

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Плотникова Леонида Валерьевича «Повышение качества газообмена в поршневых ДВС путем совершенствования газодинамики и теплообмена потоков во впускных и выпускных каналах», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, 05.04.02 – Тепловые двигатели

Диссертационная работа Плотникова Л.В. посвящена экспериментальному исследованию сложной газодинамики и теплообмена нестационарных газовых потоков во впускных и выпускных системах поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), в том числе при работе ДВС с наддувом. Работа, направленная на улучшение технико-экономических показателей двигателей, находится в русле приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ (8. Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика), а также связана с разработкой критических технологий РФ (27. Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе).

**Актуальность** работы определяется тем фактом, что более 80 % всей мировой энергии вырабатывается поршневыми и комбинированными ДВС. Поэтому совершенствование рабочих процессов и отработка элементов конструкций элементов и систем поршневых ДВС имеет большой потенциал в улучшении экологической обстановки и значительной экономии ископаемых невозобновляемых ресурсов как в глобальном мировом масштабе, так и в масштабе нашей страны.

Особенность диссертационной работы состоит в том, что результаты исследования с одной стороны представляют интерес с точки зрения фундаментальной науки, поскольку дают возможность более глубокого понимания физических процессов в области нестационарной газодинамики и локального теплообмена в трубопроводах сложной конфигурации. С другой стороны, результаты важны с точки зрения практических приложений, т.к. открывают новые возможности для совершенствования процессов газообмена и в конечном итоге улучшения технико-экономических показателей энергетических машин и установок на базе поршневых ДВС.

**Научная новизна** работы состоит в следующем:

1. Предложены сравнительные показатели для оценки степени нестационарности переходных процессов газовых потоков – характерные времена (время восстановления и время релаксации);

2. Получены эмпирические уравнения для расчета мгновенного локального коэффициента теплоотдачи во впускном и выпускном трубопроводах разной конфигурации для поршневых ДВС, в том числе с наддувом;

3. Предложена авторская методика учета влияния нестационарности на теплоотдачу с помощью коэффициента мобильности теплоотдачи;

4. Показано, что гидродинамическая нестационарность снижает интенсивность теплоотдачи в диапазоне 1,3-2,5 раза в зависимости от режима работы двигателя;

5. Предложены разнообразные меры по увеличению расхода рабочего тела, поступающего в цилиндр, и улучшению очистки цилиндра от отработавших газов за счет конструктивного изменения впускной и выпускной систем поршневых ДВС.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается тем, что автор достаточно обоснованно использует известные научные методы для получения экспериментальных данных, формулирования выводов и разработки рекомендаций. Достоверность также определяется соответствием всех полученных результатов современным физическим представлениям, тарировкой и апробацией измерительной аппаратуры, тщательным анализом погрешности измерений.

**Практическая значимость** результатов диссертации состоит в том, что полученные автором экспериментальные и аналитические данные, результаты математического моделирования, эмпирические формулы и технические решения создают основу для разработки инженерных методов расчета впускных и выпускных систем двигателей, а также дополняют научные представления из области прикладной газодинамики, в частности, связанной с локальной теплоотдачей потока газов в процессах газообмена, что необходимо для модернизации существующих и разработке новых конструкций поршневых ДВС с перспективными технико-экономическими показателями. Следует отметить, что конструктивная реализация предлагаемых способов совершенствования газодинамики и теплообмена в газовоздушных трактах поршневых ДВС защищена патентами РФ.

Также следует отметить, что результаты исследования внедрены на ряде промышленных предприятий УрФО: ООО «Уральский дизель-моторный завод», ПАО «Уралмашзавод», ОАО «Машиностроительный завод имени М.И.Калинина» и промышленной группе «Генерация», что подтверждается соответствующими актами внедрения.

**Апробация работы** проведена на очень убедительном уровне. Список публикаций автора по результатам диссертации включает 27 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 6 патентов РФ, 1

монографию, 4 учебно-методических пособия. Следует отметить 7 статей автора диссертации в журналах, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science (WoS). Из них 1 статья опубликована в журнале WoS, относящегося к первому квартилю (Q1). Результаты работы также представлялись на большом количестве Российских и Международных конференций.

Представленная к защите диссертация состоит из реферата, списка обозначений, оглавления, введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 264 наименований, 8 приложений. Всего 378 страниц (433 страницы с приложениями).

**Во введении** кратко сформулированы цели и задачи работы, связанные с решением фундаментальных и прикладных проблем, а также отмечаются ее квалификационные признаки.

**В первой главе** приведен достаточно детальный обзор литературы, дающий представление о состоянии изучаемой проблемы, связанной с совершенствованием газодинамики и теплообмена пульсирующих потоков в газоздушных трактах поршневых ДВС, полученных ранее данных, применяемых методах исследований. На основании выполненного обзора был обоснован выбор объекта и задач исследования.

