

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.125.08
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (МАИ) МИНИСТЕРСТВА
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (МИНОБРНАУКИ
РФ) ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 18.05.2015г. № 7

О присуждении Абдельвахиду Мохаммеду Балла, гражданину республики Судан ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика оценки влияния климатических условий и эрозионного износа на характеристики ТРДДФ» по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 16.03.2015 г., протокол № 4 диссертационным советом Д212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ) Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки РФ), 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета - №2249-1460 от 02.11.2007 г., об изменении состава диссертационного совета №1986-540/1460 от 21.11.2008г., о продлении срока действия диссертационного совета - №1925-601 от 08.09.2009 г., о соответствии диссертационного совета Положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук - №105/нк от 11.04.2012 г., об изменении состава диссертационного совета - №508/нк от 22.08.2012 г., об изменении состава диссертационного совета - №548/нк от 06.10.2014 г.

Соискатель Абдельвахид Мохаммед Балла, 1980 года рождения, является адъюнктом федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации.

В 2009 году соискатель окончил с отличием Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского» Министерства обороны Российской Федерации, в 2014 г. соискатель окончил очную адъюнктуру Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре авиационных двигателей федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент, Черкасов Александр Николаевич, федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, кафедра авиационных двигателей, начальник кафедры.

Официальные оппоненты:

- Котовский Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор;
- Вовк Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, опытно-конструкторское бюро имени А. Люльки, филиал ОАО «УМПО», отдел перспективных разработок, начальник отдела.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение «Сатурн», г. Рыбинск, в своем положительном заключении, подписанном: Томилиной Т.В., кандидатом технических наук, заместителем начальника ОКБ-1 по науке; Лещенко И.А., доктором технических наук, ведущим инженером-конструктором; Кретиным Г.В., доктором технических наук, начальником бригады термодинамики; Шмотиным Ю.Н., доктором технических наук, генеральным конструктором и утвержденном Поляковым В.А., исполняющим обязанности управляющего директора ОАО «НПО «Сатурн», указала, что диссертационная работа Абдельвахида Мохаммеда Балла «Методика оценки влияния климатических условий и эрозионного износа на характеристики ТРДДФ» является

законченной научно-исследовательской работой. Актуальность темы подтверждена, материал диссертации логично изложен в соответствии с поставленной целью и задачами исследования. Результаты диссертационной работы значимы для развития авиационной отрасли и могут быть использованы при эксплуатации авиационной техники в сложных климатических условиях. Диссертационная работа соответствует требованиям и критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ для диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук, а автор диссертации Абдельвахид Мохаммед Балла заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 12 опубликованных работ общим объемом 3,88 п.л., в том числе по теме диссертации 12; работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 4; тезисов докладов на научных конференциях – 2; 10 работ опубликованы в соавторстве, 2 – самостоятельно.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Абдельвахид, М.Б. Расчет влияния радиального зазора на характеристику КНД двигателя РД-33 [Текст] / М.Б. Абдельвахид, Р.М. Федоров, К.С. Федечкин // Вестник СГАУ: Научный журнал Самарского государственного аэрокосмического университета – Самара: СГАУ, 2012. – № 3 (34), часть 3. – С. 23–27.
2. Абдельвахид, М.Б. Расчет влияния влажности атмосферного воздуха на характеристику осевого компрессора ТРДД [Текст] / М.Б. Абдельвахид // Научно-технический и информационный журнал «Компрессорная техника и пневматика», 2013. – № 8. – С. 40–43.
3. Абдельвахид, М.Б. Численное исследование влияния эрозионного износа на характеристики осевых компрессоров ТРДДФ [Текст] / М.Б. Абдельвахид, А.Н. Черкасов, К.С. Федечкин // Научно-технический и информационный журнал «Компрессорная техника и пневматика», 2014. – № 2. – С. 28–33.
4. Абдельвахид, М.Б. Расчетное исследование влияния эрозионного износа на высотно-скоростные характеристики ТРДДФ [Текст] / М.Б. Абдельвахид, А.Н. Черкасов, Р.М. Федоров, К.С. Федечкин // Вестник УГАТУ: Научный журнал Уфимского авиационного технического университета – Уфа: УГАТУ, 2014. – Т. 18, № 3 (64). – С. 16–22.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации ОАО «Научно-производственное объединение «Сатурн», подписанный: Томилиной Т.В., кандидатом технических наук, заместителем начальника ОКБ-1 по науке; Лещенко И.А., доктором технических наук, ведущим инженером-конструктором; Кретиным Г.В., доктором технических наук, начальником бригады термодинамики; Шмотиным Ю.Н., генеральным конструктором и утвержденный Поляковым В.А., исполняющим обязанности управляющего директора ОАО «НПО «Сатурн». В отзыве приведены следующие замечания:

1. В работе не отражено влияние изменения шероховатости поверхности лопаток вследствие эрозионного износа на характеристики компрессора.

