

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.06

Соискатель: Дворяк Павел Анатольевич

Тема диссертации: Способ уменьшения погрешностей сборки роторов турбокомпрессоров серийных газотурбинных двигателей

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

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.

На заседании 22 декабря 2025 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 Дворяку Павлу Анатольевичу 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., Иванов А.В., Кочетков Ю.М., Лесневский Л.Н., Молчанов А.М., Мякочин А.С., Надирадзе А.Б., Ненаrokомов А.В., Никитин П.В., Попов Г.А., Силуянова М.В., Тимушев С.Ф., Хартов С.А.

Проректор по научной работе МАИ
д.т.наук, доцент

А.В.Иванов



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

В.М.Краев

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 22.12.2025 г. № 123

О присуждении Дворяку Павлу Анатольевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Способ уменьшения погрешностей сборки роторов турбокомпрессоров серийных газотурбинных двигателей» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 20.10.2025 г., (протокол заседания № 114) 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 Дворяк Павел Анатольевич, 28 июля 1997 года рождения, в 2021 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» (присвоена квалификация «инженер»; номер диплома: 107718 1200872; регистрационный номер 2021/20-0043 от 17 февраля 2021 года).

В 2025 году окончил очную аспирантуру в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего

образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению подготовки 24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника» (номер диплома: 107733 0004772; регистрационный номер 2025/20-0217Д от 07 июля 2025 года).

В период подготовки диссертации соискатель Дворяк П.А. работает с 2021 года по настоящее время в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» в должности ассистента, старшего преподавателя кафедры 205 «Технология производства двигателей летательных аппаратов» и инженера научно-исследовательского отдела кафедры 205.

Диссертация выполнена в период освоения программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – Рыженков Валентин Михайлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник НИО 205 «Технология производства двигателей летательных аппаратов», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Болотов Михаил Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры технологий производства двигателей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»;

Макаров Павел Вячеславович, кандидат технических наук, начальник отдела динамики и прочности Федерального автономного учреждения «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», в своем положительном отзыве, подписанным Рамазановым Камилем Нуррулаевичем, доктором технических наук, заведующим кафедры «Технология машиностроения» и утверждённым Шарафуллиным Ильдусом Фанисовичем, проректором по научной работе, доктором физико-математических наук, доцентом, указала, что диссертационная работа Дворяка Павла Анатольевича «Способ уменьшения погрешностей сборки роторов турбокомпрессоров серийных газотурбинных двигателей» на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, направленной на решение актуальной задачи в области определения погрешностей сборки турбокомпрессоров двигателей летательных аппаратов, отвечает требованиям, установленным пп. 10, 18 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842). Дворяк Павел Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

За время работы над диссертацией Дворяком П.А. опубликовано 2 научные статьи в рецензируемых изданиях Перечня ВАК РФ (из которых 2 статьи по специальности 2.5.15.), сделано 6 докладов на международных и всероссийских конференциях, а также опубликовано свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Данные публикации посвящены вопросам возникновения повышенной вибрации и представлен обзор различных способов определения причин, которые вызывают данные вибрации. Также представлен алгоритм устранения причин повышенной вибрации путем измерения ударным методом частот собственных колебаний ротора. Произведено сравнение современных способов определения механической подвижности и предложен наиболее

точный способ определения динамических характеристик роторов турбомашин в условиях серийного производства.

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

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Дворяк П.А., Катанов М.А., Рыженков В.М. Вибрационное обследование газотурбинного двигателя, не прошедшего приемочные испытания из-за повышенной вибрации // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2024. – Т. 28. – №. 2 (104). – С. 27-31.

В работе Дворяком П.А. был проведен анализ причины повышенной вибрации серийной вспомогательной силовой установки гражданского самолета. Также был представлен алгоритм устранения причин повышенной вибрации путем измерения ударным методом частот собственных колебаний ротора, стяжной шпильки и виброметрирования изделия в процессе работы.

