

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и цифровому развитию
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет)

д.э.н., проф. П.А. Дроговоз

2023 г.

«24» 10



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Ханнанова Марата Дамировича
«Расчетно-экспериментальная оценка механических потерь современного
дизеля и исследование способов их снижения для обеспечения высокой
топливной экономичности», представленную на соискание ученой

степени кандидата технических наук по специальности

2.4.7 – Турбомашины и поршневые двигатели

1. Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Ханнанова М.Д. посвящена вопросам снижения потерь на трение в поршневых двигателях, которые в значительной степени определяют их эффективные показатели. Современные дизельные двигатели с рабочим объемом 12-13 имеют минимальный удельный расход топлива, равный 182-184 г/(кВт·ч), что соответствует эффективному КПД 44-46%. Эти показатели можно считать отправной точкой в пути повышения энергоэффективности ДВС. Не подлежит сомнению важность разработки вопросов минимизации механических потерь, определяющих уровень эффективных показателей и, соответственно, топливной экономичности быстрходных поршневых двигателей. По различным оценкам, выполненным для конкретных типов и комплектаций поршневых двигателей, доля механических потерь на номинальном режиме работы бензиновых и дизельных двигателей составляет величину от 10 до 20%. Поэтому это направление совершенствования поршневых двигателей относится к разряду постоянно требующих решения, т.е. так называемых «вечных» проблем двигателестроения. Будучи напрямую связанными с энерго- и ресурсосбережением, указанные выше вопросы входят в число задач «Приоритетного направления развития науки, технологий и техники в РФ» и в «Перечень критических технологий РФ». Таким образом, расчетно-экспериментальная оценка механических потерь современного дизельных двигателей и исследование способов их снижения для обеспечения высокой топливной экономичности является актуальной научной задачей.

2. Научная новизна положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Основным результатом диссертационного исследования, обладающим научной новизной, является математическая модель дизельного двигателя, основанная на использовании программного комплекса AVL Boost и корректно учитывающая изменение механических потерь в элементах и системах поршневого двигателя. Она позволяет более полно, чем известные модели, оценивать влияние механических потерь на эффективные показатели поршневого двигателя и оценить влияние технических решений по снижению механических потерь на эти показатели. Также разработана «гибридная» методика экспериментального определения механических потерь, позволяющая определить вклад отдельных групп компонентов в общие механические потери и оценить влияние на них различных факторов. Сформирован комплекс технических решений, позволяющий сократить механические потери в приоритетных (с точки зрения вклада в общие потери) группах компонентов поршневого двигателя и его системах, и, тем самым, повысить топливную экономичность двигателя.

3. Значимость результатов работы для науки и производства

Результаты, полученные автором, расширяют научное знание в области оценки механических потерь поршневого двигателя и исследований способов их снижения для обеспечения высокой топливной экономичности.

практическую значимость работы имеют следующие положения:

- разработанная методика экспериментального исследования механических потерь и результаты математического моделирования рабочего процесса поршневых двигателей применяются при проектировании и исследовании энергоэффективных двигателей ПАО «КАМАЗ» нового поколения;
- сформированный комплекс решений по снижению механических потерь введен в состав конструкторской документации двигателей семейства 6ЧН 13/15, проведена технологическая подготовка и освоено серийное производство этих двигателей;
- накопленный опыт по исследованию направлений снижения механических потерь поршневых двигателей и разработке новых технических решений, направленных на повышение их энергоэффективности могут найти применение при проектировании новых поколений и модернизации серийных двигателей на предприятиях отечественной промышленности.

4. Обоснованность и достоверность результатов работы

Достоверность научных результатов работы базируется на применении типовых методов получения и обработки результатов экспериментального измерения механических потерь в ходе стендовых моторных испытаний объекта исследования согласно ГОСТ 14846-2020 с использованием метрологически аттестованных приборов и оборудования. При проведении математического моделирования использован хорошо апробированный программный

комплекс AVL Boost. Применяемые математические модели рабочего процесса были валидированы автором в ходе обширных экспериментальных исследований. Таким образом, выводы и рекомендации, полученные в работе, обоснованы и достоверны.

5. Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных выводов по работе, списка используемой литературы и приложения. Объем основного содержания (до списка литературы) составляет 155 с, включая 30 таблиц и 105 рисунков. Список литературы представлен 152 источниками, из них 71 - зарубежными публикациями.

В **Введении** автор обосновывает отличительные признаки диссертации, формулирует ее цель и задачи.

В **Главе 1** дан обзор состояния рассматриваемой проблемы, а именно: на основе использования результатов ранее выполненных исследований других авторов приведено описание известных экспериментальных методов определения механических потерь в поршневых двигателях; показаны полученные в экспериментах результаты оценки вклада отдельных составляющих в общие механические потери быстроходных поршневых двигателей; перечислены наиболее перспективные к применению направления и способы снижения потерь на трение. Обращено внимание на роль систем смазки и жидкостного охлаждения (а также насосов, отвечающих за циркуляцию рабочего тела в этих системах) в формировании общих механических потерь.

Глава 2 содержит описание предлагаемого экспериментального «гибридного» метода, объединяющего в себе индицирование и прокрутку двигателя и позволяющего, таким образом, определять значение общих механических потерь на основе двух, принципиально разных подходов. Первый из них – индицирование – практически не вносит погрешностей, а другой – прокрутка – неизбежно сопряжен с изменением условий работы дизельного двигателя. Там же представлены принципиальные схемы устройства и оборудования для реализации метода, программа-матрица испытаний поршневого двигателя с помощью этого метода и приведены результаты экспериментально-расчетной оценки этим методом вклада отдельных составляющих в общие механические потери объекта исследования – серийного дизельного двигателя типа 6ЧН 13/15 (КАМАЗ-910). Достаточно неожиданным результатом полученного распределения составляющих механических потерь на номинальной частоте вращения коленчатого вала 1900 мин^{-1} явилось то, что затраты мощности на привод масляного насоса значимо превысили, а затраты на привод водяного насоса оказались соизмеримыми с затратами мощности на прокрутку коленчатого вала 6-ти цилиндрового дизеля. Причем объяснение этому, не типичному для ранее выполненных конструкций автомобильных дизелей, явлению ни в этой, ни в последующих главах не представлено.

В **Главе 3** обсуждаются результаты полученного баланса механических потерь и потенциальные способы снижения их величины для наиболее значи-

мых по вкладу источников этих потерь, в числе которых в данной работе были установлены: ЦПГ, КШМ, система смазки и система охлаждения. В результате оценочных расчетов по контрольным величинам давления механических потерь и удельного эффективного расхода топлива были представлены и, после получения результатов ряда прикидочных расчетов, предложены к применению несколько технических решений, касающихся модернизации ключевых деталей и узлов, в частности: поршня, поршневых колец, блока цилиндров, вкладышей подшипников коленчатого вала, элементов систем смазки и охлаждения дизельного двигателя.

В Главе 4 обсуждена детализация и продолжено обоснование модернизаций поршня и поршневых колец, подшипников коленчатого вала, масляного и водяного насосов. Кроме того, автором предложен вид линейных эмпирических зависимостей давления трения от скоростного и нагрузочного режимов двигателя-прототипа. Завершает главу описание стенда, методики и результатов сравнительных испытаний серийного и модернизированного (путем применения разработанных технических решений) дизеля с использованием типовых методов прокрутки и снятия внешней скоростной характеристики. В результате сопоставления сходственных величин, характеризующих прямо либо косвенно общие механические потери поршневого двигателя, в исследуемом диапазоне скоростного режима было получено, что, по сравнению с серийным вариантом дизеля, применение модернизаций последнего вызвало снижение момента сопротивления, условной мощности механических потерь и, как следствие, удельного эффективного расхода топлива на 20 Н·м, 2 кВт и 2,5 г/(кВт·ч) соответственно.

В Заключении представлены результаты и выводы, отражающие итоги исследования.

Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме. Автореферат и публикации соискателя в полной степени отражают ее наиболее существенные положения, выводы и рекомендации. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук.

