

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 специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа Плотникова Л.В. посвящена экспериментальному исследованию газодинамики и теплообмена в системах газообмена устройств периодического действия. В центре внимания находятся особенности процессов теплопереноса пульсирующих потоков газа в газодинамических системах сложной конфигурации, создаваемых при заполнении и опорожнении полости переменного объема, а также при механическом воздействии. Разработка технических решений по управлению газодинамикой и теплообменом в системах газообмена имеет целью повышение эффективности поршневых двигателей. Работа согласуется с Перечнем основных направлений технологической модернизации РФ (1. Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива). Проблематика диссертации находится в русле приоритетных направлений развития науки, технологий и техники РФ (7. Транспортные и космические системы) и связана с разработкой критических технологий РФ (23. Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта). Следует отметить, что исследования были поддержаны грантами РФФИ и РНФ. Несомненно, данная диссертационная работа является **актуальной**.

Научная новизна работы представляется вполне обоснованной. Оппоненту представляются важными заявленные в диссертации пункты.

1. Установлены различия в тепломеханических характеристиках стационарных и пульсирующих потоков газа в газодинамических системах сложной конфигурации при заполнении и опорожнении полости, в частности, имеет место как подавление, так и интенсификация теплоотдачи в диапазоне $\pm 40\%$.
2. Определены мощностные характеристики дизельного двигателя с впускной системой с участками разного поперечного сечения на основе стендовых испытаний: наличие квадратного или треугольного участка приводит к росту мощности дизеля в диапазоне 3-17%.
3. Установлено влияние степени турбулентности Tu нестационарных газовых потоков в выходном канале компрессора турбокомпрессора на локальные напряжения трения (уменьшение в пределах 20% с ростом Tu от 0.08 до 0.16).
4. Выявлены особенности и определены различия тепломеханических процессов для пульсирующих потоков в газодинамических системах при наличии механического воздействия (турбокомпрессора) на течение, а именно, зарегистрирован рост значений Tu в 2.0-2.5 раза, а также как интенсификация, так и подавление теплоотдачи в 1.1-1.7 раза.

Практическая значимость работы во многом определяется многолетним успешным сотрудничеством с организациями: ООО «Уральский дизель-моторный завод» (совершенствование дизелей), ПАО «Уралмашзавод» (улучшение эксплуатации энергетических машин гидравлических экскаваторов) и ООО «Элитгаз» (доводка и

модернизация газопоршневых двигателей). Также автором разработана электронная схема термоанемометра постоянной температуры (патент РФ № 81338) и предложены новые технические решения (защищенные патентами РФ) для систем газообмена двигателей, улучшающие их технико-экономические характеристики и показатели надежности. Предлагаемые технические решения основаны на изменении конструктива газодинамических систем (изменение формы поперечного сечения каналов, создание канавок на поверхности труб, установка выравнивающей решетки) и на газодинамических воздействиях на поток (управляемый сброс избыточного воздуха из системы, создание эффекта эжекции).

Апробация работы довольно значительная. Основные результаты диссертации опубликованы в 63 научных трудах, в том числе в 39 статьях в научных изданиях, входящих в перечень ведущих рецензируемых журналов и изданий, утвержденных ВАК РФ для докторских диссертаций, 2 монографиях, 16 статьях в журналах и материалах конференций, входящих в международные базы SCOPUS и Web of Science, защищены 6 патентами РФ на полезную модель. Особо следует отметить статьи в журналах первого квартиля *International Journal of Heat and Mass Transfer* (2017. Vol. 115. P. 1182–1191) и *Applied Thermal Engineering*. (2019. Vol. 160. 114123).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы, включающего 286 наименований, и 4 приложений (включая справки о внедрении результатов работы). Основной текст изложен на 317 страницах печатного текста, содержит 224 рисунка, 1 таблицу.

Представленная диссертационная работа имеет характерную для экспериментальных работ структуру. Обзор, описание установок и методики измерений, результаты экспериментов – все в ней присутствует. Представленные результаты достоверны. Она написана довольно ясно, четко, неплохо иллюстрирована. Работа квалификационная, хорошего качества, однако, “пища” для ее обсуждения имеется.

