

## УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВПО  
«Челябинская государственная  
агроинженерная академия»  
доктор биол. наук, профессор



*И.В. Синявский*  
И.В. Синявский  
06 » 02 2014 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия» на диссертационную работу инженера кафедры «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей» ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ) Дойкина Алексея Алексеевича «*Расчетно-экспериментальный метод профилирования образующей поршня для повышения ресурса трибосопряжения «поршень-цилиндр» ДВС*», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин» и 05.04.02 – «Тепловые двигатели».

### Общая характеристика работы

Диссертация Дойкина А.А. состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержание диссертации изложено на 132 страницах машинописного текста, включая 26 иллюстраций, 17 таблиц, 98 наименований литературных источников (в том числе 15 – иностранных).

### Актуальность темы

В условиях непрерывного развития и совершенствования различных поршневых машин, а также установившихся тенденций к созданию энергоэффективных установок на их основе, задача дальнейшей разработки теории, ме-

тодов расчета и проектирования с целью повышения надёжности подобной техники является весьма актуальной.

В этой связи, для постоянного совершенствования существующих и создания новых конструкций двигателей внутреннего сгорания (ДВС) требуется повышение безотказности и долговечности их трибосопряжений, к которым относится и сопряжение «поршень–цилиндр». Одним из основных путей повышения работоспособности и ресурса сопряжения «поршень–цилиндр» является применение поршней с нерегулярной геометрией юбки, обладающих улучшенными трибологическими свойствами. Однако, разработанные на текущий момент математические модели и методы профилирования несущей поверхности либо не учитывают наличия смазочного слоя между юбкой поршня и цилиндром, либо не в полной мере отражают процессы, происходящие в смазочном слое.

Отличительной особенностью выполненной А.А. Дойкиным работы является комплексный подход к оценке ресурса рассматриваемого сопряжения. А именно, наряду с расчетной оценкой продолжительности контактного взаимодействия сопрягаемых поверхностей, им выполнено экспериментальное исследование интенсивности изнашивания в зависимости от режимов нагружения сопряжения.

Необходимость такого исследования базируется на основании выполненного автором широкого обзора отечественных и зарубежных литературных источников, посвященных современным методам расчета сопряжения «поршень–цилиндр», с отмеченными недостатками этих методов, часть из которых автор в своей работе попытался устранить.

Всё вышеизложенное определяет актуальность диссертационного исследования, цель которого автор видит в разработке расчетно-экспериментального метода профилирования образующей поршня для повышения ресурса трибосопряжения «поршень–цилиндр» в двигателях внутреннего сгорания.



## **Научная новизна работы**

Впервые в математической модели смазочного слоя для сопряжения с поступательным движением шипа, наряду с учетом профиля направляющей поверхности (юбки) поршня, при определении поля гидродинамических давлений учитывается степень заполнения зазора смазочным маслом. Это становится возможным лишь при применении алгоритма сохранения массы, реализуемого на основе модифицированного автором уравнения Эйлера.

Предложена, адаптирована и апробирована оригинальная расчетно-экспериментальная методика профилирования образующей поршня, позволяющая на стадии проектирования прогнозировать ресурс трибосопряжения «поршень–цилиндр» двигателя. Такой подход базируется на совместном решении гидродинамической задачи смазки и применении молекулярно-механической и энергетической теорий трения и изнашивания.

При решении задачи оптимизации, наряду с основными гидромеханическими характеристиками трибосопряжения, в качестве критериев оптимизации автором предложено использовать протяженность зон контактирования сопрягаемых поверхностей. Этот параметр является ключевым при оценке работы сопряжения в режиме граничного трения и используется при расчете ресурса.

## **Практическая значимость результатов работы**

Разработанные автором методическое, алгоритмическое и программное обеспечения позволяют расчетным путем оценивать влияние на ресурс и гидромеханические характеристики сопряжения «поршень–цилиндр» конструктивных параметров, режимов нагружения, свойств смазочного материала и на основании этого формулировать рекомендации по оптимизации профиля юбки поршня. Такой подход позволяет сократить затраты времени и средств на создание, экспериментальные исследования и доводку конструкций цилиндропоршневой группы, что особенно важно для таких конструктивно сложных технических объектов как двигатели внутреннего сгорания.

На основании проведенных соискателем расчетно-экспериментальных исследований сформулированы рекомендации по оптимизации геометрических параметров профиля образующей юбки поршня в целях сокращения износа и увеличения ресурса тяжелонагруженного дизеля на примере ДВС типа ЧН 13/15. Техническая новизна исследования подтверждена патентом на полезную модель «Поршень двигателя внутреннего сгорания».

### **Оценка содержания работы**

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, ее научная новизна, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе рассматриваются предлагаемые отечественными и зарубежными авторами методики профилирования юбки поршня и разработанные с их применением конструкции поршней. На основе анализа изученных литературных источников автор приходит к выводу об узкой направленности применяемых подходов и необходимости учета наличия смазочного слоя между юбкой поршня и цилиндром при решении задачи отыскания оптимального профиля образующей. Обзор научных статей и технической литературы подтвердил правильность выбранных направлений работы, цели и задач исследования.