**Во второй главе** проведен анализ степени газодинамической нестационарности процессов газообмена в поршневых двигателях внутреннего сгорания, вводятся сравнительные критерии оценки степени этой нестационарности (характерные времена – время восстановления и время релаксации). Для проведения инженерных расчетов предлагается метод учета влияния тепломеханической нестационарности на интенсивность теплообмена в газоздушных трактах ДВС с помощью коэффициента мобильности теплоотдачи.

**В третьей главе** приводится описание комплекса экспериментальных установок и действующего двигателя, системы сбора и обработки экспериментальных данных, характеристик измерительной аппаратуры, особенностей проведения опытов, основные результаты исследований газодинамических и расходных характеристик газовых потоков в газоздушных трактах поршневых ДВС. Также в этой главе представлены основные результаты математического моделирования и экспериментальных исследований газодинамических и расходных характеристик газовых потоков во впускных и выпускных системах поршневых ДВС, описаны предлагаемые способы совершенствования процессов в газоздушных системах двигателей, включая режимы с наддувом, с целью улучшения технико-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания.

**Четвертая глава** посвящена исследованию локальной теплоотдачи в газоздушных трактах поршневых ДВС, имеющих разное поперечное сечение, проводится анализ влияния турбокомпрессора, представляющего собой устройство механического воздействия на пульсирующий поток, на интенсивность локальной теплоотдачи во впускных и выпускных системах двигателей. Также осуществлено сравнение интенсивности локальной теплоотдачи во впускном и выпускном трубопроводах ДВС для разных режимов течения газов, в том числе стационарного и пульсирующего, получены размерные эмпирические уравнения для расчета локального коэффициента теплоотдачи в газоздушных трактах поршневых двигателей. В дополнение, на основе полученных автором экспериментальных данных предлагаются методы снижения тепловой напряженности в газоздушных трактах.

**В пятой главе** рассмотрены вопросы практической реализации основных научных результатов работы. Автором предложены новые конструкции впускных и выпускных трубопроводов ДВС с профилированными участками, модернизированная впускная система дизельного двигателя 8ДМ-21 (УДМЗ) с системой управляемого сброса части наддувочного воздуха, а также конструкция выпускной системы дизелей семейства ДМ-21 (УДМЗ) с системой эжекции отработавших газов.

Также в этой главе представлены результаты численного моделирования рабочего цикла дизельного двигателя 8ДМ-21 с учетом конфигурации газоздушных трактов и газодинамической нестационарности процессов впуска и выпуска с помощью программного комплекса ACTUS. Полученные результаты важны для улучшения технико-экономических показателей дизелей семейства ДМ-21. Следует заметить, что моделирование процессов было выполнено совместно со специалистами швейцарской фирмой ABB Turbo Systems, о чем свидетельствует совместная публикация.

**В заключении** сформулированы основные выводы по работе.

В целом, диссертация производит положительное впечатление. Изложение материала хорошо структурировано и систематизировано. Совокупность приведенных результатов позволяет судить о квалификационной состоятельности диссертационной работы.

**Автореферат** достаточно полно отражает содержание диссертации.

По представленной диссертационной работе имеется ряд **вопросов и замечаний**:

1. Обзор литературы, приведенный в первой главе, охватывает довольно большое количество источников, но обращает внимание, что в списке

использованной литературы достаточно скудно представлены современные зарубежные работы.

2. В продолжение предыдущего замечания по первой главе, а также относительно третьей главы, представляющей описание экспериментальной техники, можно заметить, что инструментарий, доступный в настоящее время исследователям в области газодинамики, не ограничивается термоанемометром. Здесь нужно упомянуть в первую очередь такие бесконтактные оптические методы, как лазерно-Допплеровская анемометрия (ЛДА) и полевые измерители скорости (PIV), которые в современном исполнении позволяют исследовать быстропеременные аэродинамические процессы, аналогичные тем, которые реализуются в газообменных системах ДВС. Вместе с тем данный аспект не отражен в диссертации.

3. При анализе полученных экспериментальных данных для объяснения характера изменения параметров пульсирующего потока неоднократно говорится, что это связано с перестройкой структуры течения при нестационарных условиях. Однако в диссертации так и не приводится описание того, в чем же конкретно состоит эта перестройка.

4. В работе аэродинамические характеристики течения во впускных/выпускных каналах представлены только временными реализациями сигнала термоанемометра в единственной локальной точке. Не совсем понятно, почему этот прибор не был использован для получения профилей скоростей и турбулентных характеристик (по крайней мере для отдельных выделенных режимов работы установки), которые определяют гидравлическое сопротивление и коэффициент теплоотдачи. Периодический характер пульсаций дает возможность использования методов условного (фазового) осреднения сигнала термоанемометра, что позволяет, например, проследить изменение структуры течения в различных фазах поворота коленчатого вала.

