

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

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15.05.2019 № 4

О присуждении Мусину Ниязу Хамитовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение износостойкости и снижение механических потерь двигателя внутреннего сгорания посредством искрового упрочнения и микродугового оксидирования рабочей поверхности цилиндра» по специальности 05.04.02 – «Тепловые двигатели» принята к защите 22.02.2019г., протокол № 1 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, проспект В.И. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета Д 212.298.09 № 105/нк от 11 апреля 2012г.

Соискатель Мусин Нияз Хамитович, 1985 года рождения, в 2009 г. окончил ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по специальности «Энергомашиностроение».

В период подготовки диссертации соискатель Мусин Нияз Хамитович обучался в очной аспирантуре на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» с 30.10.2009г. по 29.10.2012г.

С 08.10.2012 года работал ассистентом кафедры, а с 16.05.2016 года по настоящее время работает старшим преподавателем на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Диссертация выполнена на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Дударева Наталья Юрьевна, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Официальные оппоненты:

1. Неговора Андрей Владимирович - доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобили и машинно-тракторные комплексы» ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа;

2. Дойкин Алексей Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автомобильный транспорт» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», в своем положительном отзыве, подписанном Лихановым Виталием Анатольевичем, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, председателем НТС инженерного факультета и Девятьяровым Русланом Раифовичем к.т.н., доцентом кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, секретарем НТС инженерного факультета, указали, что Мусин Нияз Хамитович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы.

В статье «Исследование влияния искрового упрочнения на прочностные свойства алюминиевого сплава» (Вестник УГАТУ. – № 8(53). – 2012. С. 23 – 28.) приведены результаты экспериментальных исследований влияния режимов искрового упрочнения на прочностные свойства сплава алюминия АЛ30. В качестве факторов, определяющих режим обработки, выбраны: емкость конденсаторов, индуктивность и межэлектродный зазор.

В работе «Исследование влияния микродугового оксидирования на износостойкость гильзы цилиндра ДВС из алюминиевого сплава» (Вестник Иркутского государственного технического университета. – Т.16 – № 9. – 2013. С. 63 – 70.) приведены результаты экспериментального исследования возможности повышения износостойкости гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания посредством формирования на рабочей поверхности покрытия методом микродугового оксидирования.

В статье «Исследование износостойкости МДО-покрытий, сформированных в силикатно-щелочном электролите на алюминиевом сплаве АК4-1» (Вестник УГАТУ. – Т. 21. – №. 3 (77). – 2017. С. 12 – 18.) представлены результаты исследования толщины, микротвердости и износостойкости покрытий, формируемых методом микродугового оксидирования на образцах из алюминиевого сплава АК4-1. В качестве факторов эксперимента использовались концентрации компонентов электролита (едкого калия и метасиликата натрия) и емкость конденсаторной батареи установки.

В работе «Feasibility study on the MAO- and SH-coated cylinder liners application in ICE» (Procedia Engineering. – 2017. – Т. 206. – С. 692 – 697.) приведены результаты сравнительных исследований применения в ДВС алюминиевых ГЦ из сплава АК4-1 с износостойкими покрытиями, сформированными при искровом упрочнении и микродуговом оксидировании, относительно штатной стальной ГЦ из сплава Ст40Х.

На диссертацию и автореферат поступило 10 отзывов, в том числе 2 отзыва от оппонентов, 1 отзыв от ведущей организации, 7 отзывов поступило на автореферат согласно списку рассылки. Все отзывы положительные. В отзывах отмечается, что тема диссертационной работы соответствует специальности 05.04.02 – Тепловые

двигатели, работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Замечания, отмеченные в отзывах:

1) *Официальный оппонент Неговора А.В. Замечания:*

1. В исследованиях не нашел отражения вопрос влияния МДО-покрытия на рабочий процесс двигателя. Покрытие обладает низким коэффициентом теплопроводности и его наличие на деталях камеры сгорания, очевидно, повлечет за собой перераспределение тепловых потоков в ДВС и окажет влияние на эксплуатационные показатели двигателей.

2. В описании моторных исследований не приведены шероховатости рабочей поверхности экспериментальных гильз цилиндров с ИУ- и МДО- покрытием. Насколько они отличались от шероховатости поверхности штатной гильзы цилиндра?

3. На рисунке 3.6 вместо термина «Точка» следует использовать термин «Сечение», что лучше передает смысл данных обозначений, т.к. измерение износа производится в данном сечении.

4. На рисунке 3.17 приведены графики массового износа исследуемых гильз цилиндров, однако изменение массы указано в абсолютных величинах, что, учитывая значительную разницу в плотности материалов стальной и алюминиевых гильз цилиндров, является не совсем корректным.

