

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.06

Соискатель: Шахов Александр Сергеевич

Тема диссертации: Методика оценки динамики и прочности деталей компрессора низкого давления газотурбинного двигателя с учетом геометрических отклонений

Специальность: 2.5.15. — «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 28 декабря 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, приведенным в "Положении о присуждении ученых степеней", утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Шахову Александру Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Краев В.М., члены диссертационного совета: Агульник А.Б., Абашев В.М., Демидов А.С., Кочетков Ю.М., Лесневский Л.Н., Марчуков Е.Ю., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Назаренко И.П., Ненарокомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.06, д.т.н., доцент

Краев В.М.

Начальник отдела удс МАИ
Т.А. Аникина



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.06,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.12.2022 г. № 29

О присуждении Шахову Александру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методика оценки динамики и прочности деталей компрессора низкого давления газотурбинного двигателя с учетом геометрических отклонений» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 27.10.2022 г., (протокол заседания № 18) диссертационным советом 24.2.327.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»; 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4; приказ Министерства науки и высшего образования РФ о создании диссертационного совета – №669/нк от 24.06.2022 г.

Соискатель Шахов Александр Сергеевич, 12.07.1994 года рождения, работает инженером в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2016 году окончил бакалавриат федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина» по специальности «Механика и математическое моделирование». В 2018 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский институт МЭИ») по специальности «Прикладная механика».

В период подготовки диссертации соискатель работал в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в научно-исследовательском отделе кафедры 203 «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» в должности инженера.

Диссертация выполнена на кафедре 203 «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент Архипов Александр Николаевич, доцент кафедры 203 «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Матвиенко Юрий Григорьевич, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, отдел прочности живучести и безопасности машин, профессор;

Лежин Дмитрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов, федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – государственный научный центр, федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Дмитрием Владимировичем Сапроновым, кандидатом технических наук, начальником сектора отдела «Расчеты динамики и прочности двигателей» и утвержденном Юрием Александровичем Ножницким, доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора – директором исследовательского центра «Динамика, прочность, надежность» ФАУ ЦИАМ им. П.И. Баранова, указала, что диссертация Шахова А.С. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие важное значение при разработке авиационных двигателей. Данная работа соответствует паспорту специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов». Рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор Шахов Александр Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объёмом 4 п.л., из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы. Из 10 публикаций: 3 - статьи в научных журналах из списка ВАК или в журналах, входящих в систему цитирования Scopus, 6 - тезисы докладов и материалы конференций. Все работы написаны в соавторстве.

Данные публикации посвящены вопросу расчетов динамики и

прочности деталей компрессора низкого давления (КНД) газотурбинного двигателя (ГТД).

Авторский вклад соискателя заключается в: подготовке параметрических моделей барабана бустера КНД, разделителя потока и панели внутренней; построении расчётных сеток; проведении расчетов прочности барабана бустера КНД с учетом геометрических отклонений; разработкой облика конструктивно подобного элемента (КПЭ), вырезанного из барабана; участии в разработке программы-методики испытаний КПЭ на усталость и непосредственном участии в испытаниях; проведении прочностных расчетов лопатки вентилятора и анализе результатов; разработке методики расстановки рабочих лопаток вентилятора в диске с учетом производственных отклонений геометрии пера; расчете динамики и прочности разделителя потока и панели внутренней из композиционных материалов.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Архипов, А. Н. Развитие критериев оценки эрозионной стойкости деталей авиационных двигателей из композиционных материалов / А. Н. Архипов, Ю. А. Равикович, Д. П. Холобцев, А. С. Шахов // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 2020. – № 4. – С. 116-120.
2. Arkhipov A.N. Development of Criteria for Estimating the Erosion Resistance of Aircraft Engine Parts from Composite Materials / A. N. Arkhipov, Y. A. Ravikovich, D. P. Kholobtsev, A. S. Shakhov // Russian Aeronautics. – 2020. – Vol. 63. – No 4. – P. 686-691.
3. Ravikovich, Y. A. Application of composite materials in an upgraded engine low-pressure compressor for a regional passenger aircraft / Y. A. Ravikovich, A. N. Arkhipov, A. S. Shakhov, T. S. Erofeev // Inventions. – 2021. – Vol. 6. – No 3.
4. Arkhipov A.N. Calculation and Experimental Study of Low-Cycle Fatigue of Gas Turbine Engines Booster Drum / A. N. Arkhipov, Y. A. Ravikovich,

D. P. Kholobtsev, A. S. Shakhov // Inventions. – 2022. – Vol. 7. – No 3.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы (все отзывы положительные).

