

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук,
Мукутадзе Мурмана Александровича на диссертационную работу Леванова Игоря Геннадьевича на тему «Оценка ресурса сложнагруженных сопряжений турбопоршневых машин с учётом свойств смазочных материалов при моделировании изнашивания», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин (технические науки)

1. Актуальность темы диссертационного исследования.

Проблемы повышения надёжности и ресурса машин приобретают всё большее значение в условиях постоянно повышающихся требований к современной технике. Подшипники скольжения являются одними из самых распространённых сопряжений в машинах различного назначения. Турбопоршневые машины, такие как двигатели внутреннего сгорания, компрессоры, насосы и др. используются практически во всех отраслях техники. Создание современных конкурентоспособных машин возможно только при использовании соответствующих инструментов проектирования, основу которых составляют математические модели.

Развитие математических моделей и методов оценки показателей долговечности узлов и сопряжений деталей машин, определяющих их ресурс, является важным теоретически и востребовано практикой. Актуальность темы представленной работы несомненна, а решаемые в ней задачи связаны с дальнейшим развитием методов расчёта и проектирования сложнагруженных подшипников скольжения, методов их имитационного моделирования и установления ресурса при работе в условиях гидродинамического смазывания.

2. Общая характеристика, структура и объем работы.

Представленная диссертация имеет традиционную структуру: включает введение, шесть глав, заключение по основным результатам и список литературы из 314 наименований, 123 рисунка и 13 таблиц, 8 приложений. Общий объем работы 376 страниц.

Во *Введении* обоснована актуальность темы диссертационной работы, представлена степень разработанности исследования, сформулированы цель и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены научные положения, выносимые на защиту.

Достаточная апробация работы подтверждает достоверность полученных результатов.

В *первой главе* рассмотрены: основные подходы, используемые при прогнозировании ресурса машин, виды изнашивания подшипников скольжения, критерии перехода между жидкостным и граничным видом смазывания. Выполнен анализ работ, посвящённых моделированию изнашивания подшипников при полужидкостной и граничной смазке, современное программное обеспечение, позволяющее моделировать сопряжения. На основе обзора поставлены цель и задачи исследований.

Вторая глава посвящена экспериментальным исследованиям реологических свойств жидких смазочных материалов с учетом их вязкостно-температурной зависимости, а также исследованиям натурального модельного подшипника скольжения и условий смены режима смазывания в подшипнике.

В *третьей главе* представлены основные допущения и положения методики для моделирования процессов смазывания и изнашивания динамически нагруженного подшипника скольжения с учётом неньютоновских и индивидуальных противоизносных свойств смазочного материала.

Четвёртая глава посвящена описанию методики оценки ресурса динамически нагруженных подшипников скольжения.

Пятая глава включает примеры практического применения разработанных на основе теоретических исследований алгоритмов и программного обеспечения для оценки ресурса динамически нагруженных подшипников скольжения с учётом индивидуальных противоизносных свойств смазочных материалов. Полученные экспериментальные данные сопоставляются с результатами теоретическими и результатами исследований других авторов.

В *шестой главе* содержится описание предлагаемых технических решений для повышения надёжности и ресурса сопряжений машин: двухступенчатый и разборный масляные фильтры, сигнальное устройство загрязнения масляного фильтра.

В *заключении* подводятся итоги выполненной работы, общие выводы и перспективы дальнейшего развития тематики.

В *приложениях* приведены величины нагрузки на подшипники, необходимые для решения тестовых примеров, ряд результатов экспериментальных исследований и акты, подтверждающие использование и внедрение результатов работы.

3. Степень обоснованности полученных результатов, научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, достаточно высокая, что подтверждается детальным анализом значительного количества отечественных и иностранных литературных источников, последовательным проведением экспериментов, научным обоснованием полученных результатов, их математической обработкой и закономерно сформулированными выводами.

Достоверность полученных данных обеспечивалась использованием современных методов исследований с применением новейшего оборудования, математических методов обработки экспериментальных данных.

4. Научная новизна исследований заключается в развитии направления исследований по методам расчёта динамики и смазывания сложнонагруженных сопряжений турбопоршневых машин с учётом определяющей роли смазочного материала в процессах изнашивания подшипников скольжения. Также новизну работы формируют результаты экспериментальных исследований подшипника скольжения, работающего на маслах различного назначения, математическая модель смазочного слоя сложнонагруженного подшипника скольжения, учитывающая явление существования и разрушения граничного слоя смазочного материала, концепция оценки ресурса сложнонагруженных подшипников скольжения, основанная на совокупности экспериментальных и расчётных методов, закономерность изменения критического значения характеристики режима работы подшипника скольжения в зависимости от уровня противоизносных свойств смазочного материала.

5. Значение результатов исследований для науки и производства.

Учёт особенностей смазочных материалов, их противоизносных свойств при расчётах подшипников скольжения позволяет на новом уровне подходить к оценке работоспособности подшипников и машин. Разработанные специальные версии программного обеспечения имеют важное значение для развития отечественных инструментов проектирования, могут использоваться в конструкторских бюро и исследовательских расчётных отделах промышленных предприятий для обоснования принимаемых технических решений, сокращения сроков проектирования и доводки таких машин как двигатели внутреннего сгорания, турбоагрегаты, насосы и др.

