

ОТЗЫВ

официального оппонента **Леванова Игоря Геннадьевича**, доктора технических наук, доцента кафедры автомобилей и автомобильного сервиса федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» на диссертацию **Ханнанова Марата Дамировича** «Расчетно-экспериментальная оценка механических потерь современного дизеля и исследование способов их снижения для обеспечения высокой топливной экономичности», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7. «Турбомашины и поршневые двигатели»

1 Актуальность темы исследования

Повышение топливной экономичности современных поршневых двигателей остаётся актуальной задачей на протяжении многих лет.

Современные тенденции в машиностроении, и в частности, двигателестроении, характеризуются серьезной конкуренцией между производителями, что обуславливает непрерывное развитие и совершенствование поршневых двигателей в направлении повышения их удельной мощности, энергоэффективности и надежности. Несмотря на достаточно высокие показатели эффективного КПД современных двигателей, (44-46%), остаются резервы для дальнейшего повышения энергоэффективности поршневых двигателей как за счёт снижения потерь тепловой энергии, так и за счёт снижения механических потерь. Последнему направлению в мире уделяется достаточно большое внимание со стороны производителей поршневых двигателей и непосредственно автомобилей.

Представленная на обсуждение научной общественности диссертационная работа Ханнанова Марата Дамировича, направленная на решение научно-технической проблемы повышения эффективности и топливной экономичности поршневого двигателя путём целевого комплексного сокращения механических потерь, а также технических решений, является актуальной, а защита её – своевременной.

2 Оценка содержания диссертации, ее завершенности и качества оформления. Соответствие публикаций и автореферата основным положениям диссертации

Рукопись диссертации состоит из введения, четырех глав, основных результатов работ, списка использованной литературы и приложения. Текст изложен на 171 странице, включает 155 страниц основного текста, 106 рисунков,

30 таблиц. Список литературы содержит 152 наименования. В приложении представлен акт промышленной аprobации результатов диссертации.

Диссертация оформлена по общепринятой структуре.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, показана степень её разработанности, сформулированы научная проблема и цель исследования, определен объект исследования, перечислены задачи исследования, сформулирована научная новизна работы, описана практическая значимость работы, представлены методология и методы исследования, отмечен личный вклад автора, определены положения, выносимые на защиту, обоснована степень достоверности, приведены сведения о реализации и аprobации результатов исследования, дан краткий обзор содержания структурных элементов диссертации.

В первой главе рассмотрены: природа механических потерь в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), методы определения и способы снижения механических потерь, представлен обзор современных технических решений.

По выводам первой главы сформулирована цель исследования, поставлены основные задачи.

Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям механических потерь в ДВС. В результате было установлено процентное распределение потерь на трение в различных группах компонентов современного дизеля КАМАЗ 910 с высоким эффективным КПД, определены приоритетные компоненты и узлы двигателя для улучшения с позиции трения.

В третьей главе представлены результаты расчётно-экспериментальных исследований методов снижения механических потерь в ДВС. С помощью современных средств математического моделирования ДВС проведено исследование дезаксажа на среднее эффективное давление трения в базовом двигателе КАМАЗ-910, разработана гидродинамическая модель системы смазки этого двигателя в программном комплексе Simcenter Amesim, с помощью которой оценено влияние длины маслораспределительных канавок коренных подшипников на расход масла, влияние зазора в подшипниках коленчатого вала на расход масла. Достаточно подробно представлено описание разработанных математических моделей, рассмотрен ряд других конструктивных мероприятий, позволяющих снизить механические потери в базовом двигателе.

Использование современных информационных технологий обусловило высокую степень достоверности результатов моделирования и оценки адекватности полученных результатов путем решения тестовых задач.

Четвёртая глава посвящена разработке комплекса технических решений по снижению механических потерь ДВС и их теоретическому и экспериментальному анализу. В общий комплекс решений по снижению механических потерь ДВС вошли решения по цилиндро-поршневой группе, кривошипно-шатунному механизму, по системам смазки и охлаждения. Здесь же представлены результаты испытаний опытного двигателя с предлагаемым комплексом технических решений по снижению механических потерь.

