

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Гоца Александра Николаевича на диссертационную работу Гаврилова Константина Владимировича на тему «Повышение ресурса трибосопряжений поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания снижением гидромеханических потерь на трение», представленную в диссертационный совет .212.298.09, созданного на базе ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» для публичной защиты на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям: 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки), 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин (технические науки)

1. Актуальность темы

Одной из основных тенденций развития поршневых двигателей внутреннего сгорания является повышение их мощности и экономичности. Как показывают данные статистического анализа, мощность силовых установок возрастает в зависимости от их назначения в среднем на 60...80 % за каждые 10 лет. В последние годы двигатели внутреннего сгорания в острой конкурентной борьбе с другими видами тепловых двигателей сделали уверенный шаг в повышении своих показателей качества, и прежде всего, по экологическим показателям, топливной и масляной экономичности, удельной мощности и надежности. Эти успехи были достигнуты благодаря тщательной отработке рабочих процессов в двигателях и их агрегатах, конструкций деталей, технологий их изготовления. Соответствие постоянно возрастающим требованиям по повышению надежности вновь создаваемых двигателям внутреннего сгорания (ДВС), во многом зависит от достоверной оценки нагруженности основных деталей и узлов. Сказанное относится в первую очередь к таким деталям ДВС, как подшипники скольжения. Достоверность оценки гидромеханических характеристик, в числе которых особое место занимают гидромеханические потери на трение, напрямую зависит от точности определения поля гидродинамических давлений в смазочном слое подшипников. Поэтому тема диссертационной работы Гаврилова К.В., посвященной совершенствованию методов анализа работоспособности и надежности гидродинамических сложнонагруженных трибосопряжений (ГСТС) поршневых двигателей путем снижения потерь на трение являются актуальной.

Работа выполнялась в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы», ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014–2020 годы», грантам РФФИ (проекты №10–08–00424, №16–08–00990), гранта Министерства науки и высшего образования РФ, а также в процессе выполнения хоздоговорных работ с заводами.

2. Новизна исследования и полученных результатов

Наиболее значимыми научными достижениями, полученными автором в ходе выполнения своей работы, являются:

- создание и реализация методологии трибологического анализа ГСТС поршневых ДВС с учетом динамики их нагружения, свойств современных смазочных материалов, геометрии поверхностей трения на разных масштабных уровнях, позволяющие обеспечить решение комплекса задач по снижению гидромеханических потерь на трение для повышения надежности сопряжений, работающих в условиях жидкостного, смешанного и граничного режимов;

- предложен и научно обоснован метод расчета поля гидродинамических давлений в смазочном слое с учетом регулярной макро– и микрогеометрии поверхностей трения на основе закона сохранения массы, неньютоновских свойств смазки и конвективного переноса ее через область кавитации в смазочном слое, а учет закона сохранения массы с учетом неньютоновских свойств смазки и конвективного переноса ее через область кавитации в смазочном слое при расчете поля гидродинамических давлений позволяет установить эффект «масляного голодания» и прогнозировать потерю работоспособности подшипника при снижении давления;
- разработка метода расчета динамики и смазки ГСТС дизелей, включающий анализ гидромеханических характеристик, в том числе потерь на трение с учетом регулярной макро– и микрогеометрии контактирующих поверхностей;
- предложена вероятностная модель контактного взаимодействия шероховатых поверхностей трения сложнонагруженных трибосопряжений, что позволяет описать их изменение в процессе трения, как случайный процесс, позволяет оценить эволюцию распределения высот микрорельефа во времени с учетом смазочного слоя, изменение параметров трения и изнашивания коренных подшипников и юбки поршня дизелей;
- уточнена методика моделирования смазочной системы дизеля применением закона сохранения массы, что позволило исследовать режимы масляного голодания подшипников;
- предложена модифицированная энергетическая модель трения и изнашивания применительно к сложнонагруженным трибосопряжениям тепловых двигателей, базирующаяся на учете молекулярно–механической и энергетической моделей изнашивания, а расчетно–экспериментальная методика позволяет оценить связь коэффициента аккумуляции энергии с линейной интегральной интенсивностью изнашивания поверхностей трения и надежность сопряжения «поршень–цилиндр» дизеля в эксплуатации.

