

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.06

**Соискатель:** Николаев Илья Витальевич

**Тема диссертации:** Исследование шлицевых соединений роторов при наличии несоосности и их влияние на динамическое поведение системы

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

### **Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации.**

На заседании 28 декабря 2023 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 Николаеву Илье Витальевичу 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., Иванов А.В., 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 28.12.2023 г. № 58

О присуждении Николаеву Илье Витальевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование шлицевых соединений роторов при наличии несоосности и их влияние на динамическое поведение системы» по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 23.10.2023 г., (протокол заседания № 54) 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 Николаев Илья Витальевич, 12 июля 1996 года рождения, работает инженером в научно-техническом центре по роторной динамике ООО «АЛЬФА-ТРАНЗИТ».

В 2019 году окончил специалитет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению «Проектирование авиационных и ракетных

двигателей». В 2023 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

В период подготовки диссертации соискатель работал инженером в подразделении НИО-203 Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», а также инженером в научно-техническом центре по роторной динамике ООО «АЛЬФА-ТРАНЗИТ».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Леонтьев Михаил Константинович, профессор кафедры 203 «Конструкция и проектирование двигателей» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», по совместительству генеральный директор научно-технического центра по роторной динамике ООО «АЛЬФА-ТРАНЗИТ».

Официальные оппоненты:

Новиков Дмитрий Константинович, доктор технических наук, профессор кафедры «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»;

Панов Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, заместитель технического директора акционерного общества «ММП имени В.В. Чернышева»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», г. Рыбинск, в своем положительном отзыве, подписанном Ремизовым А.Е., доктором технических наук, профессором, заведующим кафедры «Авиационные двигатели» и утвержденном проректором по науке и цифровой трансформации Сутягиным А.Н., кандидатом технических наук, указала, что диссертация Николаева И.В. является законченной научно-квалификационной работой, которая посвящена актуальной научной задаче, имеющей практическое и теоретическое значение, а полученные в работе результаты могут быть использованы при проектировании и разработке роторов авиационных ГТД. Рассматриваемая диссертационная работа соответствует всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Николаев Илья Витальевич заслуживает присуждения ученой 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, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и приравненных к ним опубликовано 3 работы. Из 10 публикаций: 3 – статьи в научном журнале из списка ВАК, 7 – тезисы докладов и материалы конференций. Все работы написаны в соавторстве.

Данные публикации посвящены исследованию шлицевых соединений роторов авиационных ГТД, используемым методам расчёта и анализа, разработке численной модели для определения жесткостных свойств шлицевых соединений и анализу влияния соединения на динамические параметры систем.

Авторский вклад соискателя заключается в:

1. анализе существующих методик расчёта характеристик шлицевых соединений;

2. разработке численной модели для расчёта жесткостных характеристик шлицевого соединения в условиях перекоса с учетом упругости зубьев;

3. исследовании работы шлицевого соединения с использованием конечно-элементного анализа и проведении верификации разработанной численной модели по результатам исследования;

4. анализе влияния шлицевого соединения на динамические параметры роторной системы ГТД.

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

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Николаев И.В., Леонтьев М.К., Попов В.В. Анализ используемых подходов расчёта эвольвентных шлицевых соединений и методы учёта их влияния на динамическое поведение системы // Научный Вестник МГТУ ГА. 2023, Т.26, №6.

2. Николаев И.В., Леонтьев М.К., Попов В.В. Модель шлицевого соединения для задач роторной динамики // Инженерный журнал «Наука и инновации». 2023, №9 (141), 15 стр.

3. Николаев И.В., Леонтьев М.К. Влияние жесткости шлицевого соединения на динамику роторов газотурбинных двигателей. // Вестник Московского авиационного института. Т.30, №4, 2023. 9 с.