В заключении приводятся итоги выполненной работы: основные результаты и выводы.

Таким образом, содержание диссертации охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается следующими обстоятельствами:

- системностью, последовательностью, согласованностью, логичностью и непротиворечивостью изложения результатов;
- обоснованностью актуальности темы исследования, структуры диссертации;
- взаимосвязью основной идейной линии, частных и общих выводов.

В целом работа обладает научной новизной и бесспорной практической значимостью, выполнена на высоком методическом и теоретико-экспериментальном уровне. Качественное техническое оформление (достаточное количество графиков, рисунков, таблиц), чёткое и корректное изложение материала диссертации с приведением результатов расчётов отражают цель диссертационной работы. Сформулированные задачи успешно решены, что позволяет сделать вывод о завершённости работы.

Представленные в диссертации научные положения, выносимые на защиту, на мой взгляд, достаточно полно отражены в 9 научных работах автора, что свидетельствует о новизне результатов исследования и об ознакомлении её широким кругом научной и инженерно-технической общественности.

В период с 2020 по 2022 гг. соискатель опубликовал 5 статей в рецензируемых научных изданиях из «Перечня...» ВАК РФ, а также получил 1 патент РФ на полезную модель. Результаты исследований апробированы на научных конференциях различных уровней.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации; в автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации, показан вклад автора в проведённое исследование, степень новизны и практическая значимость результатов исследований.

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылок на авторов и источники заимствования. В тексте диссертации приведены ссылки на совместные работы, выполненные соискателем в соавторстве. *Вместе с тем, в автореферате практически не приведены ссылки на публикации.*

3 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

В диссертации автором представлена совокупность из четырех логически взаимоувязанных положений, обладающих научной новизной, реализация которых способствует повышению эффективности и топливной экономичности рядных шестицилиндровых дизелей.

Первое положение – разработана «гибридная» методика экспериментального определения механических потерь, позволяющая определить вклад отдельных групп компонентов ДВС в общие потери и оценить влияние на них различных факторов. Таким образом, методика позволяет

получать базовые исходные данные для совершенствования конструкции и повышения технического уровня ДВС.

Второе положение – математическая модель двигателя с воспламенением от сжатия, корректно учитывающая изменение механических потерь и позволяющая оценить влияние технических решений по снижению механических потерь на эффективные показатели ДВС.

Третье положение – комплекс технических решений, позволяющий сократить механические потери в приоритетных (с точки зрения вклада в общие потери на трение) группах компонентов и систем двигателя и повысить показатели его топливной экономичности.

Четвёртое положение – конструкция рядного шестицилиндрового двигателя с учетом комплекса решений по снижению механических потерь.

Однако, следует отметить, что *третье и четвёртое положения в большей степени относятся к практической ценности работы, чем к научной новизне. Следовало сформулировать данные положения более корректно.*

Доказательная база основных положений диссертационной работы усиливается достаточно обширным и убедительным списком использованных источников, в том числе зарубежных.

В заключение диссертации сформулировано семь пунктов результатов и выводов.

Первый пункт отражает применение «гибридной» методики исследования механических потерь ДВС, включающей прокрутку двигателя с последовательным демонтажем основных групп компонентов и индицированием давления в цилиндрах. По своему содержанию этот пункт констатирует решение первой задачи и получение первого положения, выносимого на защиту.

Второй пункт отражает результаты, полученные в экспериментальной части исследования, и по своему содержанию констатирует решение второй задачи и получение второго положения, выносимого на защиту. Содержание данного вывода обосновано, текст изложен в полном соответствии со структурой проделанной работы.

Третий пункт содержит информацию о решении третьей задачи – исследование направлений по снижению механических потерь.

Четвертый пункт также содержит информацию о решении третьей задачи – сформирован комплекс технических решений, направленных на снижение механических потерь и дальнейшую оценку их влияния на топливную экономичность исследуемого ДВС.

Пятый пункт свидетельствует о решении четвертой задачи и получении математической модели, включенной в третье положение, выносимое на защиту.

Шестой пункт содержит информацию о решении пятой задачи – изготовление опытного образца двигателя с пакетом решений по снижению механических потерь, проведение сравнительных стендовых моторных испытаний и оценка эффективности внедрённых решений.