6. Основные замечания по содержанию диссертации и автореферата

В целом диссертация Ханнанова М.Д. заслуживает положительной оценки. В качестве замечаний может быть отмечено следующее:

Замечания:

1. Присутствующие в названии диссертации термины «оценка» и «исследование», являясь разновидностями способов научного познания, во-первых, относятся к числу терминов, не рекомендованных положениями ВАК к включению в название научно-квалификационных работ, а, во-вторых, сами по себе не могут обеспечить указанные в названии улучшения показателей основного материального объекта данной работы. Кроме того, поскольку механические потери и удельный эффективный расход топлива ДВС функцио-

нально взаимосвязаны, парное использование этих показателей в названии следует признать избыточным.

2. Включение (во Введении) автором в число положений научной новизны диссертации технических решений по модернизации серийного дизельного двигателя и патента на полезную модель, представляющую модернизированный на основе этих технических решений дизель, по определению является некорректным.

3. В качестве недостатков структурирования работы можно отметить чрезмерно высокий удельный вес объема главы 1 (58 с. или 37%) в основном содержании 4-х глав диссертации (155 с.).

4. В главе 2 отсутствует объяснение не типичного для ранее выполненных конструкций автомобильных дизелей распределения относительного вклада различных источников в общие механические потери дизеля-объекта исследования, при котором (распределении) затраты мощности на привод масляного насоса значительно превысили, а затраты на привод водяного насоса оказались соизмеримыми с затратами мощности на прокрутку коленчатого вала 6-ти цилиндрового дизеля.

5. Представленный в Главе 3 выбор «пакета» технических решений, направленных (по заявлению автора) на подавление механических потерь, в отношении снижения упругости поршневых колец, применения дезаксиала КШМ и сокращения протяженности маслораспределительных канавок на вкладышах подшипников коленчатого вала, во-первых, не отличается новизной, а, во-вторых, требует принятия мер по компенсации не меньшего по значимости «пакета» сопутствующих негативных явлений, имеющих место в каждом случае применения этих технических решений. Однако, вопросу этой компенсации в работе не удалено внимания.

6. Согласно расчетным данным автора, прогнозируемое относительное снижение мощности механических потерь составит на номинальном режиме работы дизеля в среднем 20%, а по результатам моторных испытаний снижение этой же мощности получено равным 4%. Такое существенное расхождение расчетной и экспериментальной оценок результата применения предложенных автором технических решений требует объяснения, которое в работе отсутствует.

7. В части оформления автореферат диссертации содержит нарушение рекомендаций Положения о порядке присуждения ученых степеней, а именно: превышение на 10 с. ограниченного согласно Положению 1 п.ч. (или 16 с. машинописного текста шрифтом 14, с одинарным межстрочным интервалом и стандартными полями) объема.

Заключение

Диссертация Ханнанова Марата Дамировича «Расчетно-экспериментальная оценка механических потерь современного дизеля и исследование способов их снижения для обеспечения высокой топливной экономичности» выполнена на актуальную тему и является завершенной научной

квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной задачи, заключающейся в разработке методик расчетно-экспериментальной оценки механических потерь современного дизеля и исследовании способов их снижения для обеспечения высокой топливной экономичности двигателя.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.4.7 – Турбомашины и поршневые двигатели и требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а ее автор – Ханнанов Марат Дамирович заслуживающим присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 – Турбомашины и поршневые двигатели.

Отзыв утвержден 24 октября 2023 г. на заседании кафедры «Комбинированные двигатели и альтернативные энергоустановки» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Присутствовали 12 чел. Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» – 0 чел., «воздержались» – 0 чел.

Протокол № 4/23-24 от 24 октября 2024 г.

Заведующий кафедрой Э-2 «Комбинированные двигатели и альтернативные энергоустановки» МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н., профессор

Б.А. Марков

Сведения о ведущей организации:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Адрес: 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, к. 1.

Тел.: +7 (499) 263-63-91

Электронная почта: bauman@bmstu.ru

Сайт: <http://www.bmstu.ru>