. Здесь же приводятся гистограммы, интегральные функции и параметры распределения наработок на отказ крышек цилиндров дизельной установки. Оказывается, что средняя наработка на отказ в тяжелом режиме по всем видам отказов больше, чем в других, более легких режимах. Это явление следовало бы объяснить.

2. Установлено, что наработка на отказ крышек цилиндров горно-транспортных машин согласно критерию Колмогорова подчиняется распределению Вейбулла (с. 59), что явилось содержанием первого научного положения. Вместе с тем, можно использовать другой критерий (например, критерий хи-квадрат), а также расширить перечень анализируемых законов распределения (например, рассмотреть всеобъемлющий набор распределений Пирсона) и, наконец, изменить объем статистического материала.

3. Не совсем понятно происхождение принятой при моделировании по методу элементарных балансов теплот зависимости температуры газов в цилиндре от угла поворота коленчатого вала (рис. 3.9) и какому режиму работы дизеля (машины) она, а затем и полученные результаты моделирования соответствуют.

4. Не в полной мере использованы возможности комплекта программ ANSYS (п. 3.5). Если бы задаться в качестве исходных данных зависимостями во времени температуры газов и коэффициента теплопередачи от газов огневому днищу, что ANSYS допускает, то можно было бы отказаться от слишком упрощенной, не учитывающей все особенности геометрии крышки математической модели, основанной на методе элементарных балансов теплот.

При расчете с применением комплекта программ ANSYS, а затем и при проведении эксперимента имитируется только режим прогрева крышки, тогда как режимы легкий, средней тяжести и тяжелый не рассмотрены.

Насколько корректно сравнивать полученные результаты расчета по методу балансов и с применением ANSYS (с. 109-110): в первом случае температура поверхности огневого днища не достигает 80°C , а во втором случае принимается равной 300°C .

5. В случае применения рекомендуемого в работе дополнительного насоса для охлаждения крышек цилиндров при неизменном объеме циркулирующей в двигателе охлаждающей жидкости и при повышенном количестве снимаемого тепла возникает техническая задача ее охлаждения, что, возможно, вызовет некоторые изменения в конструкции радиатора. С этой стороны возможность применения дополнительного насоса не рассматривалась.

Приведенные замечания касаются частных вопросов диссертационной работы и не ставят под сомнение ее значимость и достаточно высокий научный уровень.

Автор имеет достаточную теоретическую подготовку, осведомлен в вопросах эксплуатации поверхностного и подземного транспорта горных предприятий, конструирования и проектирования силовых дизельных установок горно-транспортных машин, владеет методами математической статистики и моделирования дизельных установок.

Работа изложена технически грамотным языком. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации по разделам. Основные результаты диссертации довольно полно отображены в 9 научных статьях, опубликованных в научных изданиях, которые входят в перечень ВАК.

Заключение

В целом диссертационная работа Рябко Е.В. «Обоснование параметров и режимов работы силовых дизельных установок горно-транспортных машин»

является завершенной научно-исследовательской работой, содержащей новые теоретические и практические положения, которые являются важными для развития теории и практики эксплуатации горно-транспортных машин с силовыми дизельными установками. В диссертационной работе получены новые научно обоснованные результаты, которые обеспечивают решение актуальной научно-практической задачи для горнодобывающей промышленности Донбасса повышения эффективности транспортных средств в результате применения комплекса мероприятий, направленных на снижение температурной напряженности дизельных двигателей горно-транспортных машин для тяжелых условий эксплуатации.

В связи с этим считаю, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней» Донецкой Народной Республики, а ее автор, Рябко Евгения Владимировна, заслуживает присвоение научной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 – «Горные машины».

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Горная
энергомеханика и оборудование»,
ГОУВПО «Донбасский
государственный технический
университет»

С. В. Корнеев

Адрес: пр. Ленина, 16,
94204, г. Алчевск, ЛНР
Тел.: +38(06442) 2-89-62
E-mail: info@dstu.education

Я, Корнеев Сергей Васильевич, даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных.

Доктор технических наук, профессор

С. В. Корнеев

Подпись Корнеев С. В. подтверждаю

И.о. ректора ГОУВПО «Донбасский
государственный технический
университет»



А. М. Зинченко