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

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Новикова Д.К.,** доктора технических наук, профессора кафедры «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» содержит замечания:

1. Не могу согласиться с утверждением автора, что шлицевые соединения исследовались только за рубежом. Такие работы проводились еще

в 60-е прошлого столетия в ОКБ Кузнецова. Следует отметить также, что раздел, связанный с учетом сил трения, несколько перегружен общеизвестной информацией.

2. Непонятно утверждение автора на стр.43, где отмечается, что при вязком трении коэффициент трения равен 0,05. Вязкое трение характеризуется коэффициентом демпфирования, который определяет диссипативную силу, пропорциональную скорости колебаний и имеет соответствующую размерность. Аналогичное замечание к рисунку 3.18 на стр.80. И почему здесь рассматриваются различные законы, ведь графики отличаются только величиной коэффициента трения?

3. На стр.53. указано, что  $\Delta u$  — относительное смещение. Непонятно, почему относительное? По смыслу формулы (2.14) это размерная величина.

4. Стр.68. Таблица 3.1. Странная размерность плотности - т/мм<sup>3</sup>. Не маловат ли коэффициент трения? Обычно для металла по металлу он составляет 0,05...0,1.

5. Почему при исследовании влияния зазоров в одном случае момент принимался равным 300Н\*м, а в другом 30900Н\*м, т.е. на два порядка больше? По данным главы 4 максимальный момент достигает только 1600Н\*м. Как соотносятся эти величины?

6. Стр.80. Чем можно объяснить, что центрирование с ростом крутящего момента происходит резким скачком? (рис.3.14, 3.17,3.18, 3.19).

7. Каков реальный диапазон крутящих моментов в авиационных ГТД? Может ли в них достигаться эффект центрирования?

8. В заключении отсутствуют предложения по дальнейшим направлениям исследований.

9. К сожалению, в работе отсутствуют экспериментальные данные, хотя это несколько компенсируется верификацией разработанной и численной моделей.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента Панова В.А., кандидата технических наук, заместитель технического директора**

акционерного общества «ММП имени В.В. Чернышева» содержит замечания:

1. В первой главе автором указаны различные модели трения, используемые для описания данного процесса. Однако в дальнейшем обзоре приведены лишь работы, в которых изменяется коэффициент трения, а модель трения остаётся одной и той же.

2. Во второй главе при описании определения коэффициентов жесткости нет подробного представления каждого компонента.

3. В третьей главе не представлены интегральные значения усилий, возникающих в контакте шлицевого зацепления, для представленных полей давлений. Также при представлении результатов о процессе центрирования не показаны контактирующие шлицы, область контакта и перераспределение контакта между остальными шлицами соединения.

4. В четвертой главе не вполне очевидно, почему некоторые исследуемые формы колебаний имеют значение для податливого соединения выше, чем для жесткого.

5. При анализе влияния шлицевого соединения на динамические характеристики роторов не представлено сравнение результатов с экспериментальными исследованиями реальных авиационных ГТД.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации – ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева», содержит замечания:**

1. В первой главе некоторые рисунки трудно читаемы;

2. В третьей главе при рассмотрении влияния зазора на нагрузочные характеристики представлена лишь одна величина зазора. Было бы интересно увидеть сравнение результатами расчёта для других значений зазоров;

3. При исследовании эффекта центрирования в третьей главе хотелось бы увидеть схему возникающих усилий на поверхностях зубьев. Также приведены результаты расчётов лишь для одного варианта сетки, без доказательства его рациональности;

4. При рассмотрении влияния трения оценивалось лишь влияние коэффициента на процесс центрирования без использования других моделей

законов трения;

5. В главе 4 жесткость шлицевого соединения рассчитана при максимальных нагрузках, возникающих в соединении от действия дисбалансов. Необходима оценка жёсткости на всех типовых режимах работы ГТД;

6. При сравнении амплитудно-частотных характеристик в главе 4 показаны характеристики для штатных мест контроля вибраций. Хотелось бы видеть формы возбуждаемых частот и зависимость возбуждаемых частот от жесткости шлицевого соединения.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», составленный Нихамкиным М.Ш., доктором технических наук, профессором кафедры «Авиационные двигатели», содержит следующие замечания:**

