

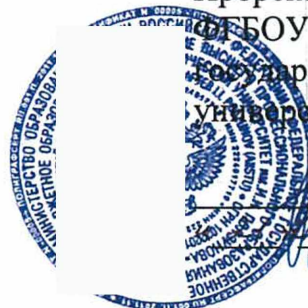


Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Алтайский государственный  
технический университет  
им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ)**  
пр-т Ленина, 46, г. Барнаул, 656038  
Телефон: (3852) 29-07-10  
Факс: (3852) 36-78-64  
E-mail: altgtu@list.ru ;  
ntsc@desert.secna.ru

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НИР



ВПО

«Алтайский  
технический

государственный  
университет им. И.И. Ползунова»

А.А.Максименко

04 \_\_\_\_\_ 2015 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И.Ползунова» на диссертационную работу **Григорьева Никиты Игоревича** «Газодинамика и локальная теплоотдача в выпускном трубопроводе поршневого ДВС», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»; 05.04.02 – «Тепловые двигатели».

#### 1. Оценка содержания работы:

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, содержащего 93 наименования, и 3 приложений, изложена на 154 страницах и содержит 71 рисунок и 3 таблицы.

Автореферат диссертации изложен на 24 страницах, содержит 11 рисунков и список опубликованных работ соискателя из 16 наименований.

Диссертационная работа Григорьева Н. И. посвящена экспериментальному исследованию газодинамики и локальной теплоотдачи в выпускном трубопроводе поршневого двигателя внутреннего сгорания (ПДВС).

Основной целью рассматриваемой работы является установление закономерностей изменения газодинамических и тепловых характеристик процесса выпуска отработавших газов (ОГ) в ПДВС от конструктивных и режимных факторов, а так же разработка на этой основе способов совершенствования выпускных систем.

Во введении автором обоснован выбор направления исследования и его цели, определен круг основных решенных задач, показаны актуальность, научная и практическая значимость результатов работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор литературных источников, которые посвящены проблемам изучения термогазодинамических процессов в выпускных системах ОГ. Рассматриваются известные конструкции выпускных систем и их влияние на расходные характеристики и теплоотдачу, а также методы исследования процесса выпуска в ПДВС.

На основе выполненного автором анализа литературных данных были сформулированы основные задачи исследования.

Вторая глава посвящена описанию методик, средств исследований и созданных экспериментальных установок.

Подтверждено, что процессу выпуска отработавших газов ПДВС свойственна газодинамическая нестационарность.

Описывается экспериментальная установка, представляющая одноцилиндровую натурную «холодную» модель ПДВС, приводимую во вращение при помощи асинхронного двигателя. Подробно описана конфигурация исследуемого участка выпускного трубопровода и места установки датчиков.

Представлена автоматизированная система сбора данных на основе аналого-цифрового преобразователя фирмы L-Card, а также средства измерений.

Подтверждена применимость термоанемометра для исследования процесса выпуска ОГ. В частности, доказано, что его частотные характеристики пригодны для изучения газодинамики и локальной теплоотдачи в выпускном тракте ПДВС.

В третьей главе обсуждается газодинамика и расходные характеристики процесса выпуска ОГ при различных конфигурациях выпускного трубопровода ПДВС.

Экспериментально выявлены газодинамические особенности процесса выпуска ОГ поршневого ДВС.

Показано, что путем размещения профилированных вставок (с поперечным сечением в форме квадрата или равностороннего треугольника), можно (по сравнению с каналом постоянного круглого сечения) увеличить объемный расход воздуха на всех режимах работы «холодного» макета, снизить пульсации избыточного давления и локальной скорости потока.

Подтверждено, что размещение турбины турбокомпрессора в выпускном тракте ПДВС оказывает влияние на газодинамические и теплообменные харак-

теристики процесса выпуска, что необходимо учитывать при конструировании газоздушных трактов двигателей и расчетах процессов газообмена.

В четвертой главе излагаются результаты исследования мгновенной локальной теплоотдачи в цилиндрическом выпускном трубопроводе ПДВС, и рассматривается влияние конфигурации выпускной системы (профилированных вставок и турбины турбокомпрессора) на этот процесс.

Установлено, что применение трубопроводов треугольного и квадратного поперечного сечений позволяет снизить локальный коэффициент теплоотдачи потока газов в выпускном трубопроводе ПДВС приблизительно на 10-15 %.

Установлено, что наличие турбины в выпускном трубопроводе приводит к снижению интенсивности теплоотдачи при всех значениях избыточного давления и частотах вращения коленчатого вала двигателя. При этом происходит уменьшение максимальных значений локального коэффициента теплоотдачи до 20 %.

Аппроксимацией экспериментальных данных получены уравнения для расчета локального мгновенного коэффициента теплоотдачи в выпускном трубопроводе ПДВС для пульсирующего потока.

В пятой главе представлен разработанный способ повышения пропускной способности выхлопного трубопровода с помощью эжекционного воздействия на поток ОГ, а также рассмотрены вопросы практической реализации данного способа применительно к двигателям семейства ДМ-21 производства ООО «Уральский дизель-моторный завод», г. Екатеринбург.