Во второй главе представлены положения методики моделирования движения поршня в цилиндре с учетом сохранения массы смазочного масла. В предложенной модели применяются граничные условия Якобсона-Флоберга-Ольсона (ЯФО), которые реализуются интегрированием вместо уравнения Рейнольдса известного уравнения Элрода для степени заполнения смазочного зазора. Реализация граничных условий ЯФО дала возможность смоделировать и учесть влияние степени заполнения зазора смазочным маслом на потери на трение, расходы смазки, продолжительность работы сопряжения в режиме граничного трения.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям линейной интегральной интенсивности изнашивания материалов элементов сопряжения «поршень – цилиндр» и разработке на их основе методики расчетной оценки



ресурса сопряжения. Полученные экспериментальным путем параметры, характеризующие уровень изнашивания сопряжения, одновременно с использованием положений энергетической и молекулярно-механической теорий трения применяются для расчета времени изнашивания контактного слоя. Совместно с гидродинамическим расчетом предложенная методика позволяет оценить долю контактного взаимодействия в общем времени работы дизеля и определить ресурс исследуемого сопряжения.

В четвертой главе на примере сопряжения дизельного двигателя ЧН 13/15 проанализированы результаты применения разработанного алгоритма сохранения массы и расчетно-экспериментального метода оценки ресурса при решении многокритериальной задачи оптимизации параметров трибосопряжения «поршень – цилиндр». Показано, что эффективным способом повышения ресурса и улучшения гидромеханических характеристик сопряжения является подбор геометрических параметров профиля направляющей поршня, а также оптимальной вязкостно-температурной характеристики моторного масла. Глава заканчивается разделом, содержащим структуру разработанного пакета программ, используемого при решении задач оптимизации параметров сложноподшипников. Кроме того, приведено описание технического решения поршня, использование которого позволяет минимизировать искажение заданного профиля несущей поверхности под действием градиента температур и за счет этого повысить ресурс трибосопряжения. Этим продемонстрирована практическая ценность разработанного расчетного комплекса, позволяющего оптимизировать сопряжение «поршень – цилиндр».

В «Заключении» отражены основные научные и практические результаты диссертационного исследования.

В четырех приложениях приведены исходные данные и результаты компьютерных расчетов рабочего процесса дизеля ЧН 13/15, результаты расчетов, иллюстрирующие зависимость гидромеханических характеристик от геометрических параметров юбки, результаты экспериментальных исследований, копии свидетельств о регистрации разработанных компьютерных программ и патента

на полезную модель, а также акта о практическом использовании результатов работы.

### **Соответствие научной специальности**

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин:

– в части содержания пункта 1 области исследования «Теория и методы исследования процессов, влияющих на техническое состояние объектов машиностроения, способы управления этими процессами»;

– в части содержания пункта 2 области исследования «Теория и методы проектирования машин и механизмов, систем приводов, узлов и деталей машин»;

– в части содержания пункта 3 области исследования «Теория и методы обеспечения надежности объектов машиностроения».

– в части содержания пункта 5 области исследования «Повышение точности и достоверности расчетов объектов машиностроения, в том числе на основе компьютерного моделирования».

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели:

– в части содержания пункта 1 области исследования «Теоретические и экспериментальные исследования тепловых, газодинамических, гидродинамических, механических и физико-механических процессов в двигателях и их системах»;

– в части содержания пункта 2 области исследования «Теоретические и экспериментальные исследования по обеспечению экономичности и экологической чистоты рабочих процессов в тепловых двигателях, созданию надежных конструкций двигателей и их агрегатов»;

– в части содержания пункта 3 области исследования «Разработка математических моделей, пакетов программ и методов экспериментальных исследований тепловых двигателей и их систем, обеспечивающих надежное прогнозирование жизненного цикла двигателя».



### Замечания по диссертационной работе

1. По нашему мнению, задачу расчета динамики поршня на смазочном слое необходимо решать совместно с расчетом работы поршневых колец.
2. Не ясно, почему нельзя сразу использовать экспериментально определенную зависимость линейной интегральной интенсивности изнашивания при оценке ресурса сопряжения.
3. На наш взгляд, логичным завершением работы было бы проведение износных испытаний на развернутом дизельном двигателе с целью сравнения с результатами расчетных исследований.

### Оценка стиля изложения диссертации и автореферата

Диссертационная работа изложена технически грамотным языком и хорошо оформлена. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. Опубликованные работы достаточно полно отражают суть диссертации.

### Заключение

Несмотря на отмеченные недостатки, рассмотренная диссертация является законченным научным исследованием, решает достаточно сложную научно-техническую задачу и вносит существенный вклад в методологию расчета сложнагруженных трибосопряжений, полученные результаты помогут решить многие технические задачи в будущем.

Работа обладает научной новизной и практической ценностью. Объем и качество работы удовлетворяют требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор **Дойкин Алексей Алексеевич**, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Зав. кафедрой «Тракторы и автомобили»  
ФГБОУ ВПО «ЧГАА»,  
канд. техн. наук, доцент

Подпись *Бердова Е.И.*  
УДОСТОВЕРЯЮ  
Начальник ОК *Н.Н. З...*



*Бердов*  
03.02.14

Е.И. Бердов