Седьмой пункт поясняет возможное направление применения результатов работы.

Вместе с тем, в данном пункте не достает сведений, отражающих возможные направления дальнейшего развития исследований, проводимых автором.

В целом по содержанию результаты и выводы отражают решение основных задач исследования. Результаты и выводы являются обобщением теоретических и экспериментальных результатов и представляют несомненную ценность для науки и практики, обладают научной новизной и достоверностью.

В целом, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертанта подтверждается:

- новизной научных положений, выносимых на защиту, значением их для отрасли научных знаний;
- опытом практической реализации результатов исследования в производстве;
- обсуждением результатов исследования на международных и всероссийских научных конференциях;
- публикациями основных результатов исследования в рецензируемых научных изданиях, включенных в «Перечень...» ВАК РФ.

Достоверность результатов исследования обеспечена следующими факторами:

- использование современных методик сбора и обработки исходной информации;
- получение экспериментальных данных в результате стендовых испытаний с использованием стандартных и апробированных методов исследований и сертифицированного оборудования;
- установление сходимости результатов экспериментальных и теоретических исследований;
- непосредственное участие соискателя в получении теоретических и экспериментальных результатов.

Таким образом, все научные положения, выводы и рекомендации обоснованы и достоверны.

4 Научная и практическая ценность работы. Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Научная ценность работы заключается в развитии теории и практики исследований по оценке механических потерь в ДВС на основе новой «гибридной» методики их экспериментального определения.

Теоретическая значимость основных результатов диссертации заключается в том, что разработанная и верифицированная математическая модель двигателя с воспламенением от сжатия, корректно учитывая изменение механических потерь и позволяющая оценить влияние технических решений по снижению механических потерь на эффективные показатели ДВС, позволяет комплексно подходить к проблеме повышения топливной экономичности ДВС.

Практическое значение использования полученных научных результатов состоит в возможности применять их при проектировании новых поколений

ДВС с улучшенными показателями энергоэффективности, а также при модернизации уже выпускаемых ДВС.

Результаты работы могут быть использованы в практике двигателестроительных предприятий и в учебном процессе.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что рецензируемая работа вносит существенный вклад в теорию и практику создания эффективных поршневых двигателей.

Полученные в диссертации результаты значимы для развития научной специальности 2.4.7 – Турбомашины и поршневые двигатели, поскольку они вносят вклад в разработку физико-математических моделей, цифровых двойников, методов экспериментальных исследований с целью повышения эффективности поршневых двигателей.

Содержание диссертации соответствует заявляемым областям исследований паспорта научной специальности 2.4.7 – Турбомашины и поршневые двигатели: п. 1 «Разработка научных основ и экспериментальные исследования термодинамических, механических, тепло- и массообменных, физико-химических, гидрогазодинамических процессов в турбомашинах и поршневых двигателях, исследования общих свойств и принципов функционирования отдельных систем, элементов, вспомогательного оборудования турбомашин и поршневых двигателей»; п. 2 «Разработка физико-математических моделей, пакетов прикладных программ, цифровых двойников, методов экспериментальных исследований, теоретические и экспериментальные исследования с целью повышения эффективности, надежности и экологичности рабочих процессов турбомашин, поршневых двигателей, их систем и вспомогательного оборудования в составе объектов применения».

5 Основные замечания по работе

1. В работе отсутствует оценка применимости результатов исследований для поршневых двигателей других размерностей, отличных от 6ЧН 13/15.

2. При оценке влияния на расход масла длины канавки коренного подшипника, изменения зазора в коренных подшипниках коленчатого вала, изменения схемы подачи масла не рассматривается изменение других характеристик подшипника, в частности, изменение минимальной толщины смазочного слоя в коренных подшипниках за цикл нагружения. Также нет анализа траектории движения центра коренной шейки в подшипнике, сопоставления шероховатости шейки и вкладышей с минимальной толщиной смазочного слоя, изменения теплового состояния подшипника. В связи с этим, нет возможности оценить вид смазки (продолжительность жидкостной и граничной смазки) в коренных подшипниках за цикл нагружения и сделать корректный вывод о влиянии рассматриваемых мероприятий на механические потери в подшипниках. Снижение расхода масла через коренные подшипники до 33% при уменьшении зазора со 101 мкм до 89 мкм следует рассматривать во взаимосвязи с другими характеристиками подшипников.