1. Заявленная автором верификация результатов по данным других авторов в тексте автореферата отсутствует;

2. Использование для моделирования метода конечных элементов даже в популярном расчётном пакете не является гарантией получения достоверных результатов, пригодных для верификации упрощенной модели. В частности, при решении контактной задачи требуется характерная настройка расчетной сетки, выбор параметров модели контакта, обеспечивающих сходимость результатов; в автореферате эта информация отсутствует;

3. К сожалению, для подтверждения достоверности моделирования автор не опирается экспериментальные данные (свои, или из литературных источников).

**Отзыв на автореферат диссертации ПАО «Яковлев», составленный Федотовым А.А., кандидатом технических наук, ведущим инженером-конструктором отделения прочности, содержит следующие замечания:**

1. На странице 7, при описании движения модели шлицевого соединения применяются термины «тензор больших накопленных поворотов» и «малые векторы Эйлера дополнительного поворота». Далее указано, что в вектор состояния входят только малые векторы поворота. Не понятно, что



означают «большой накопленный» и «малый дополнительный», почему в вектор состояния ходят только малые вектора Эйлера, и где в модели используются эти повороты?

2. При записи выражения (12) упругой энергии шлица используются коэффициенты  $k_{xy}$  и  $k_{xz}$ , которые принимаются равными 6/5. Почему именно такие значения? Не должны ли они быть равными 5/6, как для прямоугольного сечения?

3. Из текста автореферата следует, что верификация модели шлицевого соединения проводилась только на статических расчетах с помощью метода конечных элементов. Имеется ли сравнение с динамическими расчетами и/или экспериментальными данными?

**Отзыв на автореферат диссертации АО «ОДК»**, составленный Шмотиным Ю.Н., доктором технических наук, профессором, заместителем генерального директора – генеральным конструктором, содержит следующее замечание:

1. Выполненная оценка влияния жесткости шлицевого соединения на вибрационное состояние роторов не апробирована с учетом реальных конструкций ГТД.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации»**, составленный Кочетовым А.С., кандидатом технических наук, доцентом кафедры технической механики и инженерной графики, содержит следующие замечания:

1. В автореферате недостаточно четко показано, что создание сетки конечных элементов и ее управление – важный шаг в решении задач методом конечных элементов (КЭ) и в качестве метрики сетки использовался Jacobian Ratio;

2. Из автореферата не совсем ясно, каким образом изменился программный комплекс DYNAMICS R4, разработанный научно-техническим центром роторной динамики «Альфа-Транзит», после внедрения разработанной модели шлицевого соединения ГТД.

**Отзыв на автореферат диссертации ПАО «ОДК-Сатурн»,** составленный Кикоть Н.В., кандидатом технических наук, экспертом по экспериментальным исследованиям, содержит следующие замечания:

1. Из автореферата не ясно, как применяется учет сил трения, представленный в главе 2;

2. В главе 3 рассматривается шлицевое соединений при действии крутящих моментов, между величинами которых большое отличие. Неясно, почему были выбраны такие значения.

**Отзыв на автореферат диссертации ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,** составленный Модорским В.Я., доктором технических наук, доцентом, деканом Аэрокосмического факультета, содержит следующее замечание:

1. Из автореферата остается не ясным, в чем заключается методика определения жесткости шлицевого соединения и учета шлицевого соединения в динамике роторных систем газотурбинного двигателя, предложенная автором.

**Отзыв на автореферат диссертации АО «ОДК-Климов»,** составленный Мусеевым А.А, заместителем начальника ОКБ по расчетам, Гинзбург А.Е., кандидатом технических наук, ведущим инженером-конструктором и Шубиным А.Н., ведущим инженером-конструктором, содержит следующее замечание:

1. В тексте автореферата, посвященном описанию актуальности темы исследования появился термин «динамические процессы рабочих поверхностей соединения». В то время как объектами рассмотрения в динамике деформируемого твердого тела являются массы, но никак не поверхности.

