

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.09,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 29 июня 2022 г. № 19

О присуждении Салову Андрею Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Улучшение газообмена в дизеле с газотурбинным наддувом применением эжектора для охлаждения наддувочного воздуха» по специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели» принята к защите 27 апреля 2022 г., протокол № 12, диссертационным советом Д 212.298.09, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, д. 76. Приказ о создании диссертационного совета Д 212.298.09 № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель, Салов Андрей Юрьевич, 11 марта 1990 года рождения, в 2012 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) по специальности «Двигатели внутреннего сгорания».

В 2016 г. окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-

Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)». В настоящее время работает инженером-конструктором в Акционерном обществе Специальное конструкторское бюро «Турбина».

Диссертация выполнена на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания и электронные системы автомобилей» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Лазарев Евгений Анатольевич, главный научный сотрудник кафедры «Двигатели внутреннего сгорания и электронные системы автомобилей» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. Плотников Леонид Валерьевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Турбины и двигатели» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

2. Каминский Роман Валерьевич, кандидат технических наук, технический директор АО «Турбокомплект»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный агротехнологический университет» (г. Киров) в своем положительном отзыве, подписанном Лихановым Виталием Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Тепловые двигатели, автомобили и тракторы» и Лопатиным Олегом Петровичем,

доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры «Тепловые двигатели, автомобили и тракторы», указала, что диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук согласно Положению о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (Протокол № 9/3 от 27 мая 2022 г.).

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 6 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Наиболее значимые работы:

1. Лазарев, Е.А. Новый способ и устройство управления газообменом в дизеле с газотурбинным наддувом / Е.А. Лазарев, А.Н. Помаз, А.Ю. Салов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2013. – Т.13, № 1. – С. 132–136 (авторская доля – 2 стр.).

2. Лазарев, Е.А. Функциональные особенности и параметры системы эжекционного охлаждения наддувочного воздуха в дизеле / Е.А. Лазарев, А.Н. Помаз, А.Ю. Салов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2014. – Т.14, № 1. – С. 17–24 (авторская доля – 4 стр.).

3. Lazarev, E. System of ejection cooling of the charged air and evaluation of its effectiveness in the engine / E. Lazarev, A. Pomaz, A. Salov // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 150. P. 235–240 (авторская доля – 3 стр.).

4. Lazarev, E. Exhaust gases energy use in the course of gas exchange in diesel-fueled vehicles / E. Lazarev, V. Lazarev, A. Pomaz, A. Salov // Energy and Sustainability – 2017. – Vol. 224. pp. 91-99. DOI: 10.2495/ESUS170091 (авторская доля – 4 стр.).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все отзывы положительные):

1. ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», подписанный доктором технических наук, доцентом,

профессором кафедры «Технический сервис машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности» Гриценко Александром Владимировичем со следующими замечаниями: 1) На стр. 14 автореферата указано, что площадь сопла уменьшалась от максимального значения (201 мм^2) до значения, равного 61% от площади открытого сопла. Чем обоснован такой диапазон изменения? Есть ли диапазон к max и min значениям сопла? 2) В автореферате не представлен план эксперимента, входные и выходные параметры, уровни варьирования факторов.

2. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», подписанный доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» Свистулой Андреем Евгениевичем и кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Пыжанкиным Геннадием Викторовичем со следующими замечаниями: 1) Автором не отмечено, что система охлаждения с эжектором целесообразна для специально техники. Возможно традиционная система ОНВ-радиатор-вентилятор для автомобилей будет более эффективной за счет скоростного напора воздуха, которую подтвердить или опровергнуть можно было натурным экспериментом; 2) Установка на выпуске эжектора будет сопровождаться увеличением противодавлением ОГ, соответственно увеличением насосных потерь, увеличению коэффициента остаточных газов и ухудшению коэффициента наполнения и, следовательно, увеличением расхода топлива; 3) Исходя из пункта два, требуются сравнительные натурные исследования, причем с оптимизацией фаз газораспределения выпуска.

3. Белорусский национальный технический университет, подписанный доктором технических наук, профессором кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Кухаренком Георгием Михайловичем со следующим замечанием: 1) К сожалению, из автореферата не ясно, как определялись

потери мощности на циркуляцию охлаждающего воздуха при применении вентилятора и эжектора.

4. ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ», подписанный кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Технический сервис» Жильцовым Сергеем Николаевичем и кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Технический сервис» Ерзамаевым Максимом Павловичем со следующими замечаниями: 1) Выбранная при проектировании длина камеры смещения модельного эжектора не подтверждена экспериментально, что может говорить о неполноте смещения. 2) Не указано, как противодавление, создаваемое эжектором, влияет на параметры дизеля, например, на коэффициент остаточных газов. 3) Не исследовано применение различных типов эжекторов, например, эжектора со сдвигом сопл, эжектора с перфорированным соплом, многосоплового эжектора и др.

5. ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», подписанный доктором технических наук, профессором кафедры «Локомотивы» Росляковым Алексеем Дмитриевичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Локомотивы» Курмановой Лейлой Салимовной и кандидатом технических наук, доцентом, проректором по научной работе и инновациям Романовой Полиной Борисовной со следующими замечаниями: 1) На рисунке 3 при работе вентилятором плотность НВ $\rho = 2,75 \text{ кг/м}^3$, в то время как на других рисунках при работе с эжектором плотность НВ ниже. Следовательно, при этом меньше расход воздуха и мощность дизеля. 2) В таблице 1 показано, что затраты мощности на циркуляцию воздуха уменьшены с 1,42 до 0,91 кВт. При уменьшении мощности дизеля из-за снижения плотности НВ не обосновано снижение удельного расхода топлива.

6. ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», подписанный доктором технических наук, профессором, профессором кафедры «Теплотехника и

тепловые двигатели» Бирюком Владимиром Васильевичем со следующими замечаниями: 1) Не оценено изменение параметров системы на режимах работы дизеля отличных от номинального. 2) В математической модели не рассмотрен вариант применения эжектора на дизеле с существующей системой газотурбинного наддува.

7. ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК», подписанный кандидатом технических наук, ведущим инженером-конструктором ГСКБД Масловым Андреем Петровичем со следующими замечаниями: 1) Не проанализированы габаритные размеры при компоновке эжектора на исследуемом дизеле. 2) Из автореферата не ясно, на каком двигателе были выполнены экспериментальные исследования. Как следует из текста, глава 5 стр. 14 «...приведены результаты... параметров двигателя, как генератора газа. Стр. 12 в качестве генератора газа использовался двигатель ВАЗ 21114 бензиновый. В названии работы «...дизель».

8. АО «Турбокомплект», подписанный главным конструктором Сибиряковым С.В. со следующими замечаниями: 1) В транспортных двигателях охладители наддувочного воздуха (типа «воздух-воздух»), как правило устанавливаются в одном пакете с радиатором системы охлаждения. Т.е. применение эжектора для охлаждения наддувочного воздуха не устраняет проблему наличия вентилятора и затрат мощности на его привод. 2) В работе определены параметры работы эжектора и ОНВ на номинальном режиме работы дизеля 4ЧН13/15. Не совсем понятно, какова будет эффективность системы во всё диапазоне скоростных и нагрузочных режимов работы двигателя. 3) Допущение об одинаковых теплофизических свойствах отработавших газов бензинового двигателя и дизеля (стр.12) требует обоснования. Эти двигатели имеют разный состав свежего заряда (например, по α). Соответственно и состав ОГ будет разным.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается общностью тематики исследования диссертационной работы

и областью научных интересов, как ведущей организации, так и официальных оппонентов, являющихся ведущими специалистами в области.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая методика, реализующая математическую модель системы газообмена с эжекционным охлаждением наддувочного воздуха в дизеле с газотурбинным наддувом;

предложены нетрадиционный подход к оценке параметров эжектора на примере применения макетного образца, выполненного с соблюдением условий подобия, и использование в качестве генератора газа поршневого бензинового двигателя на специально созданной моторной установке.

доказана возможность улучшения газообмена в дизеле с газотурбинным наддувом снижением затрат энергии на циркуляцию охлаждающего воздуха в охладителе наддувочного за счет использования эжектора, размещенного в потоке отработавших газов на выпуске;

введены, применительно к отработавшим газам на выходе из турбины турбокомпрессора, понятия «низкопотенциальная» теплота; «параллельное и последовательное» размещение эжектора относительно турбины турбокомпрессора.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что использование эжектора как источника циркуляции охлаждающего воздуха в системе газообмена для работы охладителя наддува требует меньше затрат, чем использование вентилятора с различными типами привода;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы метод комплексного анализа процессов в элементах системы газообмена дизеля с эжекционной системой охлаждения наддувочного воздуха и способ обеспечения требуемой степени охлаждения наддувочного воздуха в дизеле с газотурбинным наддувом использованием низкопотенциальной теплоты отработавших газов;

