

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Папова Владимира Анатольевича

на диссертацию Николаева Ильи Витальевича на тему:

«Исследование шлицевых соединений роторов при наличии несоосности и их влияние на динамическое поведение системы»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

В диссертационной работе Николаева И.В. выполнено научное исследование влияния несоосности и жесткости в шлицевых соединениях роторов на динамические параметры системы.

При проектировании роторов и роторных систем перспективных авиационных ГТД и анализе работы двигателей, находящихся в эксплуатации и на стадии изготовления или ремонта, одной из главных задач является проведение анализа влияния конструктивных элементов деталей и сборочных единиц на динамические параметры системы, такие как: формы колебаний в зависимости от скорости вращения, общий уровень вибрации, амплитудно-частотные характеристики в зависимости от степени возбуждения, а также влияние роторных систем на опоры. Одним из важных конструктивных элементов роторов является шлицевое соединение. Жесткость данного элемента соединения роторов может существенно влиять на динамические характеристики ротора особенно на резонансных частотах вращения, а возникновение несоосности способно приводить к различным нелинейным колебаниям в общей динамике вращения роторов двигателя. С учётом вышесказанного, **актуальность выбранной темы и поставленные цели работы обоснованы и понятны.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и списка сокращений и условных обозначений. Работа изложена на 107 страницах, включает 64 рисунка и 4 таблицы.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«01» 12 2023.

Во введении автором обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели работы и задачи. Представлена научная новизна и практическая ценность работы, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведён анализ существующих методик и моделей, позволяющих анализировать шлицевое соединение и его параметры. Представлены различные подходы к разработке моделей (как численные, так и аналитические), выделены основные требования, предъявляемые к разрабатываемым моделям.

Во второй главе представлена разработанная автором математическая модель пространственного шлицевого соединения на основе инкрементального представления поворотов с применением лагранжиана системы, которая позволяет учитывать зазоры между поверхностями шлицев и упругие характеристики зубьев с учетом жесткости зацепления, как нелинейной характеристики, и пересечения профилей в линии контакта с учетом трения на основе относительных скоростей скольжения. Жесткость соединения в разработанной математической модели рассчитывается с использованием теории пластин с учетом сдвиговых добавок. Для общего уравнения динамики в приращениях приведено представление матриц масс и моментов инерции в замкнутом аналитическом виде.

В третьей главе проведено исследование работы шлицевого соединения с использованием разработанной математической модели пространственного шлицевого соединения и метода конечных элементов при различных видах нагружения. Для изолированного шлицевого соединения системы «шлицы - вал» выполнено исследование изменения зазора и углового перекося в зацеплении под действием крутящего момента, а также изменение радиальной и угловой жесткости в соединении. По результатам проведённого исследования выполнена верификация разработанной математической модели пространственного шлицевого соединения с использованием двух критериев – жесткости шлицевого соединения и эффекта центрирования при перекося под действием крутящего момента. Автор отмечает, что

по результатам верификации разница между аналитической и конечно-элементной моделями не превышает 7%.

В четвёртой главе автором представлено практическое применение разработанной математической модели, интегрированной в комплекс DYNAMICS R4. Применение дополнительной математической модели в расчетном комплексе позволяет моделировать различные виды шлицевых соединений роторов от абсолютно жестких до податливых, что ранее не принималось в расчет при моделировании работы роторных систем. Представленная математическая модель позволяет определить критические скорости в применяемых в конструкции ГТД шлицевых соединениях и смоделировать амплитудно-частотные характеристики. Из полученных результатов моделирования систем с различными видами соединений автором сделан вывод, что некорректная оценка жесткости в шлицевом соединении приводит к значительному влиянию не только на собственные частоты колебаний, но и на формы колебаний всей роторной системы, а также на амплитудно-частотные колебания, особенно на резонансных режимах работы ГТД.

Научная новизна проведенных исследований:

1. Разработана новая математическая модель пространственного шлицевого соединения, позволяющая учитывать жесткостные характеристики в динамическом анализе роторов ГТД и обеспечивающая существенное сокращение временных и вычислительных затрат при решении нелинейных задач динамики;
2. Представлено поведение шлицевого соединения с перекосом под действием различных нагрузок и возникновение центрирования;
3. Приведены результаты влияния шлицевого соединения на динамику роторных систем ГТД.

Практическая ценность результатов работы заключается в том, что разработанная автором модель позволяет сократить временные и вычислительные

затраты при проектировании и анализе роторов ГТД и может применяться в различных расчётных комплексах, созданных для роторной динамики.

Степень достоверности результатов проведённых исследований:

Обоснованность и достоверность научных результатов, полученных в диссертации, подтверждается строгостью использования математических методов и результатами проведённой верификации.

Замечания по диссертационной работе:

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.

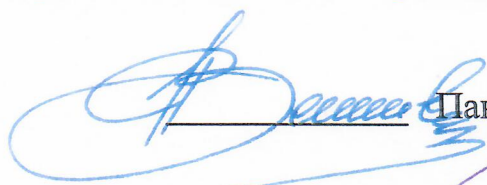
Приведенные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы. Диссертация является законченной научно-технической квалификационной работой, личный вклад автора обоснован и подтверждён. Основные результаты работы представлены в публикациях в рецензируемых журналах и докладами на международных конференциях.

Заключение

Диссертационная работа «Исследование шлицевых соединений роторов при наличии несоосности и их влияние на динамическое поведение системы» соответствует критериям, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических 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».

Официальный оппонент:

Заместитель технического директора акционерного общества «Московское машиностроительное предприятие имени В.В. Чернышева», кандидат технических наук

 Панов Владимир Анатольевич

Подпись Панова Владимира Анатольевича заверяю

Заместитель управляющего директора -
технический директор
(должность)



И.Г. Стешенко
(Ф.И.О.)

Адрес: 125362, г. Москва, ул. Вишневая, д.7

Телефон: 8-916-624-77-43

Электронная почта: vapanov@list.ru

Отзыв составлен « 30 » 11 2023 г.

С отзывом ознакомлен  (Николаев И.В.)
1.12.2023