

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Рыбинский государственный авиационный
технический университет
имени П. А. Соловьева»
(РГАТУ имени П. А. Соловьева)

Пушкина ул., д. 53, Рыбинск,
Ярославская обл., 152934.
Тел. (4855) 28-04-70. Факс (4855) 21-39-64.
E-mail: root@rsatu.ru

30.03.2021 № 0812/893

Ученому секретарю диссертационного совета Д 212.173.02

Боруш О.В.

630073, г. Новосибирск,
пр.Карла Маркса, 20 (НГТУ)

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Плотникова Леонида Валерьевича «Газодинамика и теплообмен пульсирующих потоков в системах газообмена устройств периодического действия», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа Плотникова Л.В. направлена на экспериментальное исследование нестационарной газодинамики и теплообмена потоков в системах газообмена транспортных энергоустановок на базе поршневых двигателей внутреннего сгорания (ПДВС). Научный и прикладной аспекты работы обеспечивают повышение технико-экономических показателей энергетических установок и находятся в русле приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ (8). Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика), а также связаны с разработкой критических технологий РФ (27. Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе).

Актуальность работы определяется тем фактом, что около 25 % всей мировой энергии вырабатывается ПДВС. Поэтому совершенствование рабочих процессов и отработка конструкций систем поршневых ДВС имеет большой потенциал в улучшении экологической обстановки и значительной экономии ископаемых 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 стационарных и пульсирующих потоков в

газодинамических системах 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 повышают технико-экономические показатели энергетических машин и установок на базе ПДВС.

Научная новизна

1. Выявлены отличия в газодинамике и теплоотдаче стационарных и пульсирующих течений газа в газодинамических системах сложной конфигурации при заполнении и опорожнении полости. Наблюдается как подавление, так и интенсификация теплоотдачи в диапазоне $\pm 40\%$;

2. Определены особенности газодинамики и теплоотдачи потоков в системах газообмена ПДВС при разных условиях течения газов, например, отличия в величине степени турбулентности достигают 10 раз при разных режимах движения, а разница в интенсивности теплоотдачи не превышает 30 %;

3. Выявлено влияние квадратного и треугольного участка трубопровода в системах газообмена на газодинамику и теплоотдачу пульсирующих потоков при заполнении и опорожнении полости переменного объема: изменение степени турбулентности на $\pm 25\%$, отличия в интенсивности теплоотдачи на $\pm 35\%$, рост расхода воздуха на 5-17 %;

4. Установлено влияние степени турбулентности нестационарных газовых потоков в выходном канале компрессора турбокомпрессора (ТК) на локальные напряжения трения. С ростом степени турбулентности от 0,08 до 0,16 интенсивность теплоотдачи снижалась в пределах 20 %;

5. Определены особенности газодинамики и теплоотдачи для пульсирующих потоков в газодинамических системах при наличии механического воздействия (турбокомпрессора) на течение, а именно, имеет место рост значений степени турбулентности в 2,0-2,5 и подавление интенсивности теплоотдачи в 1,1-1,7 раза;

6. Предложены способы управления газодинамикой и теплообменом пульсирующих потоков в системах газообмена ПДВС с ТК и изменением их конструкции и на основе газодинамических воздействий.

Достоверность полученных результатов. Автор достаточно обоснованно и аргументированно использует известные научные методы экспериментальных исследований, их обработки и анализа. Достоверность определяется соответствием полученных результатов современным физическим представлениям о газодинамике и теплообмене пульсирующих потоков в газодинамических системах, а также грамотной тарировкой и апробацией измерительной аппаратуры, тщательным анализом неопределенности измерений.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в том, что полученные автором экспериментальные и расчетно-аналитические данные, результаты математического моделирования, эмпирические формулы и технические решения создают основу разработки инженерных методов расчета систем газообмена энергоустановок на базе поршневых двигателей, а также дополняют научные представления из области прикладной газодинамики, связанной с локальной теплоотдачей пульсирующих потоков в газодинамических системах, что необходимо для модернизации существующих и разработке новых

конструкций ПДВС с перспективными технико-экономическими показателями. Следует отметить, что конструкции предлагаемых способов совершенствования газодинамики и теплообмена в системах газообмена поршневых двигателей защищена патентами РФ.

Результаты исследования внедрены на ряде промышленных предприятий УрФО: ООО «Уральский дизель-моторный завод», ПАО «Уралмашзавод», ООО «Элитгаз», что подтверждается соответствующими актами внедрения.

Апробация работы проведена на убедительном уровне. Список публикаций автора по результатам диссертации включает 34 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК, 6 патентов РФ, 2 монографии, 21 статью в журналах, индексируемых базами данных Scopus и Web of Science (из них 2 статьи опубликованы в журналах WoS, относящихся к первому квартилю Q1). Результаты работы представлялись на большом количестве Российских и Международных конференций.

Представленная к защите диссертация состоит из оглавления, введения, шести глав, заключения, списка обозначений, списка литературы из 286 наименований, 4 приложений. Всего 344 страниц.