2. Разработанная методика не позволяет прогнозировать эрозионный износ лопаток компрессора в зависимости от концентрации и содержания пыли в атмосфере.

3. В работе не представлены конкретные рекомендации по поддержанию требуемых параметров двигателя при его эксплуатации в условиях запыленной атмосферы и повышенной влажности.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Котовского Владимира Николаевича, доктора технических наук, профессора. Замечания по диссертационной работе:

1. Утверждение (стр. 46) о том, что результаты, полученные при расчете характеристик лишь ступени С-16 и компрессора низкого давления (КНД) двигателя РДЗЗ-2С, позволяют считать, что «... методика (имеется в виду Numesa) применима для расчета характеристик любых осевых компрессоров...» требует подтверждения путем применения её для расчета характеристик многих компрессоров, что в диссертации не выполнялось.

2. Вывод об уменьшении запаса газодинамической устойчивости компрессора ΔK_y (стр.52, 81) при эрозионном износе лопаток компрессора и увеличении радиального зазора некорректен, так как определить ΔK_y без наличия рабочей линии на характеристике компрессора невозможно.

3. Вывод на стр. 82 о том, что разработанная в диссертации методика полного учета физических свойств рабочего тела также не совсем корректен, так как теплоемкость и показатель адиабаты зависят не только от влажности и температуры газа, но и от давления.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Вовка Михаила Юрьевича, кандидата технических наук, опытно-конструкторское бюро имени А. Люльки, филиал ОАО «УМПО», отдел перспективных разработок, начальника отдела. Замечания по диссертационной работе:

1. В работе отсутствует анализ (даже оценочный) механизмов образования эрозии. Не рассмотрен вопрос: почему на лопатках направляющих

аппаратов (НА) эрозия не возникает, а рабочие колеса подвержены такому значительному износу? Кроме того, по результатам эксплуатации двигателей в запыленной атмосфере, видно, что износ лопаток рабочих колес имеет ярко выраженную форму. Возможно, что анализ механизма эрозии позволит автору найти решение для снижения эрозии.

2. Автор практически не уделяет внимания методике трехмерного расчета компрессоров. В тексте приведена только констатация факта, что расчет ведется с использованием модели турбулентности Spalart-Allmaras, приведено количество ячеек в сетке. Далее приводятся результаты расчета и сравнение с экспериментом. Полученные расхождения автор считает допустимыми, но возможно выбор сеточной модели и модели турбулентности позволит повысить сходимость расчетов и эксперимента. Как таковой, анализ постановки граничных условий на расчет отсутствует.

3. Представленная математическая модель (ММ) ТРДДФсм является моделью итерационного типа. Написана она, достаточно упрощено, с использованием целого ряда допущений. Уровень, разработанной модели, позволяет проводить только качественный анализ. Количественный анализ необходимо вести только на ММ более высокого уровня проработки. Следовательно, результаты расчетов по разработанной ММ нельзя рассматривать как источник принятия решения о прекращении эксплуатации двигателя в результате ухудшения его характеристик.

Все отзывы, поступившие на автореферат положительные.

Отзыв на автореферат Швеца Л.И., кандидата технических наук, старшего научного сотрудника, начальника сектора отделения полноразмерных двигателей ФГУП «ЦИАМ им. П. И. Баранова» содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В тексте автореферата не очень четко обозначено место данной работы среди работ аналогичной направленности: не показано, в чем диссертант видит недостатки или незавершенность ранее выполненных работ, в которых рассматривались аналогичные проблемы, чем принципиально отличаются методики, предложенные в данной работе. Указано лишь, что в первой главе диссертации выполнены соответствующие обзоры.

2. Отмечено, что верификация результатов расчетов характеристик изолированной ступени С-16 и КНД ТРДДФ РД-33-2С, выполненных с применением программного комплекса NUMECA Fine/Turbo (т.е. сопоставление их с результатами испытаний) показала удовлетворительную сходимость со средней погрешностью 1–3 % во всем диапазоне частот вращения. Целесообразно было бы дифференцировать эту количественную

оценку для конкретных параметров: безусловно, для π_k^* , $G_{пр}$, η_k^* , ΔK_y она должна быть различной.