изложено доказательство эффективности последовательного способа размещения эжектора относительно турбины турбокомпрессора в системе охлаждения наддувочного воздуха по сравнению с параллельным размещением;

раскрыты проблемы обеспечения требуемого перепада давления на рабочем сопле эжектора для повышения эффективности его работы при сохранении мощности и топливной экономичности дизеля, а также распределения энергии отработавших газов между турбиной турбокомпрессора и эжектором;

изучено влияние размещения эжектора в потоке отработавших газов на показатели компрессора и турбины турбокомпрессора, охладителя наддувочного воздуха и рабочего цикла дизеля;

проведена модернизация существующей математической модели газообмена в дизеле с газотурбинным наддувом и охлаждением наддувочного воздуха дополнением описания процессов в эжекторе при различных способах его размещения в магистрали отработавших газов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика определения параметров эжекционной системы охлаждения наддувочного воздуха при условиях получения требуемых значений степени охлаждения, плотности наддувочного воздуха, КПД и максимальной эффективной мощности дизеля; методика используется в учебном процессе в ЮУрГУ на кафедре Двигатели внутреннего сгорания и электронные системы автомобилей по дисциплине «Агрегаты наддува двигателей» и при проведении расчетных исследований на АО СКБ «Турбина»;

определены, с использованием разработанной методики, геометрические параметры эжектора для четырехцилиндрового дизеля с газотурбинным наддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха;

создана система практических рекомендаций по оценке показателей эжектора с использованием теории подобия для макетного образца и генератора газа в виде бензинового поршневого двигателя;

представлены предложения по дальнейшему совершенствованию эжектора в системе охлаждения наддувочного воздуха.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены на поверенном лабораторном оборудовании с использованием апробированных математических методов для их обработки;

теория построена на известных фундаментальных законах термодинамики, газовой динамики, теории лопаточных машин и поршневых ДВС;

идея базируется на анализе литературных источников и имеющегося опыта повышения эффективности дизелей с газотурбинным наддувом и охлаждением;

использованы сравнения расчётных и экспериментальных авторских данных по эффективности эжекторов;

установлено, что выявленные автором теоретические положения качественно согласуются с известными результатами, полученными ранее по смежным тематикам.

использованы современные компьютерные программы, методы сбора и обработки информации;

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных данных, разработке комплексной математической модели, проектировании макетного эжектора, участии в экспериментальном исследовании, анализе и обработке экспериментальных данных. Соискатель участвовал в обсуждении результатов, формировании выводов, подготовке статей и докладов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Расчёты проведены для двигателей большой мощности, а эксперимент на малом двигателе. Выполняются ли на малом двигателе законы, которые были исследованы? Существует подобие процессов?

2. Почему у параллельной и последовательной схем включения эжектора такая большая разница по затрачиваемой мощности?

3. Сверялась ли разработанная математическая модель с моделями из специализированных расчетных комплексов?

Соискатель Салов Андрей Юрьевич ответил на задаваемые в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Для эжекторов существует уравнение подобия, позволяющее моделировать процессы, происходящие в эжекторе большой размерности, в эжекторе малой размерности. Кроме того, теплофизические параметры отработавших газов дизеля и бензинового двигателя в условиях проведенного эксперимента отличались менее чем на 5 %.

2. Потери в эжекторе пропорциональны квадрату разницы скоростей рабочего и эжектируемого потоков. При сверхкритическом перепаде давлений – при параллельной схеме – скорость рабочего потока на срезе сопла выше скорости звука; при докритическом перепаде давлений – при последовательной схеме – скорость меньше скорости звука. При примерно одинаковых расходах охлаждающего воздуха в обеих схемах, потери в первом случае будут намного больше и, соответственно, для получения нужного расхода охлаждающего воздуха в первом случае потребуется большая мощность.

3. Сравнение не проводилось, так как в известных программных комплексах невозможно полностью воспроизвести данную модель.

На заседании 29.06.2022 г. диссертационный совет принял решение за разработку и научное обоснование технического решения для дизеля с газотурбинным наддувом и эжекционной системой охлаждения наддувочного воздуха, совокупность которых можно квалифицировать как

решение научной задачи, имеющей значение в области тепловых двигателей, присудить Салову А.Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.04.02, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 18, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

Д 212.298.09

Рожественский Ю.В.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Д 212.298.09

Абызов А.А.



Дата оформления заключения: 29.06.2022 г.