

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Путинцева Сергея Викторовича

на диссертационную работу Якунина Руслана Владимировича

"Методические основы оптимизации профиля юбки поршня ДВС с целью снижения механических потерь", представленную на соискание ученой

степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 -

тепловые двигатели

Актуальность диссертационной работы, исходя из ее направления, не подлежит сомнению, поскольку механические потери, в значительной мере определяющие уровень эффективных показателей современных быстроходных ДВС, весьма трудно поддаются точному определению как расчетными, так и экспериментальными средствами. Поэтому совершенствование известных и развитие новых, более достоверных и информативных, чем существующие, методов оценки механических потерь и разработки принципов проектирования энерго- и ресурсосберегающих конструкций является неотъемлемой частью работ по доводке и созданию перспективных изделий двигателестроения, а также входит в число задач «Приоритетного направления развития науки, технологий и техники в РФ» п.8. "Энергоэффективность, энергосбережение..." и в «Перечень критических технологий РФ»: п.27. "Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии...".

Научная новизна представлена выдвижением и проверкой рабочей гипотезы о том, что критериями рациональности профиля юбки поршня с точки зрения минимизации потерь на трение может служить минимизация площади смазываемой поверхности, характеризуемой критической (соизмеримой с максимальной шероховатостью поверхности трения) толщиной масляного слоя.

Практическая значимость результатов исследования состоит в разработанной и доведенной до применения автоматизированной последова-

тельности вычислительных процедур в среде Ansys, позволяющих получать приемлемые по достоверности результаты распределения давления масляного слоя по поверхности юбки поршня, которые далее предлагается использовать для целевой коррекции профиля юбки поршня.

Достоверность и обоснованность основных положений работы, базирующихся на применении добротных математических моделей МКЭ, а также известных постулатов трибологии, не вызывают сомнения.

Структура и содержание диссертации

Структура работы включает титульный лист, оглавление, введение, четыре главы основного содержания, общие выводы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы, приложенный Акт внедрения. Объем основного содержания (до списка литературы) составляет 116 с, включая 6 таблиц и 93 рисунка. Список литературы представлен 103 источниками, из них 78 являются отечественными, а 25 - зарубежными публикациями.

Степень представления результатов диссертационной работы в научно-технической печати

Основные научные результаты исследования представлены в пяти периодических изданиях, минимум два из которых входили на момент опубликования этих работ в "Перечень рецензируемых научных журналов", рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (далее по тексту - ВАК). Содержание всех выводов и выносимых на защиту положений диссертации в публикациях соискателя раскрыто полностью.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Основные требования ВАК к оформлению диссертации и автореферата выполнены. Содержание диссертации адекватно и в полной мере отражено в автореферате. Название, терминология, основные положения и выводы работы соответствуют заявленной специальности - тепловые двигатели.

Во **Введении** автор обосновывает основные признаки диссертации, формулирует ее цель и задачи.

В Главе 1 дан обзор состояния рассматриваемой проблемы. Выполненные конструкции поршней (акцент сделан на юбку поршня) рассмотрены достаточно широко и подробно. Представлен анализ расчетных средств динамики и гидродинамики поршней четырехтактных ДВС, включая два известных зарубежных и два отечественных вычислительных комплекса. В сводной таблице проиллюстрирована степень учета основных, по мнению автора, внешних и внутренних факторов в этих программах. Показано, что наиболее полный учет этих факторов дают разработанные автором расчетный метод и средство.

Глава 2 посвящена описанию предлагаемой последовательности вычислительных процедур, основанных на применении МКЭ в отношении как ТНДС и НДС юбки поршня и цилиндра, так и эластогидродинамики этих сопряженных деталей. Дано обоснование допущений, выбора граничных условий, метода разбиения расчетных областей на конечные элементы, представлена схема итерационного процесса и т.п. Обоснован выбор аналитических выражений для расчета силы трения юбки поршня в гидродинамическом и граничном режимах смазки. Завершает главу сопоставление значений минимальной толщины масляного слоя и давления масла в зазоре "юбка поршня - цилиндр", полученных с помощью различных методов и средств расчета, включая разработанную автором процедуру вычислений в среде Ansys.

Глава 3 содержит результаты сравнения расчетных величин ТНДС поршня и цилиндра, вторичной динамики поршня и давления масла в зазоре сопряжения "юбка поршня-цилиндр", полученные с помощью разработанной процедуры расчетов, с экспериментальными данными, взятыми из опубликованных работ других авторов. В конце этой главы приводятся абсолютные и относительные значения расхождений сравниваемых расчетных и экспериментальных величин, а также делаются выводы об уровне верификации разработанной модели и расчетного алгоритма.

В Главе 4 изложен подход автора к выбору "оптимального" профиля (кавычки мои: в оригинальном тексте диссертации термины "оптимальный",

"оптимизированный" и "оптимизация" используются без кавычек) юбки поршня. Подход основан на выполнении в результате профилирования юбки поршня трех условий: 1) избавления от граничного режима трения; 2) прохождении равнодействующей боковой силы через ось пальца и 3) уменьшении площади юбки поршня (за счет снижения ее осевой длины). В главе описана процедура профилирования юбки поршня как по продольному профилю (рассмотрена только так называемая нагруженная сторона юбки в плоскости качания шатуна), так и в поперечном направлении (изменение параметров овала). На частном примере поршня двигателя ВАЗ-21124 показана процедура модернизации юбки поршня, призванная обеспечить соблюдение трех указанных выше условий. Завершает главу описание объектов сравнительных испытаний (поршней), особенностей ранее выполненного эксперимента (использован метод прокрутки) по измерению механических потерь двигателя ВАЗ-21126 с поршнями фирмы Federal Mogul и, наконец, - сопоставление этих данных с результатами оценочного расчета механических потерь для одной точки скоростного режима (3500 мин^{-1}) для поршня с "оптимизированным" по методике автора профилем юбки.

Текст диссертации написан хорошим техническим языком, встречающиеся ошибки незначительны по количеству и носят характер описок. Высказываемые автором утверждения внутренне логичны и не допускают двоякого толкования. Материал богато проиллюстрирован рисунками и таблицами. Участие автора в качестве докладчика в шести НТК и семинарах указывает на достаточность апробации основных положений работы научным сообществом. Использование методики расчета и коррекции юбки поршня с целью минимизации потерь на трение в практике НИР и НИОКР по месту работы автора свидетельствует о практической значимости результатов диссертационного исследования, на что указывает приложенный к диссертации, заверенный печатью организации, Акт внедрения.

В качестве положительной характеристики работы и ее автора считаю необходимым отметить:

-определенную смелость и новизну в постановке задачи, заключающейся в разработке последовательности расчетных процедур в среде математического моделирования Ansys, позволяющих без привлечения специальных программных средств получать для расчетной области и расчетной точки режима информацию о распределении давления в масляном слое на развертке юбки поршня с учетом деформации сопряженных поверхностей трения движущегося тела (поршня) и опоры (цилиндра);

-полное соответствие расчетного характера распределения деформации поверхности юбки поршня под действием гидродинамического давления известным теоретическим результатам и экспериментальным наблюдениям в эксплуатации (локализация следов натира на юбке);

-честность и открытость автора при описании проблем и недостаточности способов их преодоления, имевших место, в частности, при проверке адекватности расчетных результатов и попытках увязать расчетные данные с доступными автору сведениями о проведенных экспериментах в предметной области.

Замечания

1. Название диссертации, содержащее три ключевых термина "методические основы", "оптимизация" и "ДВС", претендует соответственно на весьма высокую строгость решений, широту охвата объектов и степень обобщения положений. С применением такого подхода к формированию названия рецензируемой работы трудно согласиться, поскольку в ней реально речь может идти только о целевом методе модернизации поршня четырехтактного автомобильного двигателя в отношении снижения потерь на трение в сопряжении "юбка поршня-цилиндр" на преимущественном режиме работы.

2. Заявление автора о необходимости разработки единого метода профилирования поршня (Глава 1, с.26, первый сверху абзац) считаю спорным, ибо задачи профилирования юбок поршней не исчерпываются только минимизацией потерь на трение, а включают в себя целый ряд различных аспектов

(снижение вибрации, теплонапряженности, расхода масла на угар и др.), реализация которых в рамках некоего единого подхода неизбежно приводит к "конфликту интересов".

3. В Главе 2 на с.57-59 приведены результаты сопоставления расчетных значений давления масла, толщины его слоя и силы трения на юбке поршня, полученных по авторской и трем сторонним методикам (расчетным комплексам), включая две отечественные и одну лицензионную разработки, при этом в тексте диссертации отсутствует описание объекта расчета, входных данных и, главное, объяснение того, каким образом автор получил эту информацию, поскольку внешний доступ к указанным сторонним программам, особенно в отношении лицензионного средства, ограничен защитой прав интеллектуальной собственности.

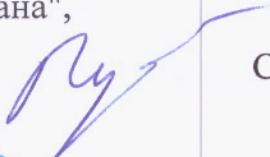
4. Сопоставляя указанное значение погрешности измерения давлений масла в эксперименте ЮрГУ с числовыми данными в таблице 3.2.1 (Глава 3, с. 78, второй снизу абзац) согласиться с автором по поводу его вывода об адекватности алгоритма и расчетной модели, основанного на заявлении, что "...расхождение расчетных и экспериментальных значений не превышает 16%", можно в отношении только одной контрольной точки из четырех указанных, а именно: для точки 1, в которой относительная разница между расчетом и экспериментом по давлению масла составила 8%.

5. Приведенное в Главе 4 сравнение расчетных результатов оценки потерь на трение модернизированного поршня двигателя ВАЗ-21124 с данными ранее проведенного измерения общих механических потерь методом прокрутки двигателя ВАЗ-21126 с поршнями фирмы Federal Mogul содержит нарушения принципа прочих равных условий: разные массы поршневых комплектов, юбок поршней, длины шатунов, дезаксиала поршневых пальцев, исходной вязкости и температуры моторного масла и др.). К чести автора следует отнести то, что он, вполне признавая эти нарушения, расчетным путем попытался оценить и по возможности компенсировать их искажающее влияние на результат итогового сопоставления объектов.

Заключение

Диссертация Якунина Руслана Владимировича "Методические основы оптимизации профиля юбки поршня ДВС с целью снижения механических потерь", представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 - тепловые двигатели, является завершенной научной квалификационной работой, выполненной автором на актуальную тему и содержащей технические разработки, обеспечивающие решение ряда важных прикладных задач отрасли. Развитые в этой работе положения и полученные результаты обладают внутренним единством, содержат признаки научной новизны и практической значимости, свидетельствуют о достижении поставленной цели. Умение автора ставить и решать сложные научно-технические задачи в избранной области указывает на обладание им научной квалификацией. С учетом вышеприведенного считаю рассмотренную работу отвечающей требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. и ВАК при Минобразования России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автора - Якунина Руслана Владимировича - заслуживающим присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 - тепловые двигатели.

Официальный оппонент,
профессор кафедры "Поршневые двигатели"
ФГБОУ ВО "Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана",
доктор технических наук, профессор

 С.В. Путинцев



29.11.2019