3. Было бы желательно, чтобы диссертант уделил больше внимания физической стороне описания того, почему в расчетах принято определенное изменение профилей лопаток при эрозионном износе при многообразии реальных конфигураций изношенных лопаток. В автореферате же акцент сделан на формально-математическом представлении изменения профилей.

Указано, что для ТРДДФ РД-33-2С «закономерность изменения эрозионного износа лопаток рабочих колес (РК) по ступеням КНД и компрессора высокого давления (КВД) была задана в соответствии с результатами экспериментального исследования износа лопаток ТРДДФ F100-PW-100, т.к. данный двигатель по конструкции и параметрам рабочего процесса сопоставим с двигателем РД-33». Следовало бы оговорить, что это условие нужно рассматривать как приближение, поскольку компрессора этих двигателей все же различаются в части профилирования, конструктивного исполнения, применяемых материалов, технологий; кроме того, могли различаться характеристики запыленности (размеры и формы кварцевых частичек и др.). Тем не менее, примененный подход следует признать оправданным, т.к. такого рода исходные данные для конкретного двигателя редко бывают в наличии, а полученные количественные оценки влияния износа на характеристики КНД и КВД, несомненно, практически полезны.

4. Вызывает удивление утверждение диссертанта о том, что, как показал обзор, «отсутствуют методики, обеспечивающие полный учет изменения свойств рабочего тела по всему тракту двигателя в результате изменения влагосодержания». Такие методики применяются в России при термодинамическом расчете параметров двигателей, по крайней мере, с 1970-х г.г. (Я.Т. Ильичев, В.И. Янкин и др.). Очевидно, диссертант имел в виду влияние влагосодержания на характеристики компрессора, которые он получал расчетным путем.

При оценке влияния влагосодержания воздуха на характеристики компрессоров был рассмотрен диапазон от $d=0$ до $d=0.04$, что в земных условиях соответствует изменению относительной влажности φ от 0 до 100 %. Практический интерес представляет изменение φ в более узком диапазоне, поэтому и влияние на характеристики будет более умеренным.

5. Диссертант не поясняет, почему потребовалась разработка программы расчета высотно-скоростных характеристик (ВСХ) ТРДДФ вместо использования готовых программ. Не поясняется также, почему при интерполяции используется нетрадиционная форма описания характеристик

КНД и КВД, которая представляется переусложненной (глава 4); неясно, как эта форма позволяет учитывать изменение программы управления РНА КВД.

Отзыв на автореферат ОАО «Климов», подписанный Герасимовым А.Б. кандидатом технических наук, доцентом, ведущим конструктором по расчетам и утвержденный Григорьевым А.В., Генеральным конструктором, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. К сожалению, в автореферате не указано как автор учитывал изменение характеристик течения воздуха в компрессорах при изменении свойств поверхностей лопаток вследствие эрозионного износа. Не учтено также и изменение характеристик турбин вследствие эрозии.

Отзыв на автореферат Батурина О.В., кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры теории двигателей летательных аппаратов Самарского государственного аэрокосмического университета им. С. П. Королева содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. При анализе полученных результатов, особенно графических зависимостей, автор часто просто озвучивает сделанные им выводы, не пытаясь найти физическое обоснование причин наблюдаемых явлений.

2. Работа была бы существенно усилена, если бы в алгоритме расчета координат профиля эрозионно изношенной лопатки было бы учтено текущее время работы лопатки.

Отзыв на автореферат Кулалаева В.В., кандидата технических наук, доцента, главного специалиста ОКБ им. А. Люльки, КО перспективных разработок содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В тексте не указаны ссылки на конкретные работы, где позаимствованы материалы для визуального сравнения типичных эрозионных износов лопаток компрессора, при этом сравнение не носит количественный характер;

2. Расчетные данные влияния износа лопаток компрессора, приведенные на графиках автореферата без экспериментальных данных изменения характеристик ТРДДФ, что затрудняет оценку адекватности принятых методик расчёта (см. рис.4, 5), тоже с влиянием на характеристики двигателя влажности (см. рис.6);

3. Требуется разъяснения научный уровень разработанной автором программы для расчета учета эрозионного износа лопаток компрессора (см. вторую главу) и её внедрение для обеспечения безопасности полётов в сложных климатических условиях. Тем более, что данная программа внесена, как научный результат диссертационной работы.