Проведенное исследование показало, что использование в выхлопной системе ПДВС эжекции улучшает очистку цилиндра от ОГ по сравнению с существующими системами за счет повышения интенсивности течения в выпускном канале с клапаном.

Автором была выполнена конструкторская проработка установки системы эжекции на дизеле ДМ-21 производства ООО «Уральский дизель-моторный завод».

В заключении кратко изложены основные результаты работы.

Следует отметить следующие квалификационные признаки:

– актуальность темы исследования определяется тем, что сведения о газодинамике и теплоотдаче в выпускном трубопроводе ПДВС в реальных условиях (пульсирующем потоке) ограничены. Получение экспериментальных данных (в нестационарных условиях) по этим процессам является одной из актуальных исследовательских задач. Такие сведения позволят улучшить расходные характеристики и повысить технико-экономические показатели ПДВС. Информация о расходных характеристиках и мгновенной локальной теплоотдаче необходима для развития теоретических представлений о явлениях, происходящих в процессе выпуска, что, в свою очередь, будет способствовать созданию физически более обоснованных математических моделей и инженерных методик для расчета рабочего процесса ПДВС;

– достоверность результатов диссертации по надежности экспериментальных данных определяется тем, что они получены сочетанием независимых

методик исследования и подтверждены воспроизводимостью результатов опытов, согласуются на уровне тестовых опытов с данными других авторов, а также использованием современных методов исследования, тщательным подбором измерительной аппаратуры, ее поверкой и тарировкой согласно регламента.

Научная новизна основных положений работы:

а) по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»:

- подтверждено, что процессам переноса массы при выпуске ОГ свойственна нестационарность, т.е. пульсации расхода, давления и скорости потока;

- получены зависимости мгновенных локальных значений скорости, давления и коэффициента теплоотдачи в потоке ОГ при различных режимах движения газа по выпускным трубопроводам ПДВС разных конфигураций от угла поворота коленчатого вала;

- получены обобщенные эмпирические уравнения по мгновенной локальной теплоотдаче в выпускном трубопроводе ПДВС при различных условиях движения пульсирующего потока ОГ;

б) по специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели»:

- выявлены возникающие при наддуве особенности изменения расходных характеристик и процессов теплообмена в потоке ОГ в выпускном трубопроводе ПДВС;

- разработан способ увеличения расхода газа (на 15–20 %) через поперечное сечение выпускного трубопровода путем его профилирования, что может привести к улучшению очистки цилиндра от ОГ;

- показано, что создание принудительного эжекционного отсоса в трубопроводе за выпускным клапаном может улучшить удаление ОГ из цилиндра в среднем на 10–15 % (при малом расходе сжатого воздуха из улитки центробежного компрессора).

Теоретическая и практическая значимость результатов определяется тем, что полученные автором результаты исследования могут быть использованы как при оценке мгновенной локальной теплоотдачи ОГ, так и расчете теплообмена и температурных напряжений, возникающих в процессе выпуска в выпускном коллекторе. Кроме этого разработаны активные и пассивные способы улучшения очистки цилиндра двигателя от отработавших газов, конструктивная реализация которых защищена патентами РФ.

Полученные сведения расширяют представления о расходных характеристиках, газодинамике и локальной теплоотдаче потока ОГ при выпуске в ПДВС и создают основу для разработки инженерных методик расчета и проектирования выпускных систем двигателей как с наддувом, так и без него. Разработанные меры по повышению качества процесса выпуска могут привести к улучшению технико-экономических показателей ДВС.

## **2. Соответствие научным специальностям**

Диссертация Григорьева Н. И. подпадает:

по паспорту научной специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая

теплотехника»:

1) По существу *формулы специальности*: «обоснование методов расчета термодинамических и переносных свойств в различном агрегатном состоянии, выявление механизмов переноса массы, импульса и энергии при конвекции, обоснование и проверку методов интенсификации теплообмена».

2) По содержанию *пункта 1 области исследования* «Экспериментальные исследования термодинамических и переносных свойств чистых веществ и их смесей в широкой области параметров состояния»;

3) По содержанию *пункта 3 области исследования* «Исследование термодинамических процессов и циклов применительно к установкам производства и преобразования энергии»;

4) По содержанию *пункта 5 области исследования* «Экспериментальные и теоретические исследования однофазной, свободной и вынужденной конвекции в широком диапазоне свойств теплоносителей, режимных и геометрических параметров теплопередающих поверхностей»;

по паспорту научной специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели»:

1) По существу *формулы специальности*: «научная специальность, объединяющая теоретические и экспериментальные исследования тепловых, газодинамических, гидродинамических, механических, физико-химических и информационных процессов, протекающих в цилиндрах и системах поршневых двигателей внутреннего сгорания и двигателей с внешним подводом тепла. Исследования выполняются с целью совершенствования действующих энергоустановок с тепловыми двигателями, создания тепловых двигателей с улучшенными показателями качества»;

2) По содержанию *пункта 1 области исследования* «Теоретические и экспериментальные исследования тепловых, газодинамических, гидродинамических, механических и физико-химических процессов в двигателях и их системах»;

3) По содержанию *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».

