

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Гаврилова Константина Владимировича

на тему «Повышение ресурса трибосопряжений поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания снижением гидромеханических потерь на трение» по специальностям 05.04.02 «Тепловые двигатели» и 05.02.02 «Машиноведение системы приводов и детали машин» представленную на соискание ученой степени доктора технических наук

Актуальность темы

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) продолжают оставаться источником энергии для автомобилей, тракторов, тепловозов, судов и других силовых установок различного назначения. Современные тенденции развития двигателестроения связаны с повышением удельной мощности, моторесурса, надежности, снижением расхода топлива и уменьшением выбросов вредных газов. Двигателестроители, привлекая исследовательские центры, ведут работы по повышению экономичности двигателей и снижению вредных выбросов.

Рецензируемая работа направлена на повышение ресурса, преимущественно автотракторных двигателей, посредством снижения потерь на трение в подшипниках коленчатого вала и в цилиндро-поршневой группе за счет увеличения доли режима жидкостного трения получаемого рациональным профилированием и текстурированием взаимодействующих поверхностей, а также посредством оптимизации конструктивных решений этих узлов трения. Тема работ является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений диссертационной работы основывается на анализе научных публикаций по теме исследования в двигателестроении, трибологии и других связанных с темой данной работы

областей знаний как отечественных, так и зарубежных авторов. Диссертант в своих исследованиях узлов трения преимущественно автотракторных двигателей внутреннего сгорания, применил ряд продуктивных методов и средств исследования базирующиеся на уравнениях гидродинамической смазки подшипников коленчатого вала и системы поршень-цилиндр ДВС с учетом влияния микро- и макрогеометрии поверхностей трения.

Степень обоснованности научных положений состоит, в частности, в том, что решение каждой из поставленных задач опирается как на предыдущие исследования коллектива вузовско-академической лаборатории «Триботехника» Уральского отделения РАН, активным участником усложнения применяемых моделей для расчета узлов трения ДВС автор диссертации был многие годы, так и на свои результаты полученные в процессе выполнения работ по теме диссертации.

Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автор диссертации развил направление исследований по методам расчета динамики и смазки подшипников коленчатого вала, системы поршень-гильза цилиндра, подшипников турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания. Решая сформулированные им конкретные задачи, был разработан комплекс методов, в их числе:

- метод расчета динамики и гидродинамической смазки узлов трения поршневых и комбинированных ДВС с учетом макрогеометрии и микрогеометрии поверхностей трения;
- метод расчета поля гидродинамических давлений в смазочном слое с учетом регулярной макро–и микрогеометрии поверхностей трения на основе алгоритма сохранения массы с учетом неньютоновских свойств смазочных материалов, позволяющий, в частности, оценивать работоспособность подшипников;

- расчетно-экспериментальная методика определения линейной интенсивности изнашивания сопряжения направляющая поршня – цилиндровая втулка на базе энергетической модели изнашивания, количественные параметры которой определялись экспериментальными средствами;
- комплексное исследование взаимодействия поршня и цилиндра двигателя с учетом их тепловых деформаций в осевом и радиальном направлении и с учетом микрогеометрии поверхностей трения при разных способах их обработки;
- модели контактного взаимодействия шероховатых поверхностей трения компонентов двигателей, позволяющие учитывать эволюцию распределений высот микрорельефа во времени при наличии смазочного слоя, разделяющего поверхности трения;
- алгоритм расчета смазочной системы дизеля, включающий расчет подшипников на базе условия сохранения массы смазочного материала.

Достоверность полученных на базе разработанных методов результатов исследований подтверждается сопоставлением с экспериментальными данными по потерям на трение, с результатами по тестовым задачами других исследователей, использованием комплекса современных испытательных средств для задачи определения интенсивности изнашивания исследуемых сопряжений и для оценки реологического поведения используемых смазочных материалов.