Отзыв на автореферат ОАО «НИИ ЛМ», подписанный Повекевичных С.А., кандидатом экономических наук, председателем научно-технического совета,

генеральным директором ОАО «НИИ ЛМ» и Ласточкиным Г.Ф., заслуженным машиностроителем РФ, ученым секретарем научно-технического совета содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате не указаны параметры расчетной сетки и граничные условия, принятые в расчетах характеристик компрессоров.

2. На странице 10 указано, что отдельное уменьшение хорды и толщины профилей рабочих лопаток при некоторых режимах приводит к увеличению максимальных значений коэффициента полезного действия (КПД) компрессоров, но не объясняется причина этого увеличения.

3. Отсутствует сравнение полученных результатов численного исследования влияния эрозионного износа и влажности воздуха на ВСХ двигателя с экспериментальными данными или результатами подобных исследований.

Отзыв на автореферат Иванова А.В., доктора технических наук, доцента, главного конструктора АО «Конструкторское бюро химавтоматики» содержит следующее замечание по содержанию работы:

1. Желательно было бы привести сопоставление расчетных данных, полученных автором с результатами экспериментальных исследований или данными, полученными при эксплуатации ТРДДФ в условиях влажной запыленной атмосферы.

2. В автореферате целесообразно было бы привести более подробные данные по расчету в программном комплексе NUMECA Fine/Turbo, например: модели турбулентности использованные при расчете, количество ячеек при построении расчетной сетки, параметры сходимости расчета.

3. Желательно было бы привести рекомендации, на какие элементы компрессора нужно обращать особое внимание при проектировании для минимизации влияния эрозионного износа и климатических условий на характеристики двигателя.

Отзыв на автореферат Сибирского государственного аэрокосмического университета, подписанный Кишкиным А.А., доктором технических наук, профессором кафедры двигателей летательных аппаратов и Назаровым В.П., кандидатом технических наук, профессором, заведующим кафедрой двигателей летательных аппаратов содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В тексте автореферата отсутствует описание особенностей расчета трехмерного течения в компрессоре методами CFD: не приведены основные допущения, не представлены характеристика расчетной сетки и опции расчета.

2. Для программы расчета высотно-скоростных характеристик ТРДДФ (ввиду того, что она составляет научную новизну) не лишним было бы

привести схему программы, описание ее логической структуры, особенностей ввода-вывода данных.

3. В тексте автореферата отсутствует расшифровка некоторых сокращений (ТРДДФ, ГТД и т.д.), что усложняет восприятие работы.

Отзыв на автореферат ОАО «Турбонасос», подписанный Ярославцевым С.В., кандидатом технических наук, ученым секретарем НТС и Валюховым С.Г., доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой НГТО ВГТУ, почетным работником ВПО РФ, Генеральным директором, Генеральным конструктором содержит следующее замечание по содержанию работы:

1. Необходимо отметить, что в работе желательно было бы привести влияния эрозионного износа и влажности атмосферного воздуха на прочностные характеристики лопаток РК осевого компрессора, не учтено изменение жесткости и деформаций лопаток РК вследствие износа. Деформация лопаток может привести к изменению величины радиального зазора в лопаточных венцах и таким образом повлиять на характеристики компрессора.

Отзыв на автореферат Дроздова И.Г., доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Ракетные двигатели», директора института машиностроения и аэрокосмической техники ВГТУ, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате присутствуют опечатки (стр. 15, 4 абзац сверху);
2. Не приведены графики сравнения результатов расчета с экспериментальными данными;
3. Не приведено описание расчетной сетки и оценки ее качества. Хотя именно от нее зависит точность полученных результатов;
4. В тексте автореферата непонятна суть рисунка 2. Видимо, он представлен для подтверждения одинаковой картины износа лопаток двух разных КВД, а также для подтверждения корректности использования в дальнейших расчетах лопатки КВД ТРДДФ F100-PW-100, а не РДЗЗ-2С.

Отзыв на автореферат Арбекова А.Н., кандидата технических наук, доцента кафедры ЭЗ МГТУ им. Н. Э. Баумана, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. Увеличение зазора в компрессорах привело, как это следует из рисунка 4, к изменению формы характеристик, они становятся более пологими, поэтому снижение запаса по помпажу требует дополнительных пояснений;
2. В автореферате не показано как влияет повышение влажности воздуха на характеристики двигателя в чистом виде, без учета влияния температуры атмосферного воздуха.