3. Практическая ценность работы

Наиболее значимыми для практического применения являются:

- приведенный расчет, в котором показано, что для шатунных подшипников выбором оптимальной вязкостно–температурной характеристики смазки и применением разностенных вкладышей возможно снизить гидродинамические давления в смазочном слое на 16–30% и увеличить его толщину на 16–24%;
- разработанные программные продукты при проектировании и модифицировании конструкций сложнонагруженных трибосопряжений двигателей различной размерности;
- патент на конструкцию поршня с трибологическим профилем, позволяющая снизить потери на трение в цилиндропоршневой группе и улучшить его охлаждение;
- программное обеспечение расчета гидродинамики сложнонагруженных трибосопряжений дизелей, учитывающих неньютоновские свойства смазки, регулярную и нерегулярную микро– и макрогеометрию поверхностей трения, которое используется в «ГСКБ «Трансдизель», г. Челябинск, ООО «ЧТЗ–Уралтрак», ООО «Уральский дизель–моторный завод», г. Екатеринбург, а также при подготовке специалистов, бакалавров и магистров на автотранспортном факультете ЮУрГУ.

Особо следует отметить, что предложенные автором диссертации методы анализа и повышения надежности сложнагруженных трибосопряжений обеспечивают повышение основных показателей качества автотракторных двигателей.

Следует подчеркнуть, что результаты диссертационной работы могут и будут использоваться и в других приложениях, например, при создании поршневых машин других типов.

4. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и заключений соискателя

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и заключений соискателя обеспечивается комплексным использованием современных методов исследования: принципов системного подхода, теоретически обоснованным корректным использованием методов гидродинамической теории смазки. Используются модели нескольких уровней, базирующихся на теории вероятностей и математической статистике, оптимизации, моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей ДВС с использованием конечно-элементных моделей. Автор использует расчетно-экспериментальные методы оценки параметров трения и изнашивания сложнагруженных трибосопряжений ДВС. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы теоретическими и экспериментальными данными ведущих зарубежных и российских фирм - производителей дизелей. При расчетах используются граничные условия, обеспечивающих закон сохранения массы смазочного материала и позволяющих повысить достоверность прогноза возможного появления режимов масляного голодания в ДВС, что непосредственно связано с работоспособностью и надежностью ГСТС. В методике расчетного анализа трибосопряжений ДВС учитываются макро- и микрогеометрические параметры, а также реологические свойства современных масел, от которых в значительной мере зависят потери на трение и ресурс ГСТС ДВС.

Достоверность расчета по разработанным в диссертации методикам и алгоритмам гидромеханических характеристик, в том числе потерь на трение в трибосопряжениях дизелей различной размерности, подтверждается их согласованием с результатами собственных экспериментальных исследований. Все экспериментальные исследования проводились с применением аттестованных измерительных комплексов и средств измерений.

Со всеми выводами, приведенными в работе, можно согласиться. Большинство выводов автора, приведенные в заключении, являются констатирующими, точно и четко фиксируют основные результаты работы, подтвержденные многочисленными документами. Все выводы и практические рекомендации, сформулированные автором, логичны, аргументированы и не противоречат мировым тенденциям развития методов проектирования трибосопряжений двигателей внутреннего сгорания.

5. Общая оценка диссертации

Представленная на отзыв диссертационная работа К.В. Гаврилова написана на русском языке, оформлена в соответствии с существующими требованиями, написана грамотным языком, хорошо отредактирована и содержит минимальное число описок и неточностей. Она состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка и приложений.

Основная часть диссертации изложена на 375 страницах машинописного текста и состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы из 178 наименований и содержит 141 рисунков, 48 таблиц и 4 приложений.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, отвечает содержанию паспортов специальностей: 05.04.02 – Тепловые двигатели и 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин.

Автореферат диссертации и опубликованные автором 70 работ, в числе которых две монографии, патент на полезную модель, семь свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, 12 статей в журналах, включенных в международные системы цитирования (SCOPUS, Web of Science), 16 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, с исчерпывающей полнотой отражают содержание диссертации. Основные положения диссертационной работы прошли широкую апробацию на научно-технических конференциях и семинарах, в том числе международного уровня и за рубежом. Оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям ВАК.