Отзыв на диссертацию официального оппонента Матвиенко Ю.Г.,
доктора технических наук, профессора содержит замечания:

1. В работе не отражено влияние плотности материала барабана КНД на напряженно-деформированное состояние в критической зоне.
2. Испытания конструктивно-подобного образца, вырезанного из барабана бустера КНД, проведены при частоте нагружения 10 Гц (с. 46 диссертации). Повлияет ли эксплуатационная частота нагружения барабана бустера КНД на полученные результаты испытаний образцов при частоте нагружения 10 Гц?
3. На с. 59 диссертации автор без пояснений приводит критерий разрушения образца, а, именно, «критерием разрушения является увеличение максимального перемещения образца на 10% по сравнению со значением перемещения в начале испытаний». Следует пояснить, чем обусловлен принятый критерий разрушения при малоциклового усталости.
4. Автором не проведена оценка влияния «холодной» ползучести, присущей титановым сплавам, на результаты проведенных исследований. Изменяются ли результаты исследований при учете «холодной» ползучести титановых сплавов?
5. Не указан допустимый уровень напряжений композиционного материала разделителя потока, использованного при оценке его прочности.
6. По результатам исследований автору целесообразно было бы дать рекомендации по необходимым и обоснованным требованиям к геометрическим отклонениям деталей компрессора низкого давления газотурбинного двигателя.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Лежина Д.С.,
кандидата технических наук, доцента содержит замечания:

1. В работе большое внимание уделяется описанию построения моделей (используемые типы элементов, наложение сетки, закрепление и приложение нагрузок), что имеет технический интерес, и недостаточный акцент делается

на аргументации адекватности модели и анализе результатов, что может иметь научный интерес.

2. При описании испытаний конструктивно подобных элементов барабана бустера не описано, как формируется образец для испытаний, каковы цели эксперимента и чем обеспечивается эквивалентность при испытаниях образца рабочим условиям барабана бустера, учитывая их различное НДС (окружные напряжения заменяются изгибными). Вызывает вопросы описание постановки и планирования эксперимента и отсутствие результатов фотофиксации результатов эксперимента.

3. Выводы по главам иногда имеют недостаточно аргументированный характер. Так, например, в выводах к главе 2 указано, что разработана методология оценки прочности деталей ГТД с использованием коэффициентов влияния единичных и комбинированных отклонений (вывод 1). В тексте не отражены особенности данной методологии и ее отличия от существующих подходов.

4. В выводах по главам и работе не делается акцент на научной новизне, выводы носят инженерный характер, не подчеркивается вклад автора.

5. По тексту работы есть вопросы к орфографии и терминологии. Некоторые аспекты отражены более подробно в автореферате, чем в самой работе (например, схема разрабатываемой методики и фото оснастки испытания КПЭ приведены только в автореферате).

6. В работе отсутствуют границы применимости полученных методик и результатов.

Отзыв на диссертацию ведущей организации — ГНЦ ФАУ «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» содержит замечания:

1. Цель работы сформулирована как процесс и не отражает положительный эффект, который должен быть достигнут в результате выполнения работы.

2. Желательно было разделить обоснование научной новизны и практической значимости.