На базе разработанных методов созданы программы расчета подшипников коленчатого вала и систем поршень-цилиндр двигателей внутреннего сгорания, учитывающие микро- и макрогеометрию поверхностей трения, неньютоновские свойства смазочных материалов, которые в совокупности позволяют оптимизировать характеристики шатунных подшипников и системы поршень-цилиндр дизелей с целью снижения потерь на трение.

Значимость для науки и практики полученных результатов

Значимость для науки полученных результатов состоит в развитии методов исследования условий гидродинамической смазки неньютоновской жидкостью на основе алгоритма сохранения массы для ресурсопределяющих узлов двигателей внутреннего сгорания с учетом макро- и микрогеометрии поверхностей трения.

Практическая значимость диссертации состоит в разработке программного обеспечения для расчета динамики и гидродинамической смазки подшипников коленчатого вала, поршней и упорных подшипников турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания, позволяющие оптимизировать исследуемые узлы трения по критерию потерь на трение, а также оценивать различные системы подачи смазочного материала.

Разработанные пакеты прикладных программ «Элрод», «Устойчивость», «Поршень–оптимум» для оптимизации сопряжения «поршень–гильза цилиндра», комплексы программ «Орбита–поршень–2», «Микрогеометрия трибосистемы поршень–цилиндр», позволяют решать комплекс взаимосвязанных задач по обеспечению работоспособности и оценке ресурса автотракторных ДВС и роторных двигателей. Эти программы были зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности.

Конкретные рекомендации по использованию результатов диссертации

Созданные программные средства использованы при разработке нового семейства дизельных двигателей (ООО «Уральский дизель-моторный завод»), узлов трения роторов турбокомпрессоров (ОООЧТЗ-УРАЛТРАК) и оптимизации параметров шатунных подшипников дизеля 6I – 370 (ГСКБ «Трансдизель»). Создана конструкция поршня двигателя внутреннего сгорания, позволяющая снизить потери на трение.

Разработанные методы и программы используются в учебном процессе на автотракторном факультете Южно-Уральского Государственного университета.

Достоинства и недостатки диссертации

К достоинствам диссертации, базирующейся на фундаменте многолетних исследований коллектива кафедры «Автомобильный транспорт» и вузовско-академической лаборатории «Триботехника», в которых автор диссертации принимал активное участие и сформировал свое, достаточно широкое и важное направление исследований, следует отнести хорошую проработку задач, последовательное их выполнение, получение и анализ численных результатов, решение оптимизационных задач, программную реализацию всех разработанных моделей.

По работе есть ряд замечаний:

1. Следовало бы, формулируя актуальность работы, привести общий прогноз перспектив применения автомобильных и тракторных двигателей, которые являются основным предметом исследования работы.
2. Судя по заглавию работы, рассматриваются вопросы повышения ресурса двигателей внутреннего сгорания любого назначения, в то время как основные исследования и рекомендации основаны на работах по автотракторным двигателям. Но, в частности, тепловозные и судовые двигатели имеют свои особенности как конструкции, так и условий работы.
3. Не очень понятно, как модель И.В.Крагельского для трения без смазки может быть применена для узла трения работающего со смазочным материалом.
4. Не приведено данных о прямых экспериментах по измерению минимальной толщины смазочного слоя. Допустимая протяженности зоны разрыва смазочного слоя, используемая в работе при сравнении расчетными методами вариантов конструктивных и технологических решений зависит от многих факторов, в том числе от используемых

материалов пар трения, их микро- и макрогеометрии, характеристик смазочных материалов. Начиная с некоторой критической величины сближения микронеровностей поверхностей трения значительную роль начинают играть тепловые процессы в режимах смешанной смазки, при которых температура может оказаться выше десорбции смазочного материала.

5. Минимальные толщины смазочного слоя при 0 и 720 °, показанные на Рис 3.18 и 3.19, должны быть равны в силу периодичности процесса.