5. Почему в диссертации отсутствуют акты внедрения результатов исследования в ООО «Двигатели для авиации» и в учебный процесс ФГБОУ ВО «УГАТУ», подтверждающие их востребованность предприятиями и научными организациями?

2) *Официальный оппонент Дойкин А.А. Замечания:*

1. Сравнение абсолютных значений массового износа алюминиевых и стальной гильз цилиндров является некорректным, т.к. плотность этих материалов отличается более чем в 2,5 раза.

2. При проведении моторных испытаний проводилось измерение температуры головки цилиндра и расхода топлива, однако данные результаты в дальнейшем никак не используются.

3. Прогнозирование ресурса двигателя, оснащенного гильзами цилиндров с искровым упрочнением и микродуговым оксидированием рабочей поверхности, на

основании математической обработки результатов испытаний двигателя на износостойкость является не совсем корректным, т.к. ресурс двигателя определяется целым комплексом факторов. Однако определенный интерес представляет оценка значимости параметров в полученных для скорости изнашивания уравнениях регрессии, но такой анализ не бы проведен.

4. Не ясно чем обосновано определение эффективной мощности двигателя через характеристики воздушных винтов. Кроме того, не понятны причины, по которым двигатель не испытывался на том же стенде, на котором были получены характеристики воздушных винтов.

3) *Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятская государственная сельскохозяйственная академия».* **Замечания:**

1. В разделе 1.5 описываются использованные в работе методы микродугового оксидирования и искрового упрочнения. Применительно к МДО приведены результаты исследований других авторов, касающиеся области ДВС. Для искрового упрочнения такие результаты не приведены.

2. Исследования по определению износостойкости покрытий, формируемых при искровом упрочнении (раздел 2.2), проводились по схеме «пересекающиеся цилиндры». Чем обоснован выбор именно такой схемы трения, ведь она не соответствует условиям трения в ДВС?

3. В работе не рассмотрено влияние искрового упрочнения на шероховатость покрытия, между тем шероховатость поверхности может оказывать существенное влияние на процесс изнашивания в паре трения «гильза цилиндра – поршень». В описании моторных исследований не приведены шероховатости рабочей поверхности экспериментальных гильз цилиндров с ИУ- и МДО-покрытием. Насколько они отличались от шероховатости поверхности штатной гильзы цилиндра?

4. В связи с тем, что при испытаниях гильз цилиндров режимы работы двигателя менялись на каждом этапе, на рисунках с линейными и массовыми износами деталей (рисунки 3.16, 3.17, 3.18) не желательно соединять экспериментальные точки линиями, т.к. это воспринимается как динамика при неизменных режимах испытаний. Возможно, использование других видов графического представления данных, например, гистограмм, было бы более информативно.

5. В разделе 4.2, посвященном методике математического моделирования, не обоснован выбор параметров расчетной сетки. Производилась ли какая-то оптимизация?

6. При моделировании теплового состояния деталей ЦПГ не учитывалось влияние изменения температур этих деталей на параметры рабочего процесса. Расчет мог проводиться итеративно по такой схеме: расчет параметров рабочего процесса – моделирование температур деталей – расчет параметров рабочего процесса с учетом новых температур деталей и т.д.

7. В диссертации имеются данные по измерению температуры головки цилиндра при проведении моторных экспериментов. Однако анализ этих результатов не проводился, хотя возможно они могли бы дать информацию, дополняющую результаты математического моделирования теплового состояния деталей ЦПГ.

4) *ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», профессор кафедры «Энергетические установки и тепловые двигатели», д.т.н., профессор Химич В.Л. Замечания:*

1. В автореферате не описана методика определения эффективной мощности двигателя в процессе испытаний. Каким образом были получены данные для построения внешней скоростной характеристики двигателя?

2. Не дана оценка погрешности измерений на моторном и винтовом стендах.

3. На рисунке 11 б графики отношения тепловых потоков не достигают максимальных значений в диапазоне до 500 Вт/(м²·К), при этом характер кривых видимо аналогичен тем, которые приведены на рисунке 11 а, т.е. у них должна быть горизонтальная асимптота.

4. Автор определяет влияние покрытия на износ исследуемых гильз цилиндров, однако, определённый интерес представляет оценка того, за счет каких именно свойств покрытия достигается полученный результат. Кроме микротвердости и коэффициента трения на износ могут оказывать влияние такие свойства как пористость, шероховатость и т.д. Такая оценка позволила бы определить пути дальнейшей оптимизации рассматриваемых методов.

5) *ФГБОУ ВО «СибАДИ», зав. кафедрой «Тепловые двигатели и*

автотракторное электрооборудование», к.т.н., доцент, Иванов А.Л. Замечания:

1. В автореферате не приведены рекомендации по выбору и назначению технологических режимов искрового упрочнения и микродугового оксидирования, обеспечивающих требуемый температурный режим работы и эксплуатации деталей цилиндропоршневой группы ДВС.