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023618619 Российская Федерация. Программное обеспечение для измерения частот фазовых резонансов: №2023617517: заявлено 21.04.2023; опубликовано 26.04.2023, /Дворяк П.А., Биндиман А.П., Рыженков В.М.; правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ.

3. Дворяк П.А. Методы, средства и результаты определения динамических характеристик роторов ВРД. // НАСОСЫ. ТУРБИНЫ. СИСТЕМЫ. – 2025 - №3 (56) – С. 37-45.

В работе Дворяком П.А. был проведен анализ используемых способов для определения динамических характеристик колебательных систем. Также проведено измерение динамических характеристик двумя наиболее распространенными способами. Предложен дисбалансный метод возбуждения, позволяющий наиболее точно определять динамические

характеристики роторов турбомашин. Представлены экспериментальные данные, полученные с серийных изделий и подтверждена эффективность предлагаемого способа.

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

Отзыв на диссертацию официального оппонента Болотова М.А., доктора технических наук, профессора кафедры технологий производства двигателей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» содержит следующие замечания:

1. В работе целесообразно было бы сформировать классификационный алгоритм и критерии, используя которые можно дифференцировать производственные погрешности по динамическим характеристикам ротора, связанные с затяжкой резьбовых соединений, недопрессовкой / недостыковкой соединений, искажением геометрической оси ротора. Дифференциация производственных отклонений ротора позволит обратить внимание слесарей-сборщиков на конкретные «проблемные» переходы и операции сборки и балансировки ротора, что имело бы практическую значимость.

2. Измерялись ли в рассматриваемом роторе двигателя АИ-225 радиальные и торцевые биения присоединительных поверхностей? Насколько детально учитываются биения роторов КВД, ТВД и ВД в процессе диагностирования их состояния ротора и балансировки? В работе отсутствует обоснование причины, из-за которой не рассматривается влияние биений основных присоединительных поверхностей деталей ротора на уровень вибрации изделия.

3. Из текстов автореферата и диссертации не ясно, учитывались ли в ходе расчётов эксцентрикитеты роторов КВД, ТВД и ВД? Эксцентрикитеты деталей и узлов ротора оказывают существенное влияние на уровень вибрации изделий.

4. При описании технологической схемы сборки ротора, обеспечивающей определение и уменьшение погрешностей динамических характеристик ротора, целесообразно было бы указать диагностируемые погрешности сборки и способы их устранения (стр. 53 диссертации).

5. Выполнялись ли расчёты или экспериментальные измерения, предназначенные для оценки величин изгиба фланца вала и возникновения несоосности цапф ротора от несимметричности распределения усилий затяжки болтовых соединения на роторе (стр. 61 диссертации)? Данная информация может быть полезной для дифференциации причин, приводящих к дисбалансам ротора и впоследствии для снижения вибрации изделия.

6. Несмотря на наличие точных формулировок основных теоретических и практических положений диссертационной работы, не лишним будет добавить краткую формулировку механизма, приводящего к снижению уровня вибрации ротора в предлагаемом методе сборки гибкого ротора.

7. В разных местах текста диссертации приведены сведения, позволяющие сделать вывод о повторяемости и воспроизводимости оценок. Формулировка вывода о повторяемости и воспроизводимости оценок, полученных с использованием разработанного метода, является теоретически значимым.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Макарова П.В., кандидата технических наук, начальника отдела динамики и прочности Федерального автономного учреждения «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова» содержит следующие замечания:

1. Не проведена оценка погрешности численного моделирования контактных соединений с учетом изменения типа контактной пары.

2. По исследуемым погрешностям сборки роторов не представлено численных метрик. Неясно, какие погрешности заложены в расчетные параметры: «нестыковка ...», «недопрессовка ...» и т.д.?

3. Не даны объяснения различия АФЧХ, полученных разными экспериментальными методами возбуждения ротора.

4. Не дано никакой оценки отклонениям от круглости посадочных поверхностей и торцевым биениям поверхностей по фланцам.