Таким образом, диссертационная работа Григорьева Н.И. «Газодинамика и локальная теплоотдача в выпускном трубопроводе поршневого ДВС» соответствует паспортам специальностей 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 05.04.02 – «Тепловые двигатели». Тематика исследования, представленного в диссертационной работе, находится на стыке данных специальностей, так как автором исследованы особенности теплообмена, расходных характеристик и газодинамики нестационарного потока в выпускном трубопроводе ПДВС, разработана методика оценки степени нестационарности потока газа в выпускном канале, предложены методы совершенствования процесса выпуска и очистки цилиндра двигателя от отработавших газов, а опытные данные обобщены в виде эмпирических зависимостей.

### **3. Вопросы и замечания к работе**

1. В диссертационной работе газодинамика и локальная теплоотдача исследована на «холодной» модели в диапазоне частот вращения коленчатого вала от 600 до 3000 мин<sup>-1</sup>, тогда как в современных ПДВС этот диапазон может быть в два раза шире.

2. Данные по расходным характеристикам и локальной теплоотдаче получены только для прямолинейного участка выпускного тракта. Однако выпускные трубопроводы (чаще всего) выступают в роли выпускных коллекторов, имеющих сложную конфигурацию.

3. Исследования в работе проходят при температуре потока не более 40°C, тогда как температура ОГ в выпускных коллекторах ПДВС достигает 750÷800°C. Как данные, полученные на «холодной» модели, могут быть перенесены на реальные двигатели?

4. В данной работе не представлена и не проведена оценка и сравнение газодинамических сопротивлений, вызывающих при движении потока газодинамические потери в каналах различного поперечного сечения, однако в этом случае необходимо заметить, что сопротивления и потери являются одной из важнейших характеристик любых проточных систем.

5. Упоминания о газодинамике проходит «красной нитью» в работе, однако газодинамических параметров, характеризующих поток, таких как заторможенные и статические давления, а также температуры в потоке в работе не встречаются.

6. Вызывает сомнение, что только за счет разработанного способа поперечного профилирования выпускного трубопровода можно достичь увеличения расхода газа на 15÷20%, а также улучшить удаление ОГ из цилиндра за счет принудительной эжекции в выпускном канале за клапаном в среднем на 10÷15% (при небольших расходах сжатого воздуха после компрессора).

7. В диссертационной работе никак не объясняется провал расходной характеристики, например, на рис. 46 *в, г* в случае использования вставки с треугольным поперечным сечением.

8. Тарировка датчика термоанемометра проводилась с помощью статической продувки воздухом экспериментального выпускного канала, и при обработке результатов тарировки использовалось уравнение для стационарного течения газа, в то время как при проведении экспериментов на «холодной» модели поток газа имел естественную нестационарность.

Выше приведенные замечания не влияют на положительную оценку рассматриваемой работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации.

### **4. Общее заключение о работе**

Диссертация в целом представляет собой законченную самостоятельную научно-квалификационную работу, в которой содержатся результаты исследования по расходным характеристикам, газодинамике и локальной теплоотдаче в выпускной системе ПДВС, и на основе полученных данных предложен способ совершенствования выпускного тракта системы газообмена поршневых двигателей.

Основные результаты опубликованы в 16 печатных работах, в том числе в 6 статьях в источниках, рекомендованных ВАК. Они прошли апробацию на представительных научных конференциях.

Работа содержит решения задачи совершенствования процессов выпуска в ПДВС, важной для теплофизики и тепловых двигателей, и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям п. 9-11 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ 24 сентября 2013 г.. № 842.

Результаты диссертационной работы Григорьева Н. И. имеют научную и практическую значимость. Для использования полученных в работе результатов целесообразно ознакомить с материалами диссертации следующие заинтересованные организации: Институт теплофизики СО РАН, Московский энергетический институт, МГТУ им. Н.Э. Баумана, ОАО «Автодизель» (Ярославский моторный завод), ОАО «АВТОВАЗ», ОАО «Пермский моторный завод», ОАО «ПензаДизельМаш».

Автор диссертации Григорьев Никита Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 05.04.02 – «Тепловые двигатели».

Диссертационная работа Григорьева Н. И. «Газодинамика и локальная теплоотдача в выпускном трубопроводе поршневого ДВС», автореферат и отзыв ведущей организации рассмотрены на заседании кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ) 21 апреля 2015 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой

«Двигатели внутреннего сгорания» АлтГТУ,  
д.т.н. (05.04.02 – тепловые двигатели),  
профессор

 Андрей Евгениевич Свистула

Профессор кафедры

«Двигатели внутреннего сгорания» АлтГТУ,  
д.т.н. (05.04.02 – тепловые двигатели),  
доцент

 Андрей Алексеевич Балашов

656038 Россия, Барнаул, пр.Ленина 46, АлтГТУ  
Тел. (3852) 367586, E-mail: dekan\_feat@mail.ru

21.04.2015