6. В системе поршень-цилиндр имеются поршневые кольца, которые могут располагаться как в верхней части поршня, так и в нижней, как, например, в тепловозных и судовых дизелях. Поршневые кольца оказывают большое влияние на условия смазки системы поршень-цилиндр, но это влияние не исследовалось в работе.

6. Не приведено полученных автором экспериментальных доказательств, что текстурирование рабочих поверхностей снижает потери на трение, экономичность и повышает сопротивление задиробообразованию исследуемых им двигателей. А есть эксплуатационные данные по исследованным двигателям?

7. В практическом плане акцент в работе сделан на повышение ресурса связанного с износом трибосопряжений исследуемых двигателей. Однако, не приведено эксплуатационных данных по влиянию результатов оптимизации исследованных систем на экономичность двигателей, подвергавшихся модернизации по предложению автора работы и на показатели надежности.

8. Обзор выполненных ранее исследований по теме диссертации не полон. В частности, в диссертации нет анализа и ссылок на работы Лионской школы исследователей (M.Fillon и др.) посвященной решению задач смешанной смазки для гидродинамических подшипников. Нет упоминания и анализа работ НАТИ (Ю.Н.Никитин и др.) по измерениям толщины смазочного слоя между поршнем и цилиндром емкостным методом и определению

рациональной формы профилей поршней обеспечивающей максимальную протяжённость зон гидродинамической смазки в исследуемом тракторном двигателе. Нет ссылок и обзора наших работ по способам прогнозирования ресурса по износу и надёжности работы подшипников коленчатого вала тепловозных дизелей методами имитационного моделирования, учитывающими реальные распределения режимов работы двигателей, гидродинамический расчет подшипников на этих режимах, виды изнашивания, решение тепловых задач при смешанной смазке, а также на методы и результаты прямого измерения минимальной толщины смазочного слоя, позволившим убедиться в эффективности предложенных решений по совершенствованию двигателей, наших подходах по исследованию сложных трибосистем.

Публикации и доклады по теме исследования

Содержание работы (судя по списку приведенному в автореферате) опубликовано в печати, включая 3 коллективные монографии, 14 публикаций в изданиях, содержащихся в базе данных Web of Science, Scopus и 17 публикаций в изданиях рекомендуемых ВАК. Соискатель вместе с соавторами имеет 7 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ, охватывающих все разделы исследований, содержащиеся в работе. Диссертант имеет патент на полезную модель поршня для двигателя внутреннего сгорания.

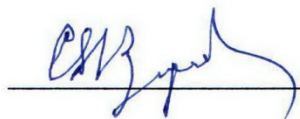
Результаты работы докладывались на многочисленных научно-технических конференциях и международных конгрессах (2007- 2019 гг).

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Гаврилова Константина Владимировича является научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, состоящее в создании

методов расчета трибосопряжений поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания работающих в условиях гидродинамической и смешанной смазки, учитывающие микро- и макро геометрию поверхностей трения на разных масштабных уровнях, а применяемые смазочные материалы обладают неньютоновскими свойствами, что позволяет с помощью созданного комплекса программных средств совершенствовать и создавать тепловые двигатели с улучшенной экономичностью и повышенным ресурсом, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области тепловых двигателей и деталей машин, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09 2013г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.04.02 - «Тепловые двигатели» и 05.02.02 - «Машиноведение, системы приводов и детали машин».

Доктор технических наук, специальность 05.02 .04
«Трение и износ в машинах», профессор,
научный консультант Научного центра
«Рельсы, сварка, транспортное материаловедение»,
акционерное общество «Научно-исследовательский
институт железнодорожного транспорта»
(АО «ВНИИЖТ»), адрес: 129626, г. Москва,
3-я Мытищинская ул., д 10,
телефон: 8 (499) 260 44 40;
эл. почта: zakharov.sergey@vniizht.ru



Захаров Сергей Михайлович

03 марта 2020 года

Подпись Захарова С.М. заверяю:

Начальник отдела управления
персоналом АО «ВНИИЖТ»
Даничева Н.А.