3. При оценке актуальности работы ничего не сказано про, несомненно, актуальное предложение использовать конструктивно-подобные элементы.
4. Не сказано, как при разработке параметризованных моделей в первой главе учитываются тепловые и аэродинамические нагрузки.
5. Не ясно, по какой методике во второй главе определялась циклическая долговечность: как определялись размахи напряжений/деформаций, учитывалась ли асимметрия цикла нагружения и т.д.?
6. При оценке циклической долговечности барабана КНД следовало оговорить, что речь идёт об определении долговечности без учёта возможных начальных дефектов. В соответствии с действующими нормативными техническими документами при оценке циклической долговечности и определении ресурса критических по последствиям разрушению деталей необходимо учитывать развитие трещины от возможных дефектов. Выбранное значение запаса по циклической долговечности $ATN = 1,2$ также не обосновано. Поэтому представленные в главе 2 результаты следует рассматривать как сравнительную оценку, иллюстрирующую возможность предложенной в диссертации методики.
7. В третьей главе следует сопоставить значения размахов напряжений/деформаций, расчётной циклической долговечности в натурной детали и конструктивно-подобном элементе.
8. На странице 62 диссертации указана только доверительная вероятность 0,95, а в таблице 3.5 рассмотрены три вероятности: 0,95, 0,99, 0,999. Автор диссертации приводит слишком низкие значения толерантных коэффициентов для выборки объемом 6 образцов.
9. При анализе прочности разделителя потока из полимерного композиционного материала не ясно, как учитывалась анизотропия механических характеристик. В таблице 5.6 диссертации необходимо указать систему координат, в которой приведены результаты расчёта компонент напряжений. Также рекомендуется привести значения нескольких критериев прочности для анизотропных материалов (максимальных напряжений, $\sigma_{\text{Цая-Ву}}$).

10. Автор диссертации не рассматривает настройки контактных опций, что может оказать существенное влияние на результаты расчетов.

11. Диссертант не рассматривает влияние допусков на изготовление на отклонение геометрии контактных поверхностей хвостовика лопатки и паза замка.

12. При выборе расстановки лопаток не оценивается влияние способа их установки в рабочее колесо на амплитуды переменных напряжений.

Отзыв на автореферат диссертации АО «Московское машиностроительное предприятие имени В.В. Чернышева», составленный Дьяченко Д.М., к.т.н., главным конструктором, не содержит замечаний по автореферату.

Отзыв на автореферат диссертации филиала ПАО «ОДК-УМПО» «Опытно-конструкторское бюро имени А. Люльки», составленный Гуциным А.Ю., к.т.н., начальником бригады статической прочности ротора отдела прочности, содержит следующие замечания:

1. Из автореферата не ясно, учитывались ли реальные свойства материала при сравнении расчета с экспериментальным определением циклической долговечности конструктивно-подобного элемента, вырезанного из барабана КНД. В тексте автореферата дана ссылка на справочные минимальные свойства от трех предприятий.

2. Целесообразным было бы более детальное описание характера взаимосвязи отклонений определённых групп деталей (в рабочих лопатках (РЛ), дисках, корпусах) на их статические и динамические запасы прочности.

3. Материалы главы пять относятся к стандартным протоколам расчета деталей ГТД при определении возможности постановки на изделие деталей с производственными отклонениями.

Отзыв на автореферат диссертации ПАО «ОДК-Кузнецов», составленный Шевцовым А.В., к.т.н., ведущим конструктором СГЛК, содержит следующие замечания:

1. Не указаны конкретные изменения геометрических параметров при расчете лопатки вентилятора с комбинированными отклонениями.

2. Из автореферата не ясно, каким образом учитывалась анизотропия композиционного материала

Отзыв на автореферат диссертации ПАО «ОДК-Сатурн», составленный Лысенко А.А., к.т.н., ведущим специалистом конструкторского отдела прочности, содержит следующие замечания:

1. Не проанализировано влияние частоты нагружения и выдержки при максимальных нагрузках на долговечность конструктивно подобных элементов.

2. Не рассмотрено возможное влияние нелинейного суммирования усталостных повреждений в течение полетного цикла на долговечность деталей КНД.

Отзыв на автореферат диссертации Великановой Н.П., д.т.н., профессора кафедры реактивных двигателей и энергетических установок, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» содержит следующие замечания:

1. Следовало бы конкретно указать материалы, из которых изготовлены исследуемые детали;

2. При расчетах с помощью МКЭ не приведены характеристики сеток и типы используемых конечных элементов;

3. Имеются ошибки в написании: например, на стр. 5 дважды вместо «коэффициентов влияния» написано «коэффициенты влияния», также есть ошибки в рис. 1 на стр. 8 и др.