Отзыв на автореферат Комарова В.М., доктора технических наук, старшего научного сотрудника НИЦ ЦНИИ ВВС МО РФ, содержит следующее замечание по работе:

1. К недостаткам работы можно отнести отсутствие в автореферате перечня основных климатических факторов, оказывающих влияние на работоспособность ТРД (содержание в атмосфере кислорода, углекислого газа, скорость ветра, туман, осадки в виде дождя или снега и т.д.) и почему автор выбрал только один фактор - влажность атмосферного воздуха.

Отзыв на автореферат Исаева А.И., доктора технических наук, профессора, декана факультета эксплуатации летательных аппаратов ИФ МГТУ ГА, содержит следующие замечания по работе:

1. Во второй главе изложена методика расчета влияния эрозионного износа лопаток компрессора на его характеристики, представлены результаты численного эксперимента и проведен анализ влияния эрозионного износа лопаток на характеристики КНД и КВД. Исходные данные для численного эксперимента отображены в таблице 1 и 2, при чем, представлены в абсолютных величинах (кроме изменения хорды, %).

Параметры в относительных величинах являются более информативными.

Кроме того, даны крайние значения изменения зазоров по входу и выходу рабочего колеса и не указаны закон его изменения к среднему сечению профиля и от среднего сечения к хвосту профиля.

При этом следует отметить, что на рис. 4 представлены результаты расчета совокупного влияния изменения радиального зазора и хорды рабочей лопатки в периферийных сечениях.

Для проведения детального анализа и степени влияния изменения радиального зазора на характеристики компрессора представляет интерес отдельный расчет при изменении радиального зазора у передней части профиля и у задней.

При представлении результатов расчета не проведен факторный анализ. Изменение положения напорных линий, изменение КПД можно связать с изменением углов атаки (при эрозии входной кромки), с изменением закрутки потока в рабочем колесе (эрозия входной и выходной кромок лопатки), с перетеканием в радиальном зазоре, а также с изменением числа Рейнольдса при уменьшении хорды лопатки.

Отзыв на автореферат РГАТУ им. П. А. Соловьёва, подписанный Ремизовым А.Е., доктором технических наук, доцентом, заведующем кафедрой авиационных двигателей и Карелиным О.О., кандидатом технических наук, доцентом кафедры, содержит следующие замечания:

1. В автореферате не отражены особенности численного моделирования в программном комплексе NUMECA Fine/Turbo, а методология проведения численных расчетов в данном случае будет сильно влиять на результат, причем при расчете компрессора с изношенными лопатками необходимо будет изменять принципы построения сеток по сравнению с исходной геометрией.

2. В работе не уделено внимание рассмотрению прочности лопаток компрессора при эрозионном износе;

3. Автор указывает, что при эрозионном износе лопаток компрессора, удельный расход топлива увеличивается незначительно, но не поясняет причину.

Отзыв на автореферат Григорьева А.А., кандидата технических наук, доцента кафедры «Авиационные двигатели» Пермского национального исследовательского политехнического университета, содержит следующее замечание по работе:

1. Следует отметить отсутствие сравнительного анализа полученных в расчете геометрических моделей изношенных лопаток РК и экспериментальных данных о реальном износе лопаток компрессора двигателя РДЗЗ-2С в заявленных условиях эксплуатации.

Отзыв на автореферат Александрова Ю.Б., кандидата технических наук, доцента кафедры Реактивных двигателей и энергетических установок (РДЭУ) Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, содержит следующие замечания по содержанию работы:

1. В автореферате не раскрыта, область ограничиваемых параметров при постановке задачи исследования для реализации предлагаемой комплексной методики. Если комплексная методика учитывает все параметры, входящие в область исследования, то об этом необходимо было упомянуть.

2. Из автореферата не ясно, каким образом проводится учет изменения свойств рабочего тела при конкретных значениях относительной влажности и температуры атмосферного воздуха (стр. 10).