5. Не представлен учет поправок на массу возбудителя, включая его не осесимметричное размещение.

6. Не выведены закономерности для количественного определения допустимого уровня производственных погрешностей сборки гибких роторов турбокомпрессоров авиационных ГТД.

7. Рассматривается проверка эффективности разработанных рекомендаций по снижению погрешностей сборки только для одного экземпляра ротора, что недостаточно для полноценной проверки их эффективности.

8. Не проведена оценка на сколько в среднем сократятся трудозатраты при увеличении времени на сборку, уменьшении количества неудачных пусков роторов при их балансировке и уменьшения количества переборок.

9. По тексту диссертации очень много орфографических ошибок, не выполнено редактирование и нормоконтроль, что портит впечатление о самой работе.

Отзыв на диссертацию ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» содержит следующие замечания:

1. Отсутствие учета демпфирования в расчетной модели, что позволило бы повысить точность полученных расчетных частот. Включение в модель нелинейных характеристик демпфирования (например, с учетом материалов упруго-демпферных опор) позволило бы еще точнее согласовать амплитуды колебаний, полученные в расчете, с экспериментальными данными;

2. Для полноты технико-экономического обоснования предпочтительного выбора именно дисбалансного метода для внедрения в серийное производство отсутствует анализ сравнительной оценки трудоемкости (время на подготовку, проведение измерений и обработку результатов) каждого из рассмотренных методов. Данный анализ продемонстрировал бы, что дисбалансный метод является не только точным, но и наиболее производительным;

3. Разработка рекомендаций по сборке для конкретного типа ротора. Недостаточно проведенных испытаний на других типах роторов, а также отсутствует расчетная часть для других роторов. Демонстрация на других конструкциях могла бы расширить разработанной методики определения погрешностей сборки;

4. В работе указано, что внедрение методики позволяет сократить трудозатраты за счет уменьшения переборок, но для полного обоснования экономической целесообразности широкого внедрения метода в серийное производство следовало бы привести количественную оценку этого эффекта. Расчет снижения трудоемкости в нормо-часах или экономии средств в денежном выражении на единицу продукции.

Отзыв на автореферат диссертации АО «ОДК-Авиадвигатель», составленный начальником отдела прочности силовых схем и перспективных методов анализа, кандидатом технических наук Гладким И.В., содержит следующие замечания:

1. В расчетной схеме на рис. 1 в местах расположения подшипников указаны условия «закрепление во всех направлениях». Однако, обычно, по крайней мере в одной из данных зон, располагается роликоподшипник, который не воспринимает усилия в осевом направлении ротора, а также, при малых углах поворота при колебаниях, роликоподшипник обычно не ограничивает угол поворота ротора относительно статора ни по одному из направлений. Таким образом, данные граничные условия требуют дополнительных пояснений;

2. Из автореферата немного не понятно, почему возможные погрешности сборки не могут быть устранины стандартной операцией балансировки ротора турбокомпрессора в сборе. Также не до конца понятно то, почему параметры радиальных посадок ротора и параметры стяжки ротора не могут быть заданы в КД как контрольные и контролироваться контролерами предприятия по определяющим размерам;

3. В автореферате не приведены данные о статистическом разбросе динамических характеристик «идеального» ротора, степени его значимости относительно динамических характеристик роторов с отклонениями.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», составленный доцентом кафедры «технологии машиностроения» (МТ-3), Кандидатом технических наук, доцентом Ковалевым А.А., содержит следующие замечания:

1. В автореферате недостаточно раскрыт вопрос экономического эффекта от внедрения предложенной технологии. Было бы полезно представить более детальную оценку снижения трудоемкости и стоимости изготовления/ремонта двигателей.

2. Не в полной мере освещено влияние добавленной массы вибровозбудителя на результаты измерений динамических характеристик и методы компенсации этого эффекта.