6. Замечания по содержанию материала диссертации

1. Большая часть публикаций посвящена теоретическому исследованию при расчете гидромеханических характеристик ГСТС ДВС, микро- и макропрофилированию и текстурированию поверхностей трения. Автор не уделил должного внимания вопросам экспериментального подтверждения необходимости применения разрабатываемых методик.

2. Методика теплового расчета гидродинамических трибосопряжений ДВС, в том числе подшипников коленчатого вала и сопряжения поршень-цилиндр, не учитывает изменение температуры смазочного слоя по его протяженности, хотя подобный учет, как было показано при обзоре литературы, приводит к существенным изменениям в результатах расчета.

3. В таблице 3.6 приведены результаты расчета влияния микротекстурирования поверхности трения шатунного подшипника дизеля ЧН 13/15 на его гидромеханические характеристики, из которой видно, что при частичном текстурировании поверхности происходит снижение расчетных значений потерь на трение. На основании чего был выбран указанный диапазон расположения микротекстурирования вкладыша автором не приводится.

4. В алгоритме решения задачи оптимизации параметров ГСТС дизелей различных размерностей недостаточно подробно описана технология работы экспертов при окончательном выборе оптимального решения.

5. Автор не привел анализ, какой вклад в повышение надежности вносят оптимальные макрогеометрические параметры ГСТС дизеля и параметры микротекстурирования поверхностей трения трибосопряжений ДВС.

6. Следовало бы провести сравнительную оценку стоимости предлагаемых автором мероприятий.

7. На с. 26 автор пишет: «замена чугуновых поршней поршнями из алюминиевых сплавов может обеспечить повышение мощности дизеля на 10-15% и снижение расхода топлива», хотя в выпускаемых автомобильных и тракторных двигателях чугунные поршни не используются.

8. В первой главе автору следовало бы дать анализ разрушения и классификацию отказов трибосопряжений поршневых двигателей (хотя бы подшипников скольжения).

7. Заключение

В рецензируемой работе выполнен теоретический анализ и обобщение методов расчета гидродинамики сложнагруженных трибосопряжений дизелей, учитывающих неньютонов-

ские свойства смазки, регулярную и нерегулярную микро- и макрогеометрию поверхностей трения. Использование разработанных программных продуктов при проектировании позволяет создавать и модифицировать конструкции сложнагруженных трибосопряжений двигателей различной размерности.

Диссертационную работу Гаврилова К.В. можно квалифицировать как законченную научно-квалификационную работу, в которой созданы теоретические основы и программные комплексы для расчета сложнагруженных трибосопряжений ДВС, что можно квалифицировать как решение крупной научно-технической проблемы, имеющей важное хозяйственное значение.

Автор ее известен как крупный специалист в области надежности трибосопряжений ДВС, внесший вклад в развитие методов их расчета, под руководством которого успешно выполнен ряд научных работ, направленных на повышение надежности автотракторных дизелей.

Работа выполнена самостоятельно на высоком научном уровне.

Цель и задачи, определенные автором диссертации в начале работы, полностью согласованы с заключением по работе. Полученные автором результаты достоверны, четко аргументированы, выводы и заключения обоснованы. Работа основывается на достаточном количестве исходных данных, расчетах и результатах испытаний.

Считаю, что диссертационная работа отвечает требованиям пунктов 9, 10, 11, 12, 13 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09. 2013 г. №842, в редакции от 01.10.2018 г., и ее автор, Гаврилов Константин Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.04.02 – Тепловые двигатели (технические науки) и 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин (технические науки).

Доктор технических наук,
профессор кафедры «Тепловые двигатели
и энергетические установки»
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный
Университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых»
25 февраля 2020г.

Диссертация на соискание
ученой степени д.т.н.
защищена по специальности
05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин

Подпись проф., д.т.н. А.Н. Гоц удостоверяю

Справочные данные:

Гоц Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки» ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ).

Адрес: 600000, г. Владимир, ул. Белоконской, д. 5, тел. 8 (4922) 47-99-40,
e-mail: hotz@mail.ru