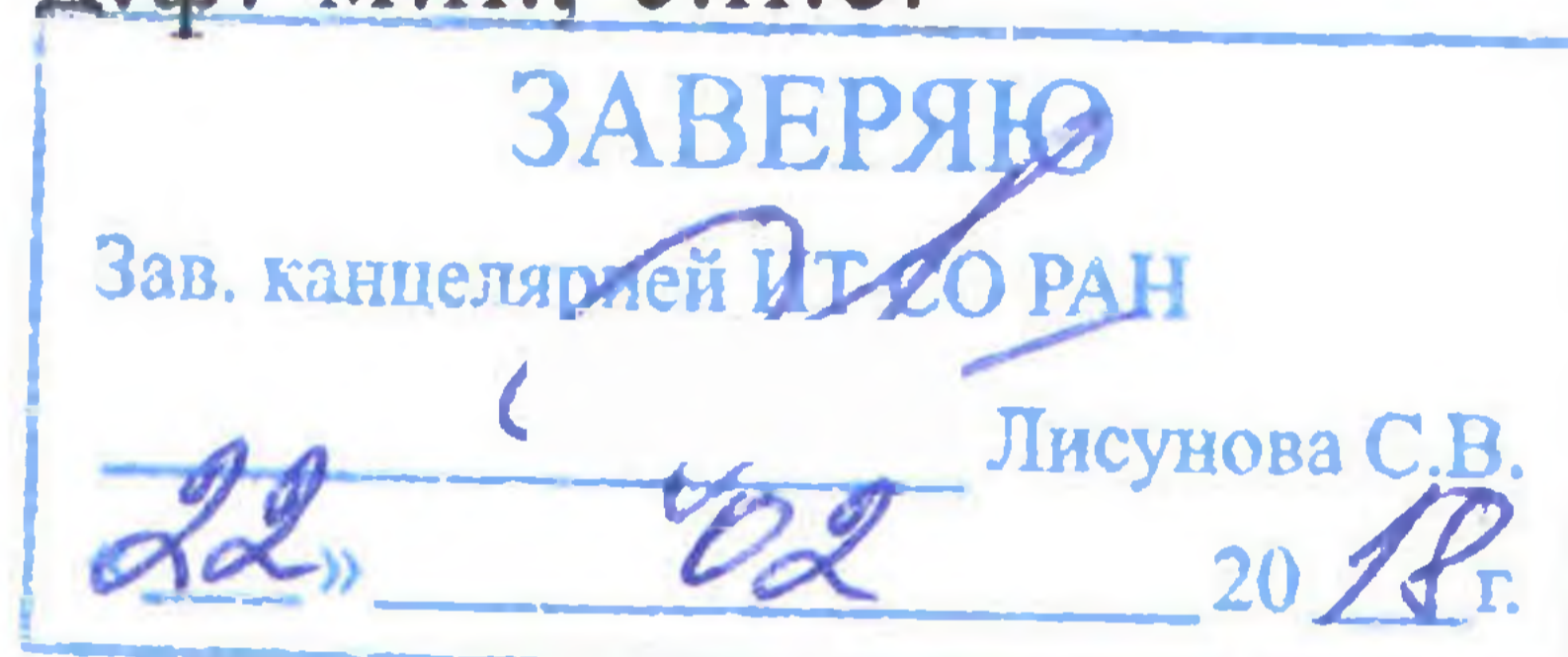
5. В целом диссертация написана ясным, удобочитаемым языком, но по тексту встречается довольно много опечаток. Можно привести несколько характерных примеров таких ошибок: стр. 21 - «Для продувки используют головки цилиндров существующих двигателей или их модели из макетных материалов в сборе с клапанами узлами»; стр. 136 - «Установка во впускном тракте тканевого фильтра приводит к более существенному снижение объемного расхода воздуха систему»; стр. 328 – «Из рисунка 5.30 видно, что наименьшие величины амплитуд пульсаций наблюдутся на выходе потока из компрессора ТК». На самом деле, такого рода опечаток по тексту набирается несколько десятков, что все-таки избыточно, даже имея ввиду, что диссертационные работы представляются в статусе «на правах рукописи».

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности представленной диссертационной работы Плотникова Л.В., которая в целом выполнена на высоком профессиональном уровне и соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней.

Считаю, что диссертация **соответствует паспортам научных специальностей 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника, 05.04.02 – Тепловые двигатели** и является законченным научным исследованием, а ее автор Плотников Леонид Валерьевич **заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук** по специальностям 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника и 05.04.02 – Тепловые двигатели.

Заведующий лабораторией  
экологических проблем теплоэнергетики  
ИТ СО РАН

д.ф.-м.н., с.н.с.



  
Сергей Иванович Шторк

«22» февраля 2018 г.

ФГБУН «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук» (ИТ СО РАН)

Адрес организации: 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 1

Тел/факс: (383) 330-90-40/330-84-80,

E-mail: [shtork@itp.nsc.ru](mailto:shtork@itp.nsc.ru)

Web page: <http://www.itp.nsc.ru>