3. Отсутствует сравнение трудоемкости и стоимости предлагаемого дисбалансного метода с альтернативными способами контроля (например, ударным методом или ЭДВ) в условиях серийного производства.

Отзыв на автореферат диссертации Федерального автономного учреждения «Центрального аэрогидродинамического институт имени профессора Н.Е. Жуковского», составленный начальником Научно-исследовательской лаборатории № 45 Научно-исследовательского отделения

З Научно-исследовательского центра прочности ЛА, кандидатом технических наук Смотровым А.В., и ведущим инженером Отдела № 3 Научно-исследовательского отделения 1 Научно-исследовательского центра аэрогидродинамики Тарасовым В.Н. содержит следующие замечания:

1. Как известно, в настоящее время при сборке роторов авиационных ГТД применяется способ поэлементной балансировки дисков с последующей низкочастотной балансировкой сборного ротора в двух плоскостях коррекции. Использование данной технологии требует очень высокой и, практически недостижимой в серийном производстве, точности сборки. Например, линейная и угловая погрешность сборки диска ротора барабанно-дисковой конструкции, зависит от погрешности сборки предыдущих дисков и является накопленной. Производственные погрешности поэлементной балансировки и сборки часто приводят к необходимости высокочастотной балансировки на вакуумных разгонно-балансировочных стендах (РБС). Известно, что высокочастотная балансировка широко применяется для серийной балансировки роторов турбин и генераторов крупных энергетических агрегатов в энергомашиностроении. При серийной сборке роторов авиационных ГТД эта технология, к сожалению, еще не используется. Возможно, по этой причине, доля авиационных двигателей, снимаемых со стендовых испытаний по причине высокой вибрации, весьма высока. Никаких других способов уравновесить гибкий ротор в широком диапазоне частот вращения, кроме высокочастотной балансировки, как известно, не существует;

Вопрос: как автору удалось экспериментально определить динамические характеристики гибкого ротора не зарегистрировав распределение дисбалансов по длине ротора?

2. Достоинством работы Дворяка П.А. является нацеленность на повышение качества сборки гибких роторов без высокочастотной балансировки с последующим сравнением эффективности этих мероприятий с испытаниями на РБС. Однако это важное положение диссертации изложено недостаточно подробно;

3. В тексте автореферата имеется некоторая путаница с процедурой определения динамического коэффициента влияния (ДКВ), являющегося коэффициентом пропорциональности между вибрацией и вызывающим ее дисбалансом (стр. 9). В практике балансировки принято, что ДКВ, или балансировочная чувствительность — это векторный коэффициент, определяющий отношение вектора приращения вибрации к вектору движения установленного груза (каждая векторная величина содержит амплитуду и фазу, поэтому может быть представлена в виде комплексного числа). Причем, любая динамическая система «ротор-опоры» характеризуется не одним коэффициентом, а совокупностью - матрицей ДКВ. В случае гибкого ротора каждый элемент матрицы зависит еще от частоты вращения;

4. Понятие «критическая частота ротора», желательно применять согласно ГОСТ 31320-2006. Вибрация, методы и критерии балансировки гибких роторов: критическая скорость (гибкого ротора) — это скорость вращения ротора, на которой он претерпевает максимальный изгиб, существенно превышающий максимальное перемещение цапф ротора.

Отзыв на автореферат диссертации публичного акционерного общества «ОДК-Сатурн», составленный начальником отдела, отдел расчетов, кандидатом физико-математических наук Матвеевым Е.А., содержит следующие замечания:

1. В математической модели влияния производственных погрешностей сборки ротора на динамические характеристики необходимо было бы четко сформулировать граничные условия и представить разрешающие уравнения, чтобы оценить степень её новизны.

2. В реферате не приведены сведения по верификации математической модели по влиянию производственных погрешностей сборки ротора на динамические характеристики.

3. В реферате не описаны основные результаты опытнопромышленной проверки способа по снижению вибраций двигателей в серийном производстве.