6) *ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей, д.т.н., профессор Бирюк В.В.. Замечания:*

1. На стр. 10 описано исследование коэффициентов трения 3-х алюминиевых образцов и одного стального, а значения для алюминиевого образца не приведены.

2. На стр. 11 говорится, что поверхность цилиндра упрочнялась горизонтальными полосками с зазором между ними. На мой взгляд, можно было бы попробовать наносить полоски вертикально и получить данные по их работоспособности.

7) *ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», зав. кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания», д.т.н., профессор Сисула А.Е. Замечания:*

1. На с. 3 автореферата «МДО» расшифровывается только на с. 8.

2. На с. 6 автореферата «Все основные идеи работы сформулированы лично автором». Судя по публикациям – все в соавторстве.

3. На с. 10 «... идентичны и равны...», однако при ИУ и МДО разница составляет 0,06, а для МДО и стали 40Х – 0,07.

4. На рисунке 5 износ приведен в абсолютных единицах массы для стали и алюминиевого сплава, что не является корректным.

5. Оформление библиографического описания несколько не соответствует требованию ГОСТ 7.1-2003. Например, в п. 5 авторов более трех, тогда описание необходимо начинать с названия статьи, а в начале указывается только первый автор.

8) *ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», член-корреспондент Академии военных наук РФ, профессор кафедры «Гидравлика и прочность», д.т.н., с.н.с. Куколев М.И. Замечания:*

1. На стр. 10 указан ГОСТ 12592-67, на стр. 11 – ГОСТ 4543-71. Однако данные документы давно прекратили свое действие!

2. В автореферате (стр. 12) приведен рис 2б) воздушный винт на стенде. Какое отношение имеет винт к рабочей поверхности гильзы цилиндра двигателя?

3. На стр. 12 автор отмечает: «Масса штатной ГЦ после 50,5 часов работы уменьшилась на 0,039 г. ГЦ с МДО-покрытием потеряла 0,019 г... Массовый износ ГЦ, обработанной искровым упрочнением составил 0,024 г...». С помощью какого оборудования достигнута такая точность измерений? Тот же вопрос по отношению к данным на рис. 6б).

9) *ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», зав. кафедрой «Поршневые двигатели», д.т.н., профессор Марков В.А. Замечания:*

1. При проведении экспериментов на двигателе использовалось топливо на основе этанола с добавлением касторового масла, что могло оказать негативное влияние на износостойкость штатной стальной гильзы цилиндра. Можно было дополнить исследования на лабораторных образцах оценкой коррозионной стойкости покрытия и стали.

2. В автореферате отсутствует обоснование нанесения покрытия на рабочую поверхность гильзы цилиндра в виде горизонтальных полос при использовании метода искрового упрочнения.

3. Исходя из доступных описаний двигателя ASPFS80 AR следует, что поршень имеет одно компрессионное кольцо. Таким образом имеет место трение в сопряжениях «поршень-гильза цилиндра» и «компрессионное кольцо – гильзы цилиндра». Однако в автореферате нет данных об износе компрессионных колец при работе с исследуемыми гильзами.

4. Из результатов моделирования видно, что температура рабочей поверхности гильзы цилиндра с покрытием на ~ 20 °С выше, чем у штатной, а температура днища поршня выше на ~ 10 °С. Это в свою очередь оказывает определенное влияние на рабочий процесс. В автореферате не указано, учитывалось ли изменение температуры стенок камеры сгорания при моделировании тепловых полей деталей.

10) *ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Ведущий научный сотрудник, к.т.н Ивашин П.В. Замечания:*

1. В автореферате не приведены данные об износе компрессионных колец при испытаниях экспериментальных гильз цилиндров.

2. Покрытие, формируемое при искровом упрочнении, наносилось горизонтальными полосами. Из автореферата не понятно, почему выбор сделан в пользу такого варианта.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований по теме диссертационной работы и соответствует требованиям постановления правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 30.07.2014) «О порядке присуждения ученых степеней». Выбранные оппоненты и ведущая организация являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и ведущей организации, представленные в информационной справке, опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет с 2014 по 2019гг., что свидетельствует об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ, а также об их осведомленности в современных тенденциях развития в области динамики управляемого движения гусеничных машин.

11) *ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», заведующий кафедрой «Тепловые двигатели», доцент, к.т.н Рогалев В.В., профессор кафедры, доцент, д.т.н. Обозов А.А. Замечания:*

1. В автореферате недостаточно раскрывается физическая сторона методов упрочнения поверхностей МДО и ИУ. См. стр. 15: «Результаты ... показывают, что покрытия, формируемые МДО и ИУ, имеют ...». – не ясно о каких покрытиях идет речь. Возможно, речь идет об изменении структуры поверхностного слоя сплава после обработки?