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 исследованием газодинамики и теплообмена стационарных и пульсирующих потоков в газодинамических системах сложной конфигурации применительно к различным техническим устройствам (в т.ч. поршневым ДВС). Автор делает ссылки на российских и зарубежных авторов. На основании выполненного обзора и анализа результатов других авторов обоснован выбор объекта и задач исследования.

Во второй главе диссертации описаны методики проведения опытов и проведена оценка неопределенности эксперимента.

В третьей главе описаны особенности газодинамики и теплообмена в газодинамических системах сложной конфигурации, геометрия которых характерна для ПДВС, а также выполнено сравнение газодинамических и теплообменных характеристик газов для случаев стационарных потоков и пульсирующего течения. Определен тип газодинамической нестационарности, характерной для потоков газа в системах газообмена ПДВС.

В четвертой главе представлены результаты экспериментального исследования влияния поперечного профилирования трубопроводов на газодинамику и теплообмен пульсирующих потоков газа в газодинамических системах сложной конфигурации, геометрия которых характерна для систем газообмена ПДВС. Приведены результаты стендовых испытаний дизельного двигателя с впускной системой, имеющей участки с квадратным и треугольным поперечным сечениями.

В пятой главе представлены данные о влиянии начальной внешней турбулентности, возникающей вследствие механического воздействия лопаточного аппарата турбомшины, на газодинамику и теплообмен пульсирующих потоков газа во впускных и выпускных си-

стемах поршневых двигателей. Предварительно приведены данные о исходном уровне турбулентности потока в выходном канале компрессора турбокомпрессора.

В шестой главе рассмотрены способы управления газодинамикой и теплообменом пульсирующих потоков газа в газодинамических системах сложной конфигурации применительно к системам газообмена ПДВС. Предлагаемые автором способы основаны на изменении конструкции систем (канавки, выравнивающая решетка) и на газодинамическом воздействии на течение (сброс избыточного воздуха, эффект эжекции). Следует отметить, что для всех рассмотренных способов управления газодинамикой и теплообменом пульсирующих потоков автором рассчитан потенциальный положительный эффект для ПДВС различного типа и назначения.

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. В диссертации присутствуют иллюстрации вихревых токов других авторов, полученные для стационарного течения газов в каналах разной конфигурации. Однако отсутствует какая-либо информация о структуре потоков и наличии вихревых структур в пульсирующих газовых потоках в каналах ДВС.

2. В продолжении предыдущего замечания, можно отметить, 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 ПДВС. Вместе с тем данный аспект не отражен в диссертации.

3. Данные по газодинамике и локальной теплоотдаче пульсирующих потоков получены преимущественно для прямолинейных участков впускного и выпускного трубопроводов. Однако системы газообмена ПДВС чаще всего имеют сложные изгибы и повороты, которые могут существенно влиять на показатели потоков в них.

4. Следует отметить, что опыты на лабораторных стендах проведены преимущественно в «холодном» режиме – воспроизвести реальный цикла ПДВС они не позволяют. Это обстоятельство могло существенно влиять на характер течения рабочего тела в каналах, поскольку отсутствовало сгорание топлива, не осуществлялось перекрытие фаз работы клапанов, не было противотоков выпускных газов во впускной трубопровод и др.

5. В опытах автора изучалась теплоотдача от горячей стенки в холодный поток, хотя такой процесс имеет место только во впускных трубопроводах. Остался без внимания вопрос о влиянии направления теплового потока на интенсивность теплоотдачи в системах газообмена.

6. 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.

7. Автором часто используются в тексте слова-паразиты, такие как было путем и т.д.

Указанные замечания не снижают теоретической и практической ценности представленной диссертационной работы Плотникова Л.В., которая в целом выполнена на высоком профессиональном уровне и соответствует п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018) к докторским диссертациям.

Считаю, что диссертация **соответствует паспорту научной специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника** и является законченным научным исследованием, а ее автор Плотников Леонид Валерьевич **заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук** по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Заслуженный деятель науки и техники РФ,
профессор кафедры
общей и технической физики
ФГБОУ ВО «РГАТУ имени П.А. Соловьева»
д-р техн. наук

Шота Александрович
Пиралишвили

«30» марта 2021 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева»

Адрес организации: 152934, Ярославская область, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д. 53

Тел/факс: +7 (4855) 280-470

E-mail: piral@list.ru

Web page: <https://www.rsatu.ru/>

Подпись профессора Пир
Проректор по учебно-вос
канд.техн.наук, доцент

Александр Николаевич Сутягин

Система менеджмента качества РГАТУ имени П.А. Соловьева сертифицирована на соответствие требованиям международного стандарта ISO 9001:2008



Юстиция в совет 08.04.2021
Уч. секретарь ДС Ву /бонуси О.В./
С ОТЗЫВОМ ОЗНАКОМЛЕН 08.04.2021 М.И.И. ПЛОТНИКОВ Л.В.