Отзыв на автореферат диссертации ООО «Диамех 2000»,
составленный заместителем генерального директора-главным технологом,
кандидатом технических наук Поповым В.А., содержит следующие
замечания:

1. Целесообразно было бы расширить статистическую выборку испытаний на разных типах двигателей;
2. В расчетной части не хватает результатов расчетов с учетом различных комбинаций погрешностей прессовых посадок.

Отзыв на автореферат диссертации ПАО «НПО Наука»»,
составленный главным конструктором, кандидатом технических наук,
Тищенко И.В., содержит следующие замечания:

1. В целесообразно сформировать рекомендации по целесообразности применения различных способов измерения динамических характеристик на разных этапах сборки и балансировки ротора;
2. Из текста автореферата не ясно, учитывались ли в ходе расчетов эксцентрикеты роторов КВД, ТВД и ВД? Эксцентрикеты деталей и узлов ротора оказывают существенное влияние на уровень вибрации изделий.

Отзыв на автореферат диссертации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», составленный Доцентом кафедры А8 «Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» Факультета «А» Ракетно-космической техники, кандидатом технических наук Юнаковым Л.П., содержит следующие замечания:

1. Верификация численной модели. Для определения полноты картины влияния прессовых соединений на динамические характеристики роторов следовало бы добавить в рассмотрение больше расчетных точек с различными значениями величин натягов;
2. Наглядность представления данных. Некоторые результаты, представленные в табличной форме, были бы более информативны при дополнении их графическими сопоставлениями, наглядно

демонстрирующими влияние каждого типа погрешности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Дворяка П.А., что подтверждается их научными публикациями в данной области.

Выбор Болотова М.А., доктора технических наук, профессора кафедры технологий производства двигателей федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве официального оппонента обосновывается его широкой известностью и компетентностью в вопросах сборки роторов и определения точности их сборки, что напрямую соотносится с тематикой диссертации. Он является автором многочисленных научных работ по исследованию модели оценки торцевого биения и модели оценки натягов ротора, а результаты его работ непосредственно цитируются и развиваются в диссертации Дворяка П.А. Глубокое понимание доцентом Болотовым проблематики, связанной с технологией сборки и разработками моделей, оценивающих геометрические погрешности при сборке, позволяет ему компетентно оценить научную новизну представленной работы, корректность примененных методик, а также практическую ценность разработанных рекомендаций по использованию оптимального метода сборки ротора турбокомпрессора.

Выбор Макарова П. В., кандидата технических наук, начальника отдела динамики и прочности Федерального автономного учреждения «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова» в качестве официального оппонента обосновывается его высокой компетентностью в области численного моделирования колебательных процессах, возникающих в авиационных двигателях и области бесконтактной диагностики элементов конструкции турбокомпрессоров, что находится в прямой связи с целями и методологией диссертационного исследования. Его опыт практического применения методов расчета модальных характеристик конструкций для проектирования и анализа причин повышенных вибраций авиационных

двигателей позволяет провести оценку корректности постановки задач, валидации расчётных моделей и достоверности результатов численного моделирования. Профессиональная деятельность Макарова П. В. связана с решением задач динамики и прочности роторов турбокомпрессоров, включая определение влияния погрешностей сборки на динамические характеристики, что даёт ему возможность оценить практическую значимость и применимость разработанных в работе рекомендаций по использованию способа сборки, позволяющего снизить производственные вибрации двигателей летательных аппаратов.

Выбор ведущей организации обусловлен тем, что эта организация является высшим учебным заведением, осуществляющим подготовку кадров высшей квалификации, а также проводящим фундаментальные и прикладные научные исследования в области авиационно-космического двигателестроения, гидравлических машин и систем питания летательных аппаратов. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают глубоким опытом в области расчётов влияния погрешностей сборки и экспериментального определения динамических характеристик роторов. Это позволяет им компетентно оценить актуальность, научную новизну и практическую ценность результатов диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Создан и обоснован новый подход к сборке гибких роторов авиационных ГТД, в котором контроль динамических характеристик становится неотъемлемой частью технологического процесса — с возможностью локализации источника погрешностей и её устранения (например, поворотом компонентов для компенсации неуравновешенности).
- Разработана и экспериментально обоснована методика, пригодная для условий серийного производства, позволяющая оперативно определять динамические характеристики ротора непосредственно в процессе сборки, и

выбрать наиболее точный, надёжный и технологичный способ реализации такой диагностики.