2. При обработке экспериментальных данных (измерение скорости износа, оценка механических потерь на трение) следовало бы, на наш взгляд, применить статистические методы обработки данных. Возможно, они и применялись, однако в

автореферате об этом не упоминается.

3. Следует отметить, что на двигателях средней и большой размерности специально создают микро-(макро) неровности для улучшения процесса смазки (снижения износа и трения). Автор (стр. 15) говорит о том, что волнистость (микронеровности) однозначно приводят к увеличению механических потерь, что, возможно, не совсем корректно.

4. На наш взгляд, в качестве объекта исследования для моторных испытаний следовало бы выбрать двигатель, имеющий большую размерность (10 кВт и более). Малая размерность снижает в некоторой степени достоверность полученных результатов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований по теме диссертационной работы и соответствует требованиям постановления правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 30.07.2014) «О порядке присуждения ученых степеней». Выбранные оппоненты и ведущая организация являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и ведущей организации, представленные в информационной справке, опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет с 2014 по 2019гг., что свидетельствует об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ, а также об их осведомленности в современных тенденциях развития в области тепловых двигателей.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований применительно к тепловым двигателям:**

определено влияние искрового упрочнения на износостойкость рабочей поверхности гильзы цилиндра двигателя внутреннего сгорания, установлены коэффициент трения и износостойкость покрытия, полученного методом искрового упрочнения;

установлено влияние свойств покрытий на рабочей поверхности гильзы цилиндра ДВС, формируемых методами искрового упрочнения и микродугового

оксидирования на тепловой режим деталей цилиндропоршневой группы и головки цилиндра ДВС при различных условиях охлаждения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность использования в ДВС гильз цилиндров из алюминиевого сплава АК4-1, обработанного методом искрового упрочнения, с целью повышения его износостойкости;

изучены влияние свойств покрытий, формируемых методами искрового упрочнения и микродугового оксидирования, на тепловой режим деталей цилиндропоршневой группы и головки цилиндра ДВС при различных условиях охлаждения.

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

разработаны и приняты к внедрению в процесс проектирования в ООО «ДДА» решения для повышения контактной прочности и износостойкости поршневых канавок, а также для моделирования теплового состояния авиационного поршневого двигателя «ДДА-120» с целью повышения его теплостойкости (акт внедрения от 14.11.2018);

приняты к внедрению в учебный процесс кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» ФГБОУ ВО «УГАТУ» методика моделирования теплового состояния деталей цилиндропоршневой группы двигателей внутреннего сгорания, а также расчетно-экспериментальные результаты исследований возможности повышения износостойкости рабочей поверхности цилиндра из алюминиевого сплава и снижения механических потерь двигателя методами искрового упрочнения и микродугового оксидирования (акт внедрения от 10.01.2019);

представленные в диссертации результаты позволяют повысить ресурс двигателей внутреннего сгорания не менее чем в 1,5 раза путем использования гильз цилиндров из алюминиевого сплава, обработанных методами искрового упрочнения и микродугового оксидирования;

представленные в диссертации результаты позволяют проектировать узлы трения двигателей внутреннего сгорания и других энергетических машин с

заданными переменными свойствами поверхности (микротвердость и износостойкость) как функции координаты поверхности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованы признанные научные положения теории поршневых двигателей;

применены современные апробированные средства и методы экспериментального исследования и моделирования поршневых двигателей;

экспериментальные результаты исследований по определению коэффициентов трения и износов рабочих поверхностей цилиндров согласуются с данными, полученными зарубежными и российскими исследователями;

результаты теоретического исследования теплового состояния деталей двигателя с упрочненной рабочей поверхностью цилиндра согласуются с экспериментальными данными зарубежных и российских исследователей

Личный вклад соискателя состоит в: установлении возможности повышения износостойкости гильзы цилиндров из алюминиевых сплавов и снижения механических потерь двигателей внутреннего сгорания посредством искрового упрочнения и микродугового оксидирования рабочей поверхности цилиндра; в анализе влияния гильз цилиндров из алюминиевого сплава с износостойкими покрытиями, формируемыми при искровом упрочнении и микродуговом оксидировании, на тепловое состояние деталей цилиндропоршневой группы ДВС; постановке и проведении экспериментальных и теоретических исследований; подготовке публикаций по выполненной работе. Все результаты, приведенные в диссертации, получены либо самим автором, либо при его непосредственном участии.

На заседании 15.05.2019г. диссертационный совет принял решение присудить Мусину Ниязу Хамитовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно

