

## **ОТЗЫВ**

### **официального оппонента**

кандидата технических наук, доцента Сафронова Павла Владимировича 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 темы диссертации**

Актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью повышения энергоэффективности двигателей, вызываемой ужесточением норм на выбросы углекислого газа автомобильным транспортом. Анализ результатов исследовательских работ показывает, что одним из путей повышения энергоэффективности двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является уменьшение внутренних потерь на трение.

Известно, что на долю деталей цилиндро-поршневой группы приходится до 50% внутренних механических потерь в двигателях внутреннего сгорания. Исходя из сказанного, данную диссертационную работу, направленную на снижение механических потерь между юбкой поршня и гильзой цилиндра, следует считать актуальной.

Диссертационная работа аспиранта Якунина Руслана Владимировича «Методические основы оптимизации профиля юбки поршня ДВС с целью снижения механических потерь» по разработанным методам и средствам исследования отвечает требованиям и задачам современного двигателестроения и выполнена на актуальную тему.

### **Научная новизна**

заключается в следующем:

- обоснована необходимость учета градиента давлений в масляном слое при расчете деформаций поршня и гильзы цилиндра;
- разработана методика расчета, учитывающая одновременно перемещение, деформацию деталей с несколькими степенями свободы и параметров масляного слоя между ними;
- разработан алгоритм для расчета параметров масляного слоя по предложенной методике.

Выполнено математическое моделирование деформации юбки поршня и гильзы цилиндра под действием давления в масляном слое, позволяющее выполнять расчетные исследования влияния конструкции этих деталей на механические потери.

### **Практическая ценность исследования**

Практическая ценность результатов работы состоит в разработке методики расчета и компьютерной программы расчета параметров масляного слоя между юбкой поршня и гильзой цилиндра.

Предлагаемая процедура проектирования деталей цилиндро-поршневой группы позволяет уменьшить трение в сопряжениях и снизить механические потери.

Полученные в результате исследования расчетные модели, результаты их применения и технические рекомендации используются при проведении НИОКР во ФГУП «НАМИ».

Таким образом, диссертационная работа Якунина Руслана Владимировича соответствует критерию «Практическая ценность».

### **Обоснованность и достоверность научных положений диссертационной работы.**

Достоверность сформулированных научных положений и выводов обусловлены использованием классической теории гидродинамической смазки и граничного трения, использованием апробированных расчетных средств и соответствием расчетных результатов с экспериментальными данными.

### **Структура и содержание работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, списка литературы. Объем диссертации составляет 126 страниц основного текста, содержащего 6 таблиц и 93 рисунков, список литературы содержит 103 наименования работ отечественных и зарубежных авторов.

Во введении обосновывается актуальность диссертационной работы, формулируются положения, содержащие научную новизну и выносимые на защиту, обосновывается практическая ценность работы, определена цель и представлены задачи исследования.

В первой главе приведен анализ влияния механических потерь в цилиндро-поршневой группе на эффективный КПД двигателя. Проанализированы современные направления конструирования юбок поршней быстроходных ДВС. Рассмотрены основные современные программные комплексы по расчету профилей юбок. Представлены достоинства и недостатки каждого из них. Глава завершается постановкой цели и задач работы.

Во второй главе приводится методика расчета и анализируется влияние различных упрощений модели на параметры масляного слоя. Разработанная методика расчета позволяет учитывать деформации деталей и их перемещения под воздействием давления в масляном слое между ними. Проведена сравнительная оценка точности результатов, полученных при использовании существующих методик и предлагаемой методики. Показано, что необходимо учитывать не только деформации цилиндра и юбки поршня при однократном нагружении в первом приближении, но и зависимость этих деформаций от эпюры давлений в каждом приближении. Точный расчет параметров масляного слоя позволяет подобрать профиль юбки

поршня со сниженными потерями на трение. Приведены используемые граничные условия, допущения и упрощения модели.

В третьей главе сравниваются результаты расчетов и экспериментов. Сравнивались данные по положению поршня в цилиндре, распределению давлений в масляном слое, по расположению областей с минимальными толщинами масляного слоя на юбке поршня. В расчетных моделях учитывается деформация гильзы от затяжки болтов, поэтому в трехмерных моделях присутствуют блоки цилиндров и головки блоков цилиндров. Распределение температур деталей соответствуют замеренным в нескольких точках температурам. Отклонение полученных с помощью предлагаемой методики расчетных данных от экспериментальных: при определении смещения поршня и угла наклона поршня в цилиндре не превышает 10%; при определении величины давления в масляном не превышает 16%; при определении положения областей с минимальными толщинами масляного слоя не превышает 10%.

В четвертой главе проводится расчетно-экспериментальное сравнение потерь на трение неоптимизированной и оптимизированной юбок поршня. Показано, что у неоптимизированного поршня на протяжении основной части его хода наблюдается граничный режим трения, что приводит к повышенным потерям на трение. Проведенная расчетная оптимизация профиля юбки поршня позволила значительно снизить потери на трение за счет: уменьшения доли хода поршня с граничным трением; уменьшения площади юбки; прохождения равнодействующей от боковой силы на уровне оси пальца. Проведено сравнительное испытание двигателей с неоптимизированной юбкой поршня и с оптимизированной. Расчетное относительное снижение потерь на трение хорошо согласуется с результатами эксперимента.

#### **Публикации, апробации и реализация работы**

Диссертация прошла апробацию, её существо изложено в достаточном числе публикаций, автореферат диссертации соответствует её содержанию. Результаты работы прошли широкую апробацию на научно-технических конференциях и семинарах.

Диссертантом решена важная научно-практическая задача повышения конкурентоспособности на основе совершенствования конструкции деталей

Диссертация легко читаема, правильно оформлена.

Диссертант владеет современными методами программирования, анализа и обработки полученных результатов.

Публикации, приведенные в автореферате, включают материалы по основным разделам диссертации.

Автором опубликовано 5 печатных работ, из них 3 в изданиях по списку ВАК РФ.

Результаты работы используются при проведении НИОКР во ФГУП «НАМИ», представлен акт внедрения.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Не всегда корректно указывается направление приложения сил при объяснении расчетной модели. Так на рис. 2.5.2, стр. 47 направление силы инерции поршневого комплекта указана вдоль оси симметрии поршня, хотя должна быть направлена по оси цилиндра. На рис. 4.1.1. стр. 84. Сила гидродинамического давления показана приложенной не по нормали к поверхности, а под некоторым углом.

2. На фотографиях поршней двигателей единой модульной платформы, разработанной в «НАМИ» поясняющие надписи выполнены на английском языке (рис. 3.3.5, стр. 81).

3. При проведении расчетного моделирования тепловых полей поршня и действующих силовых факторов не указываются режимы, для которых эти расчеты выполнены. Это затрудняет использование представленных в работе материалов.

4. Экспериментальное подтверждение эффективности изменения профиля юбки поршня, выполненной в соответствии с предлагаемой методикой, проводилось на двигателях с КШМ, имеющих разные кинематические и массовые параметры ( $\lambda=0,31$  для базового двигателя и  $\lambda=0,28$  с измененным профилем юбки). Это обстоятельство затрудняет сравнение и делает его не совсем наглядным.

5. При описании способов создания масляного клина между юбкой поршня и стенкой цилиндра предлагаются варианты скоса нижней части юбки (при оставлении самой юбки параллельной стенке) или скоса в верхней её части и обеспечение поворота поршня и отсутствия параллельности юбки и стенки. К сожалению, не приводятся преимущества и недостатки каждого из этих вариантов.

Отмеченные недостатки и замечания не снижают научной и практической значимости, а также научной ценности выполненной работы.

### **Заключение**

На основании вышеизложенного считаю, что диссертация Якунина Р.В. соответствует требованиям, предъявляемым «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года.

Диссертационная работа аспиранта Якунина Руслана Владимировича «Методические основы оптимизации профиля юбки поршня ДВС с целью снижения механических потерь», представляет законченное научное исследование. Результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики двигателестроения. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Достоверность полученных автором результатов исследований подтверждена экспериментальными данными. Результаты работы указывают на то, что диссертант обладает необходимыми теоретическими знаниями для решения сложных научных задач. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

В целом по актуальности, научной новизне, объёму материалов, научной ценности, а также практическому значению полученных результатов, выполненная работа отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Якунин Руслан Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

Официальный оппонент,

кандидат технических наук, доцент, доцент

кафедры «Теплотехника и автотракторные двигатели»

Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования

«Московский автомобильно-дорожный государственный

технический университет (МАДИ)» (ФГБОУ ВО

«Московский автомобильно-дорожный государственный

технический университет (МАДИ)»

/Павел Владимирович Сафронов/

Кандидатская диссертация по специальности 05.04.02.

Личную подпись Сафронова П.В. удостоверяю

Проректор по научной работе МАДИ



/В.В. Ушаков/

29.11.2019

125319, Москва, Ленинградский проспект, 64

Тел. 8 (916) 163-71-99, e-mail: pavel\_safronov@mail.ru