

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук Хмелева Романа Николаевича
на диссертацию Воробьева Александра Алексеевича на тему
«Методика профилирования юбки составного поршня форсированного
четырехтактного дизеля с учетом условий ее смазки в цилиндре», представлен-
ную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели

1. Актуальность темы диссертации

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) является сложной технической системой, которая непрерывно совершенствуется для повышения надежности, улучшения экологических показателей и топливной экономичности. Перспективным направлением повышения этих показателей является снижение механических потерь двигателя в цилиндропоршневой группе за счет совершенствования конструкции составных поршней и разработки методики профилирования юбки составного поршня. В связи с этим тема диссертационной работы Воробьева Александра Алексеевича, посвященной снижению механических потерь в сопряжении «юбка составного поршня – цилиндр» за счет поддержания гидродинамического режима трения с помощью профилирования юбки, является актуальной.

2. Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность результатов проведенных исследований диссертации определяется корректной постановкой задач, использованием классической теории гидродинамической смазки, теории теплообмена, программного комплекса ANSYS, подтвердившего свою эффективность при расчёте теплового и напряженно-деформированного состояния цилиндра и поршня, также совпадением результатов расчетных и экспериментальных исследований дизелей 6ЧН 13/15, 8ЧН 15/16 и применением при оценке адекватности математических моделей достоверных опытных данных.

Научная новизна работы заключается в уточнении существующих подходов к профилированию юбки составного поршня путем математического моделирования и решения сопряженных задач гидродинамики, деформации и поперечного движения юбки составного поршня, а также разработки новой методики ее профилирования с минимальными монтажными зазорами с учетом деформаций юбки поршня и особенностей поперечного движения составного поршня. Разработан расчетно-экспериментальный метод определения деформаций юбки поршня

и составления матрицы податливости. Установлены закономерности влияния профиля юбки на гидродинамические характеристики, поперечное движение составного поршня и потери на трение в сопряжении «юбка поршня – цилиндр».

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

Проведенные автором исследования основываются на апробированных методах моделирования физических процессов. Достоверность выполненных исследований обеспечивается за счет верификации используемой модели, описывающей деформацию юбки поршня, а также качественным совпадением результатов определения условий смазки поршня двигателя 8ЧН 15/16 с экспериментальными значениями.

4. Ценность для науки и практики результатов работы

Ценность результатов работы для науки состоит в:

- математическом моделировании и решении сопряженных задач гидродинамики, деформации и поперечного движения юбки составного поршня;
- разработанной универсальной модели расчета гидродинамических параметров смазки в сопряжении «юбка поршня – цилиндр», которая может использоваться для монометаллических и составных поршней;
- установлении закономерностей влияния основных параметров профиля юбки составного поршня на ее вторичное движение в цилиндре, условия гидродинамического трения;
- определении параметров профиля юбки составного поршня, которые обеспечивают преимущественно гидродинамический режим трения в течение всего рабочего цикла, с учетом минимального монтажного зазора.

Ценность результатов работы для практики заключается в разработанном испытательном стенде для экспериментального определения напряженно-деформированного состояния юбки поршня, а также в том, что разработанное автором методическое и программное обеспечение позволяет с достаточной для практики точностью решать задачи профилирования юбки составного поршня и уменьшения механических потерь в цилиндропоршневой группе.

5. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертационного исследования, в необходимом объеме, отражены в 13 научных изданиях, из которых: 2 работы опубликованы в рецензируе-

мых изданиях из Перечня ВАК РФ; 2 – в изданиях международной базы цитирования Scopus; 2 – в изданиях из перечня РУДН. Получен 1 патент на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Также результаты диссертационного исследования были представлены на всероссийских и международных конференциях.

6. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Содержание автореферата, объемом 23 страницы, в полной мере отражает содержание, научные результаты и выводы диссертации.

7. Структура диссертации и оценка ее содержания

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка литературы и двух приложений. Объем диссертации составляет 165 страниц, содержит 6 таблиц и 89 рисунков, список литературы содержит 103 работы отечественных и зарубежных авторов.

Во введении автором обоснована актуальность исследований, направленных на уменьшение механических потерь совершенствованием конструкции юбки составного поршня. Дана общая характеристика диссертационной работы.

В первой главе выполнен обзор и анализ работ, посвященных профилированию юбки поршня. Определены основные подходы к определению потерь на трение в сопряжении «юбка поршня – цилиндр». Особое внимание автором уделено влиянию жесткости юбки поршня на выбор параметров ее профиля с целью поддержания гидродинамического трения. Выполнен анализ конструкции составных поршней, на основании которого сформулированы их особенности, требующие учета при профилировании.

Вторая глава посвящена расчету условий гидродинамического трения, с учетом особенностей вторичного движения юбки составного поршня и ее деформации. Для чего автором приводится расчетная схема определения толщины масляного слоя между юбкой поршня и цилиндром, а также система уравнений баланса сил и моментов, действующих на юбку поршня, с помощью которых характеризуются ее вторичное движение. Разработан алгоритм профилирования юбки составного поршня главной особенностью которого является использование матрицы податливости юбки поршня для определения ее деформации при решении упруго-гидродинамической задачи. Выполнено исследование влияния размеров

конечно-разностной сетки на точность результатов, получаемых при решении гидродинамической задачи.

В третьей главе выполнено математическое моделирование гидродинамики масляного слоя в сопряжении «юбка поршня – цилиндр». Предложен и апробирован расчетно-экспериментальный метод определения деформаций юбки поршня, используемый для верификации конечно-элементной модели и составления матрицы податливости. Разработан стенд для экспериментального определения напряженно-деформированного состояния юбки поршня. Расхождение расчетных результатов, полученных с использованием конечно-элементной модели, с экспериментальными данными, составило не более 10 %. Проведена верификация модели расчета гидродинамических параметров смазки в сопряжении «юбка поршня – цилиндр» с учетом деформаций юбки от гидродинамического давления на примере монометаллического поршня. Показано, что разработанная модель расчета гидродинамических параметров смазки в сопряжении «юбка поршня – цилиндр» является универсальной и может использоваться для исследования различных вариантов конструкций поршня.

В четвертой главе проведен сравнительный анализ деформаций юбки составного и монометаллического поршней. Показано, что для составной конструкции поршня деформации юбки поршня увеличиваются в 3-4 раза, как в плоскости качания шатуна, так и вдоль оси поршневого пальца. При этом конструкция составного поршня по сравнению с монометаллическим в большей степени позволяет юбке поршня совершать поворот относительно поршневого пальца в направлении улучшения гидродинамического эффекта «клина» и тем самым способствует обеспечению гидродинамического режима трения.

По результатам проведенных исследований установлены закономерности влияния монтажного зазора, параметров продольного и поперечного профилей юбки поршня, с учетом особенностей деформации юбки составного поршня, на вторичное движение юбки поршня, а также условия ее гидродинамического трения. В результате чего, для исследуемой юбки поршня, с учетом ее деформаций, были определены значения параметров профиля юбки поршня, использование которых позволило обеспечить преимущественно жидкостное трение в сопряжении «юбка поршня – цилиндр», с минимальным монтажным зазором.

В приложениях приведены параметры двигателя 6ЧН 13/15, используемые для выполнения профилирования юбки составного поршня, а также полученные результаты профилирования юбки составного поршня.

8. Замечания по работе

По представленным диссертации и автореферату необходимо сделать ряд замечаний:

1. В тексте диссертации и автореферате следовало бы более четко выделить математические модели, которые использовались при проведении теоретических исследований и были разработаны автором (модель вторичного движения юбки составного поршня, модель расчета гидродинамических параметров смазки в сопряжении «юбка поршня – цилиндр» и др.), а также отличия этих моделей от существующих.

2. В разделе «Положения, выносимые на защиту» абзац 3 следует конкретизировать.

3. На стр. 61 диссертации при определении гидродинамических параметров сопряжения «юбка поршня – цилиндр» отсутствуют сведения о степени обоснованности допущений о формировании смазочного слоя в сопряжении «юбка поршня – цилиндр» и характере деформаций.

4. В тексте диссертации не приведена формула 2.4 (стр. 58), представленная в автореферате под номером 2 (стр. 9).

5. В диссертации и автореферате имеются опечатки и стилистические неточности.

9. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Содержание диссертации соответствует заявленной области исследований и следующим пунктам паспорта научной специальности 2.4.7 Турбомашины и поршневые двигатели:

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;

3 – Экспериментальные исследования и физико-математическое моделирование динамики, напряженно-деформированного состояния, прочности и разрушения материалов, узлов и механизмов, их надежности, режимов работы турбомашин, поршневых двигателей, их систем и вспомогательного оборудования.

10. Заключение

Диссертационное исследование Воробьева Александра Алексеевича «Методика профилирования юбки составного поршня форсированного четырехтактного дизеля с учетом условий ее смазки в цилиндре» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи кандидатской диссертации, имеющей важное значение для двигателестроения. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, согласно п. 2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного Ученым советом РУДН протокол № УС-12 от 03.07.2023г., а её автор, Воробьев Александр Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.7 Турбомашин и поршневые двигатели.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Транспортно-технологических машин и процессов»
Политехнического института
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» д.т.н. (05.04.02), доцент

Роман Николаевич
Хмелев

Справочные данные:

Хмелев Роман Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор
кафедры «Транспортно-технологических машин и процессов»
Политехнического института ФГБОУ ВО «Тульский государственный
университет»

г. Тула, пр.Ленина, д. 92, Тел. 8-953-433-63-56
e-mail: aiah@yandex.ru