2. В разделе автореферата, посвященном научной новизне исследования результаты на основе конечно-элементных решений названы феноменологическими. Феноменологическая модель – это научная модель, которая описывает эмпирическую связь явлений друг с другом способом, который согласуется с фундаментальной теорией, но не выводится

непосредственно из теории. Взаимосвязи, полученные из конечно-элементного решения, не являются эмпирическими.

3. В разделе автореферата, посвященном вкладу соискателя в проведенное исследование, записано «Разработка численной модели шлицевого соединения...с учетом инкрементального представления больших поворотов». Само разделение поворотов на тензор большого накопленного поворота и вектор малого дополнительного не является инкрементальным. Инкрементальной является модель в разработке программного обеспечения, основанная на последовательном выпуске функциональных блоков продукта, в которой каждый блок представляет собой отдельно работающее программное решение, которое может быть дополнено новыми функциями на последующих этапах разработки.

4. В разделе автореферата о достоверности результатов исследования автор пишет о том, что эта достоверность основывается на строгости использованных математических методов. Однако, при не корректном использовании строгих математических методов достоверность результатов исследования не очевидна.

5. Раскрывая методологию и методы исследования соискатель пишет, что для описания математической модели шлицевого соединения использовались методы для решения уравнений. Это некорректно, поскольку модель описывается системой линейных и нелинейных уравнений, а уже при решении этих уравнений используются приведенные автором методы (Ньютона-Рафсона, Ньюмарка и т.д.).

6. На рисунке 6 автореферата представлена схема для расчета относительной скорости скольжения. Но такая схема не информативна и относится к внешнему зацеплению зубьев, в то время, как в шлицевом соединении зацепление эвольвентных шлицов является внутренним.

7. На рисунке 19 соискатель приводит амплитудно-частотные характеристики, замеренные датчиками виброскорости. По-видимому, это результаты экспериментального исследования. Непонятно, во-первых, как автор реализовал на объекте исследования шлицевые соединения жесткие,

расчетные и податливые, во-вторых, почему пик виброскорости оказался на частоте вращения 8620 об/мин, которая существенно отличается от рассчитанных автором критических частот, приведенных в таблице 3 автореферата, в-третьих, как автор объясняет большие по величине пики виброскоростей только на двух частотах. Последнее можно было бы объяснить, если бы автор наряду с исследованием жесткости соединения оценил демпфирующие характеристики соединения, обусловленные наличием сил трения в зацеплении шлицев.

8. Что хотел отметить соискатель, показывая на некоторых картинках таблицы 3 пружинные элементы в местах опор роторов.

9. На рисунке 20 соискатель приводит графики нагрузок, приходящихся на опоры ротора ВД, а в последующем тексте в основном описывает результаты расчетов без проведения обстоятельного анализа.

10. Важным элементом конструкции авиадвигателя являются рессоры, при помощи которых с использованием шлицевых соединений валы роторной системы соединяются между собой. В случае несоосности соединяемых валов при податливых шлицевых соединениях рессоры с валами опоры рессоры можно считать шарнирными, а изгибающие моменты в рессоре отсутствуют. В общем случае уже при монтаже ротора в теле рессоры возникают изгибающие моменты, которые по мере увеличения крутящего момента будут возрастать. Величина этого момента важна с точки зрения прочности рессора. А, поскольку, рессоры часто используются в качестве слабых звеньев приводов самолетных агрегатов, знание изгибающего момента в рессоре важно для определения разрушающего крутящего момента слабого звена. Возможна ли с помощью разработанной соискателем методики оценка величины изгибающего момента в рессоре при заданных параметрах шлицевых соединений, несоосности соединяемых валов и величине крутящего момента?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Николаева И.В., что подтверждается их научными публикациями в

данной области.