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которым относится диссертационная работа, наличием публикаций по тематике исследования и согласием на оппонирование. Ведущая организация выбрана в соответствии с её широко известными достижениями в двигателестроительных отраслях науки, способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Ведущей организацией предоставлен отзыв на диссертацию.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика оценки влияния последствий эрозионного износа и

влажности атмосферного воздуха на характеристики ТРДДФ с учетом изменения газодинамических характеристик осевого компрессора;

предложены:

– новый подход моделирования геометрии лопаточных венцов осевых компрессоров при эрозионном износе;

– новый подход учета влияния влажности воздуха на свойства рабочего тела, характеристики осевых компрессоров ГТД и высотно-скоростные характеристики ТРДДФ;

доказана возможность использования разработанной методики для учета влияния последствий эрозионного износа и влажности воздуха на характеристики осевых компрессоров и ТРДДФ;

введены: способ учета влияния последствий эрозионного износа на геометрические параметры лопаток осевых компрессоров; аналитические зависимости учета влияния влагосодержания на физические свойства рабочего тела в каждом характерном сечении газоздушного тракта и условия совместной работы элементов ТРДДФ.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана применимость разработанной методики для расчета газодинамических характеристик осевых компрессоров и высотно-скоростных характеристик ТРДДФ;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы: фундаментальные уравнения теории авиационных двигателей, методы математического моделирования рабочего процесса ТРДДФ с учетом особенностей программы управления, методы расчета трехмерных течений в лопаточных машинах, основанные на решении уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу;

изложены результаты исследования влияния последствий эрозионного износа и влажности воздуха на характеристики осевых компрессоров и ТРДДФ;

раскрыто противоречие, обусловленное с одной стороны обеспечением требований к эксплуатации авиационных двигателей и необходимостью увеличения их ресурса, с другой стороны – ухудшением их характеристик при эксплуатации в сложных климатических условиях, характеризующихся повышенной влажностью и высокой запыленностью атмосферы;

изучено влияние эрозионного износа и влажности воздуха на характеристики осевых компрессоров и ТРДДФ;

проведена модернизация методик учета изменения геометрии лопаточных венцов многоступенчатых осевых компрессоров при эрозионном износе и расчета высотно-скоростных характеристик ТРДДФ с учетом влажности

воздуха.

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

разработаны и внедрены:

- результаты исследования в методических разработках для проведения занятий по дисциплинам «Теория авиационных двигателей» и «Надежность и техническая диагностика» кафедры авиационных двигателей ФГКВБОУ ВПО «Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж);

- методика расчета влияния радиального зазора и эрозионного износа на характеристики лопаточных машин в научно-методическом сопровождении проектируемых изделий открытого акционерного общества «Турбонасос»;

определены пределы и перспективы практического использования разработанной методики для прогнозирования эксплуатационных характеристик ТРДДФ и их технического состояния при эксплуатации в условиях запыленной атмосферы и повышенной влажности;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на апробированных методах исследования в области теории авиационных двигателей, математического моделирования, что подтверждается соответствием полученных результатов общим физическим закономерностям, совпадением с экспериментальными данными и согласуется с известными опубликованными материалами по теме диссертации;

идея базируется на анализе и оценке факторов, влияющих на характеристики осевых компрессоров и ГТД, эксплуатируемых в сложных климатических условиях, а также на обобщении передового опыта в области разработки методик учета влияния различных факторов окружающей среды на характеристики осевых компрессоров и ГТД;

использованы:

– трехмерные методы расчета течения в лопаточных машинах, основанные на решении уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу;

– методы математического моделирования рабочего процесса ТРДДФ;

– сертифицированное программное обеспечение и достоверные экспериментальные данные;

установлено качественное и количественное совпадение результатов, полученных автором, с известными апробированными результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

Личный вклад соискателя состоит в:

– разработке методики оценки влияния эрозионного износа и влажности воздуха на характеристики компрессора с применением современных методов расчета трехмерного течения на основе программного комплекса NUMECA Fine/Turbo;

– получении результатов расчетного исследования влияния эрозионного износа и влажности воздуха на характеристики каскадов компрессора двигателя РД33-2С;

– разработке программы расчета высотно-скоростных характеристик ТРДДФ, позволяющей определить параметры двигателя на максимальном и форсажном режимах с учетом влияния эрозионного износа и влажности воздуха;

– получении результатов расчетного исследования влияния эрозионного износа и влажности воздуха на высотно-скоростные характеристики двигателя РД33-2С.

На заседании 18 мая 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Абдельвахиду М.Б. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 20, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель
диссертационного совета



Равикович
Юрий Александрович

Ученый секретарь
диссертационного совета



Зуев
Юрий Владимирович

18 мая 2015г.