Отзыв на автореферат диссертации АО ТМКБ «Союз», составленный Петренко В.М., к.т.н., ведущим научным сотрудником научно-исследовательского отдела и Подлевских А.П., к.т.н., ведущего научного сотрудника, содержит следующие замечания:

1. На стр. 13 автореферата автор указывает, что «Предлагается использование четырёхлепестковой схемы, при которой самые тяжелые лопатки с наибольшим суммарным статическим моментом сконцентрированы в четырех лепестках», но при этом не понятно: какими достоинствами и недостатками обладает предложенная схема от ранее применяемых?

2. На стр. 14 на рисунке 10 – Результаты динамического расчета разделителя потока (РП), представлены значения собственных частот форм колебаний РП в зависимости от толщины композитной части показаны на рисунке 9. Как учитывались субгармонические колебания при оптимизации толщины композитной части (см. рисунок 10)?

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени Н.Э. Баумана (НИУ)», составленный Арбековым А.Н. д.т.н., профессором кафедры «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки» и Хорошавцевым Д.Р., ассистентом кафедры «Газотурбинные двигатели и комбинированные установки», содержит следующие замечания:

1. В тексте автореферата не указано различие в настройках сеток двух моделей, представленных на рис. 4. Также не показаны величины единичных отклонений и отклонений плотности детали, влияющих на увеличение напряжений (Глава 2).

2. На рис. 7 заметно существенное расхождение напряжений по Мизесу и первых главных напряжений бустера и образца, но не указано, как учитывается данное несоответствие при определении схемы нагружения конструктивно подобных элементов в процессе подготовки к проведению испытаний (Глава 3).

3. В работе не раскрыта методика оценки влияния геометрических отклонений рабочей лопатки вентилятора на тягу двигателя (Глава 4).

Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», составленный Ремизовым А.Е. д.т.н., профессором кафедры «Авиационные двигатели», содержит следующие замечания:

1. Диссертантом не рассмотрены подходы к учету внутренних остаточных напряжений, возникающих в деталях из композиционных материалов при формовании как вид преднапряженного состояния.

2. Не рассмотрены подходы к учету внутренней структуры композиционного материала с точки зрения наличия технологических

дефектов, таких как, близна, местные натеки связующего, смещение текстуры ткани и проч.

3. Не учтено влияние объемного содержания волокна на прочностные характеристики, а также на определение форм и частот деталей из композиционного материала.

4. Не в полной мере раскрыт подход к учету отклонений, возникающих в процессе технологического цикла деталей из композиционных материалов, таких как коробление.

Отзыв на автореферат диссертации производственного комплекса «Салют» АО «ОДК», составленный Макаровым П.В. к.т.н., заместителем генерального конструктора и Лопаницыным Е.А., д.ф.-м.н., начальником конструкторского отдела прочности и тепломассообмена, и заверенный Генеральным конструктором ПК «Салют» АО «ОДК» Скирдовым Г.П. содержит следующие замечания:

1. При описании параметрических конечно-элементных моделей рассмотренных объектов в автореферате не оговорены действующие на них внешние силовые, инерционные и температурные нагрузки, а также условия контактного взаимодействия их частей.

2. По тексту автореферата практически невозможно составить представление о свойствах применяемых в разделителе потока и внутренней панели композиционных материалов, интенсивности их эрозионного износа, а также об используемых для их описания физико-механических и конечно-элементных моделях.

3. В условиях, когда «влияние допусков на напряжения в критической зоне моделей» (см. стр. 10) не превышают 11%, решение вопроса о погрешности конечно-элементных моделей барабана бустера КНД и его сектора с лопатками представлено крайне скудно. Погрешность вычисления напряжений методом конечных элементов может превышать заявленные 11%. Поэтому для оценки погрешности конечно-элементной модели обычно пользуются правилом Рунге на кратных сетках, а не изменением настроек автоматического построения сеток.

4. Нельзя не упомянуть ещё одно замечание методического характера. Использование термина «напряжение по Мизесу» - mauvais ton. Вместо него следует писать «интенсивность напряжений» и не смешивать это понятие с названием критерия пластичности Генки-Губера-Мизеса.