Выбор Новикова Д.К., доктора технических наук, профессора кафедры «Конструкция и проектирование двигателей летательных аппаратов» 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 теории и расчета колебаний роторов авиационных ГТД. За последние 5 лет Новиковым Д.К. опубликовано в рецензируемых отечественных и международных журналах 8 статей по профилю диссертации.

Выбор Панова В.А., кандидата технических наук, заместителя технического директора акционерного общества «ММП имени В.В. Чернышева» в качестве официального оппонента обосновывается его большим практическим опытом в области вибрационной диагностики роторов газотурбинных двигателей. Компетентность Панова В.А. подтверждается его публикациями и авторством патентов, посвященных методам диагностики и дефектоскопии.

Выбор ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» обусловлен тем, что эта организация является высшим учебным заведением, осуществляющим подготовку кадров высшей квалификации, проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по проектированию двигателей новых поколений и разработке современных конструкторских решений. Специалисты ведущей организации, в том числе составившие отзыв на диссертацию, обладают опытом изучения процессов, протекающих в авиационных газотурбинных двигателях. 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 численная модель шлицевого соединения ротора авиационного ГТД, позволяющая определять жесткостные параметры в условиях перекоса с учетом зазоров по боковым поверхностям и упругости зубьев с использованием дискретного представления больших поворотов;

- получены результаты, демонстрирующие особенности работы шлицевого соединения в условиях перекоса при комбинированном нагружении.

**Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что:**

- разработана новая численная модель, учитывающая различные типы контакта, податливость каждого шлица и использующая дискретное представление поворотов, что позволяет определять характеристики шлицевого соединения с высокой точностью;

- показано влияние метода учета жесткости шлицевого соединения на динамические параметры системы на примере динамической модели ГТД;

- установлено, что некорректный учет влияния жесткости шлицевого соединения в ГТД приводит к изменению положения критических частот и виду их форм, а также росту амплитуд вибраций на резонансах.

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

- разработанная численная модель позволяет более, чем в 10 раз сократить временные затраты при расчете динамических характеристик авиационных ГТД;

- предложенная модель позволяет существенно увеличить точность оценки вибрационного поведения системы;

- результаты диссертационной работы Николаева И.В. использованы научно-техническим центром по роторной динамике ООО «АЛЬФА-ТРАНЗИТ», что подтверждено соответствующими актами (№ 63-АТ/2023);

- разработанная численная модель внедрена в программный комплекс

Dynamics R4, который разработан ООО «АЛЬФА-ТРАНЗИТ» и используется как базовое ПО на всех предприятиях ОДК при прочностных расчетах ГТД.

#### **Оценка достоверности результатов исследования**

Достоверность и обоснованность научных результатов достигается:

- корректностью применения математических методов описания шлицевого соединения, основанных на принципах Лагранжевой механики в реальных условиях работы соединения;

- хорошим совпадением результатов расчета разработанной численной модели с результатами, полученными конечно-элементным моделированием (отклонение менее 7%);

- применением верифицированной численной модели для исследования влияния жесткости шлицевого соединения на параметры роторной системы.

#### **Личный вклад соискателя состоит в:**

- проведении сравнительного анализа существующих методик расчёта шлицевых соединений и выделении критериев, предъявляемых к разрабатываемым моделям;

- разработке численной модели для расчёта жесткостных характеристик шлицевого соединения в условиях перекоса с учетом упругости зубьев;

- проведении численного эксперимента по исследованию работы шлицевого соединения и проведении верификации разработанной численной модели;

- анализе влияния шлицевого соединения на динамические параметры роторной системы ГТД - положение критических режимов работы, величины амплитуд вибраций на резонансах, распределение нагрузок между опорами.

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 2023 года диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи исследования шлицевых соединений роторов при наличии несоосности и их влияние на динамическое поведение

системы, имеющей значение для развития авиационного двигателестроения, присудить Николаеву И.В. ученую степень кандидата технических наук.


При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 12 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 19, 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 2023 г.