- Определено процентное соотношение снижения частоты собственных колебаний для ротора конкретного типа при наличии погрешности сборки в области проставок по проточной части ротора КВД на 4,5%, а при погрешности дисков по дискам – 10 %. Для ротора турбокомпрессора снижение собственной частоты от погрешности вида «нестыковка ротора компрессора и турбины» составило 16 %, что позволяет принять их за диагностический признак при их измерении и таким образом локализовать погрешности.
- Проведена опытно-промышленная апробация предложенного метода на реальном изделии (роторе и двигателе в сборе изделия АИ-222-25) в условиях серийного производства и оценена его эффективность по критериям снижения вибрационной активности и уменьшения трудоёмкости изготовления.

Теоретическая и практическая значимость исследования обусловлена тем, что:

- В работе впервые предложен и обоснован дисбалансный метод для определения динамических характеристик роторов непосредственно в процессе сборки, а также сформулирована и теоретически обоснована концепция динамического контроля качества сборки как альтернативы традиционному геометрическому контролю, что существенно расширяет теоретические основы технологии серийной сборки авиационных ГТД.;
- Разработан и апробирован технологический процесс сборки с динамической обратной связью: по измеренным динамическим характеристикам принимается решение о коррекции максимально допустимого остаточного дисбаланса, что снижает остаточную неуравновешенность и вибрацию двигателя;
- Результаты диссертационной работы используются в практической деятельности АО ОДК «ОДК-САЛЮТ» в условиях серийного производства двигателя АИ-222-25.

Оценка достоверности результатов исследования

Достоверность и обоснованность научных результатов исследований достигается использованием международных и отечественных стандартов по экспериментальному определению частот собственных колебаний и форм колебаний. Результаты испытаний с использованием вновь разработанного метода определения динамических характеристик сопоставлены с результатами расчетов, выполненных методом конечных элементов (различия с результатами расчета частот собственных колебаний жесткого ротора составляют не более 3% для измерений на роторе, а для измерений на двигателе погрешность составила не более 7%).

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке численной модели и выполнении численного моделирования при различных граничных условиях, включая построение расчетных сеток, настройку моделей и валидацию результатов;
- непосредственном проведении цикла экспериментальных исследований в лабораторных условиях на различных объектах различными способами, включая изменения погрешностей при проведении испытаний, снятие амплитудно-фазово-частотных характеристик и расчет динамических характеристик;
- разработке и применении методики обработки экспериментальных данных для определения фазового резонанса, определения формы прогиба, расчета коэффициента демпфирования;
- проведении комплексного анализа всех полученных результатов, установлении закономерностей влияния погрешностей сборки на динамические характеристики и формулировании на этой основе практических рекомендаций по сборке роторов.

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 22 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи по разработке способа сборки и контроля динамических характеристик непосредственно в технологическом процессе сборки, что позволяет оперативно выявлять и корректировать производственные погрешности, приводящие к повышенной вибрации двигателей на приёмо-сдаточных испытаниях, а также за впервые предложенный дисбалансный метод возбуждения обеспечивающий достаточную точность определения фазовых резонансов в цеховых условиях, делая возможным переход от устранения вибраций путем переборки к контролю качества сборки по диагностическим принципам, присудить Дворяку П.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Проректор по научной работе
д.т.н., доцент



А.В.Иванов

Председатель
диссертационного совета 24.2.327.06,
д.т.н., профессор

Ю.А.Равикович

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.327.06
д.т.н., доцент
22 декабря 2025 г.

В.М.Краев