Несколько слов о концепции работы. Акцент в ней делается на анализе нестационарных процессов в трактах двигательных установок применительно к поршневым двигателям. Тематика интересная и издавна привлекает внимание исследователей. Внутренние потоки с переменным расходом характерны для опорожнения сосудов и здесь просто необходимо вспомнить фундаментальный труд И.П. Гинзбурга «Прикладная гидрогазодинамика», Л.: Изд. ЛГУ, 1958, переведенный за рубежом. В диссертации справедливо отмечается теоретический вклад в развитие проблематики МАИ (школа Г.А. Дрейцера) и МЭИ (школа Е.П. Валуевой). Значительные экспериментальные результаты получены научным коллективом из КазНЦ РАН под руководством проф. Михеева Н.И. Так, Давлетшиным И.А. еще в 2009 году защищена докторская диссертация “Гидродинамические и тепловые процессы в пульсирующих турбулентных потоках”. В целом, пока это научное направление развивается в основном экспериментальными методами, и данная работа также выполнена в этом поле.

Из полученных в ней наиболее значимых научных результатов можно отметить следующие.

1. Показано, что газодинамическая нестационарность, характерная для поршневых ДВС, снижает интенсивность теплоотдачи в 1.1-1.5 раза при заполнении по-

лости, тогда как в случае опорожнения полости имеет место, как интенсификация, так и подавление теплоотдачи (разница составляет $\pm 35\%$).

2. Установлены существенные различия в газодинамике и теплообмене при стационарном и пульсирующем течении газа в системах газообмена при заполнении (разряжение) и опорожнении полости (нагнетание). Так показано, что в стационарном режиме течения при опорожнении полости степень турбулентности на порядок выше, чем при заполнении полости; тогда как, в случае пульсирующих потоков при заполнении и опорожнении полости нет столь существенных различий в величине степени турбулентности (разница не превышает 25%).

3. Установлено, что нанесение канавок на внутреннюю поверхность трубопровода во впускной системе двигателя с ТК вызывает по сравнению с базовой системой увеличение степени турбулентности потока вплоть до 35% впуска при сохранении расхода воздуха через систему (изменения $\pm 5\%$) и интенсификацию теплоотдачи до 30% .

По представленной диссертационной работе имеется ряд вопросов и замечаний.

1. В работе несколько раз упоминается действие «устойчивых вихревых структур в углах квадратных и треугольных каналов», однако, никак не подтверждается их существование в исследуемых газодинамических системах в условиях пульсирующего потока газов.

2. В диссертации присутствуют иллюстрации вихревых токов, комментарии о пограничном слое и отрывных (застойных) зонах. Однако, целостного восприятия структуры течения в исследованных газодинамических системах на разных фазах нестационарного процесса не возникает. В основном при анализе газодинамики используется только локальное мгновенное значение скорости на оси потока.

3. Оценка гидравлических потерь проведена не для всех исследованных газодинамических систем, а они являются одной из важнейших характеристик при проектировании впускных и выпускных систем поршневых двигателей.

4. Не все аспекты влияния предложенных технических решений на характеристики двигателя показаны. Так, например, экологические характеристики зависят от локальных температур в камере сгорания, но в то же время на них оказывает влияние система подачи воздуха и горючего, формирование потоков в камере.

5. В диссертации представлены в основном «холодные» испытания двигателя (привод от электромотора). Особенности, которые могут возникнуть при реальной работе двигателя, не учтены.

6. Расчеты по программам «Двигатель-РК» и АВВ не верифицированы, хотя бы по отдельным режимам и точкам. Насколько применимы полученные результаты и технические решения для двигателей других типов и марок?

Вышеприведенные замечания и вопросы не меняют общей положительной оценки рассматриваемой работы, которая является законченным научным исследованием, представляющим крупный вклад в газодинамику и теплообмен нестационарных процессов в газоздушных системах (системах газообмена двигателей). Диссертация Л.В. Плотникова «Газодинамика и теплообмен пульсирующих потоков в системах газообмена устройств периодического действия» безусловно удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК России к докторским диссертациям, в том числе

соответствует п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018), а Плотников Леонид Валерьевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Заведующий лабораторией
фундаментальных исследований
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет гражданской
авиации», д.ф.-м.н., проф.



Исаев
Сергей Александрович

«18» марта 2021 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации»

Адрес организации: 196210, Санкт-Петербург, ул. Пилотов, 38
тел: 8 (812) 704-18-18
e-mail: isaev3612@yandex.ru

Подпись профессора Исаева С.А. удостоверяю

Проректор по персоналу -
Начальник управления кадров



М.И. Лобов

Поступила в совет 30.03.2021г.
де-секретарь ДС О.В. Боруси

С отзывом ознакомлен 06.04.2021
Мини ПЛОТНИКОВ Л.В.