Отзыв на автореферат диссертации ПАО «ОДК-УМПО», составленный Кузьминым С.В. Заместителем генерального конструктора - директором ОКБ «Мотор» и Болдыревым О.И. к.т.н. Главным конструктором ОКБ «Мотор», содержит следующие замечания:

1. Указано, оценка ресурса барабана бустера проводилась по минимальным свойствам материала по одному из трех источников. Целесообразнее использовать один источник свойств материала с близким типоразмером и технологической наследственностью.

Выбор Матвиенко Ю.Г., доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, заведующего отделом прочности живучести и безопасности машин федерального государственного бюджетного учреждения науки институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук в качестве официального оппонента обосновывается его широкой компетентностью в вопросах анализа и нормирования прочности, живучести, безопасности и ресурса машин и конструкций, что подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых журналах. Матвиенко Ю.Г. является автором более 300 печатных работ, из них 19 монографий и 13 авторских свидетельств и патентов.

Выбор Лежина Д.С., кандидата технических наук, доцента кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» обосновывается его большим опытом в области расчетных и экспериментальных исследований прочностных и динамических характеристик деталей авиационных двигателей и космических аппаратов что подтверждается многочисленными

публикациями в рецензируемых российских и зарубежных журналах.

Ведущая организация государственный научный центр, федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова» выбрана в соответствии с тем, что она является головной научной организацией российского авиадвигателестроения, осуществляющая полный цикл исследований, необходимых при создании авиационных двигателей и газотурбинных установок на их основе, а также научно-техническое сопровождение изделий, находящихся в эксплуатации. Ведёт научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по разработке двигателей новых поколений. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом изучения процессов, протекающих в газотурбинных двигателях (ГТД). Это позволяет им оценить актуальность, научную новизну и практическую ценность результатов диссертации, а также сформировать рекомендации по практическому использованию этих результатов для предприятий отрасли, занимающихся конструированием и производством ГТД.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана методика параметрического моделирования для проведения серии прочностных расчетов моделей барабана бустера компрессора низкого давления (КНД) и деталей статора из композиционных материалов, позволившая уменьшить время проведения расчетов при варьировании размеров деталей;

- разработана методика расчетно-экспериментального исследования долговечности барабана КНД с использованием конструктивно подобных элементов (КПЭ), позволившая повысить точность оценки долговечности исследуемой детали;

- разработана методика расстановки рабочих лопаток вентилятора, учитывающая влияние геометрических отклонений на дисбаланс и

аэродинамические показатели, позволившая повысить качество расстановки РЛ при сборке КНД.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:

- методика расчетно-экспериментального исследования долговечности барабана бустера КНД с использованием конструктивно подобных элементов, вносит вклад в расширении задач оценки процессов усталостного накопления повреждений изготовленных деталей из титановых сплавов.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы численные методы решения задач прочности и динамики деталей ГТД, методы экспериментального исследования и статистического анализа.

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

- результаты диссертационной работы использовались при разработке модернизированного компрессора низкого давления двигателя SaM146 и внедрены в производственную практику предприятия ПАО «ОДК-Сатурн»;

- реализована методика расчетно-экспериментального исследования долговечности барабана бустера КНД с использованием конструктивно подобных элементов;

- сформулированы методические рекомендации по расстановке рабочих лопаток вентилятора, позволяющие учесть влияние производственных отклонений на дисбаланс и аэродинамические характеристики ступени.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ результаты подтверждаются использованием аттестованного оборудования и апробированных методик проведения испытаний;

- использование сертифицированного программного обеспечения;

- удовлетворительное соответствие расчетных и экспериментальных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке основных положений методики

расчетно-экспериментального исследования барабана бустера КНД с использованием конструктивно-подобных элементов;

- непосредственном участии в проведении экспериментов и обработке экспериментальных данных;

- разработке основных положений методики оценки расстановки рабочих лопаток вентилятора в диске.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний, которые ставили бы под сомнение обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизну.

На заседании 28 декабря 2022 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи совершенствования методики оценки динамики и прочности деталей компрессора низкого давления газотурбинного двигателя, имеющей значение для развития авиационного двигателестроения, присудить Шахову А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 18, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета 24.2.327.06

доктор технических наук,

профессор




 Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.327.06

доктор технических наук,

доцент

 Краев Вячеслав Михайлович

28 декабря 2022 г.