6. Соответствие паспорту научной специальности.

Область исследований и основные научные результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин.

7. Анализ публикаций автора по теме исследования.

Результаты научных исследований докладывались и обсуждались на конференциях различного уровня. Основные положения диссертационной работы изложены в 63 научных трудах, включая 28 статей в высокорейтинговых рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Перечнем Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 5 патентов на полезные модели и 12 свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ. Большинство публикаций имеют ссылку на поддержку различными фондами, во всех публикациях отмечен авторский вклад, имеются ссылки на авторов и источники заимствования. На основании этих сведений, а также анализа публикаций можно утверждать, что научная новизна диссертационной работы и все выносимые на защиту положения отражают личный вклад соискателя в проведенных научных исследованиях.

8. Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертационной работы и отражает основные результаты, полученные в процессе ее выполнения.

9. Достоинства и недостатки диссертации.

При общей положительной оценке считаю необходимым отметить ряд замечаний:

1. Обзорная часть работы составляет треть от общего объёма. Чем вызвана необходимость столь большого объёма?

2. При проведении экспериментов автор использовал сталеалюминевые вкладыши коленчатого вала. Однако известно, что антифрикционный материал подшипника скольжения, его поверхностная активность также оказывают влияние на формирование граничных слоёв смазки и на условия работы подшипника скольжения. В связи с этим следовало бы представить результаты экспериментов и с другими современными антифрикционными сплавами (например, различными типами бронз), включая и современные твердосмазочные покрытия.

3. Диссертация посвящена сложнонагруженным подшипникам скольжения турбопоршневых машин, а экспериментальные исследования подшипника

проведены для стационарного случая нагружения. В экспериментальной части работы нет обоснования этого решения.

4. Для расчёта контактных давлений автор использовал модель Гринвуда-Триппа. В работе не представлено обоснование выбора данной модели.

5. Одной из отличительных особенностей предлагаемой методики моделирования изнашивания поверхностей трения подшипника скольжения является учёт наличия абразивных частиц в масле и их влияния на интенсивность изнашивания и ресурс подшипника. Однако из работы не ясно, учитывается ли в методике процесс дробления абразивных частиц, поступающих в зазор подшипника.

6. В качестве примеров практического применения разработанных методик автор приводит в основном результаты расчётов для шатунных подшипников двигателей внутреннего сгорания и лишь один пример с крупногабаритным подшипником турбогенератора. При этом подшипник турбогенератора не является сложнагруженным. Чем обусловлен выбор объектов расчёта?

7. Из диссертации неясно, учитывается ли автором процесс приработки, изменение шероховатостей поверхностей шейки вала и вкладышей при моделировании.

8. В тексте диссертации нет пояснений о том, каким образом планируется получать параметры предлагаемой математической модели, учитывающие противоизносные свойства смазочного материала.

Приведенные выше замечания не меняют общей положительной оценки рассматриваемой работы.

10. Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация Леванова И.Г. «Оценка ресурса сложнагруженных сопряжений турбопоршневых машин с учётом свойств смазочных материалов при моделировании изнашивания» является самостоятельной, завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решается новая научная проблема, в области исследования процессов функционального взаимодействия и изнашивания, имеющая важное значение, а также разработан программный комплекс, являющийся отечественным инструментом проектирования, использование которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса и развития высокотехнологических отраслей промышленности машиностроительного комплекса России.

Диссертация базируется на многолетних исследованиях коллектива кафедры «Автомобильный транспорт» и вузовско-академической лаборатории «Триботехника» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», в которых автор диссертации принимал активное участие и сформировал своё довольно широкое и имеющее важное значение направление исследований. К достоинствам диссертации также следует отнести хорошую проработку задач, их последовательное выполнение, экспериментальные исследования, получение и анализ численных результатов, доведение расчётных моделей до практического использования.

Анализ содержания диссертации и публикаций по теме позволяет сделать вывод, что диссертационная работа по актуальности избранной темы, характеру рассматриваемых вопросов, поставленных и достигнутых целей и задач, степени и новизне, значению для теории и практики соответствует требованиям пп. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе соискателя в науку. Считаю, что ее автор, Леванов Игорь Геннадьевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин (технические науки).

Официальный оппонент – доктор технических наук
(05.02.04 – «Трение и износ в машинах»),

доцент, заведующий кафедрой

«Высшая математика»

ФГБОУ ВО РГУПС

тел. (863)272-63-99

e-mail: Murman1963@yandex.ru

Мукутадзе Мурман Александрович

«31» 03 2022 г.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

Почтовый адрес: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, 2, www.rgups.ru,

тел.: +7-919-882-30-61

Подпись

Мукутадзе Мурман Александрович

УДОСТОВЕРЯЮ

Начальник управления делами
ФГБОУ ВО РГУПС

«31»

03

20



Т.М. Канина