3. Представленные в диссертации экспериментальные результаты не оговорены с точки зрения воспроизводимости. Это вызывает ряд вопросов: как

планировались эксперименты, как обрабатывались результаты, каков разброс результатов?

4. Из полученных опытных данных (рисунок 85) автор делает заключение о том, что при повышении температуры масла с 80 °C до 100 °C возможно получить улучшение топливной экономичности двигателя в стендовых условиях до 1,5...2,0 %. Однако, такое повышение температуры масла скажется негативно на усталостной долговечности антифрикционного слоя подшипников скольжения коленчатого вала, что в конечном итоге снизит надёжность работы подшипников и двигателя в целом. Следовало рассмотреть режимы работы двигателя, для которых целесообразно применять такой метод снижения механических потерь.

5. Из текста диссертации неясно, чем отличались испытанные энергосберегающие масла (рисунок 86) – разными классами вязкости, наличием разных типов модификаторов трения в составе масел, различным составом пакета присадок?

6. На странице 145 диссертации автор пишет (цитата): «*Далее была разработана вторая термодинамическая модель опытного ДВС. Модель была разработана с учетом сформированного комплекса технических решений. антифрикционное покрытие поршня, поршневые кольца с измененной геометрией, изменение параметров хона гильзы, энергоэффективное уплотнение CASCO, изменение масляных каналов коленчатого вала, регулируемый масляный насос, регулируемый водяной насос, терmostat системы смазки*». Каким образом в термодинамической модели ДВС был учтен указанный комплекс технических решений? Это следовало раскрыть подробнее.

6 Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация Ханнанова Марата Дамировича «Расчетно-экспериментальная оценка механических потерь современного дизеля и исследование способов их снижения для обеспечения высокой топливной экономичности» соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 «О порядке присуждения учёных степеней», а именно:

- п. 9 - диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для развития теории и практики совершенствования существующих и создания новых поршневых двигателей;

- п. 10 - диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку; диссертация имеет прикладной характер и в ней

приводятся сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов;

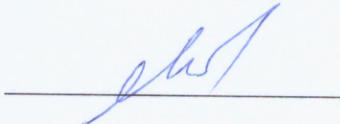
- п. 11 - 13 - основные научные результаты диссертации опубликованы в 5 рецензируемых научных изданиях из «Перечня...» ВАК РФ, 1 патенте на полезную модель;

- п. 14 - в диссертации соискатель ссылается на автора и источник заимствования материалов или отдельных результатов, а также отмечает обстоятельство использования результатов научных работ, выполненных лично и в соавторстве.

В целом следует отметить, что Ханнановым Маратом Дамировичем выполнено научное исследование в области совершенствования существующих и создания новых поршневых двигателей высокой эффективности, в том числе с применением разработанных математических моделей, получен и обработан значительный объём экспериментального материала, обоснована адекватность полученных теоретических положений и доказана эффективность внедрения разработанных идей в теорию и практику проектирования поршневых двигателей.

Изложенное выше позволяет сделать заключение, что оппонируемая работа отвечает критериям «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук по специальности 2.4.7 – Турбомашины и поршневые двигатели, а её автор, Ханнанов Марат Дамирович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Доцент кафедры автомобилей и автомобильного сервиса
ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», д-р техн. наук

 Леванов Игорь Геннадьевич

Отзыв составлен 24 ноября 2023 г.

Сведения об авторе отзыва:

Леванов Игорь Геннадьевич, доктор технических наук (2022 г., специальность 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин), доцент кафедры автомобилей и автомобильного сервиса (с 2013 г.) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»; 454080 Челябинск, проспект Ленина, 76;

тел. (рабочий): +7 (351) 267-93-38; e-mail: levanovig@susu.ru.

Подпись и сведения И.Г. Леванова заверяю:



 И.Ю.
Минакова