

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Николаева Ильи Витальевича на тему «Исследование шлицевых соединений роторов при наличии несоосности и их влияние на динамическое поведение системы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

В конструкциях серийно выпускаемых и разрабатываемых перспективных авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) широко применяются шлицевые соединения (ШС) для передачи вращения от одного ротора к другому. Динамические процессы в шлицевых соединениях во многом определяют надежность и долговечность двигателя в целом. Для обеспечения требуемой надежности и долговечности двигателя необходимо проводить исследования динамики роторов с учетом влияния шлицевых соединений. Однако выбор параметров шлицевых соединений при разработке конструкции двигателя в подавляющем большинстве случаев проводится на основании условного расчета.

Поэтому разработка математической модели, учитывающей динамические характеристики шлицевых соединений и реальные условия их нагружения, является актуальной и практически важной при разработке ГТД.

Объектом диссертационного исследования является эвольвентное шлицевое соединение ГТД с учетом зазоров по боковым поверхностям.

Автором выполнен анализ используемых подходов к учету ШС в динамических системах и оценено их влияние на параметры системы и обоснована необходимость разработки численной модели ШС, позволяющей определять жесткостные характеристики с учетом зазоров и упругости шлицев в нелинейной постановке, проведено исследование работы ШС с использованием метода конечных элементов с различными нагрузочными характеристиками, с учетом влияния податливости валов, зазоров по боковым поверхностям и трения в шлицевой паре. Полученные результаты позволяют выделить отдельные феномены при работе ШС – такой, как центрирование.

Разработанная автором модель ШС и методика определения его характеристик были реализованы в программном продукте DYNAMICS R4 для решения задач роторной динамики турбомашин различного назначения, разработанном научно-техническим центром роторной динамики «Альфа-Транзит», и используемом на предприятиях АО «ОДК».

В работе использовались аналитические и численные методы исследования. Для описания математической модели шлицевого соединения

обеспечения МАИ
«25» 12 2023

использовались итерационный численный метод для решения нелинейных уравнений равновесия, метод Ньюмарка для решения неявных уравнений динамики механических систем и метод конечного элемента.

Научная новизна результатов исследований состоит в том, что автором:

1. Разработана пространственная численная модель шлицевого соединения, обладающая наименьшим количеством степеней свободы, что обеспечивает существенное сокращение временных и вычислительных затрат при решении нелинейных задач динамики.

2. Создана новая методика для учета шлицевых соединений в динамике роторных систем ГТД.

3. Получены феноменологические результаты на основе конечно-элементной модели, демонстрирующие особенности работы ШС.

Достоверность полученных результатов математических исследований обеспечивается строгостью использованных математических методов, верификацией разработанных алгоритмов по результатам других авторов и моделированием с использованием метода конечных элементов.

Исследование выполнено на высоком уровне, поставленные задачи решены в полном объеме. Основные научные положения исследования получили апробацию на научно-практических конференциях и в публикациях.

В качестве замечаний можно отметить:

- 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;

- 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.

Вместе с тем, указанные замечания не снижают научно-практическую значимость и не влияют на положительную оценку работы.

На основании автореферата можно сделать вывод, что исследование выполнено на достаточно высоком научном и методическом уровне. По актуальности, практической значимости и полученным научным результатам работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», 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».

Отзыв составил:

Кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики и инженерной графики



А.С. Кочетов

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации»

125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20.

Тел.: +7 (499) 458-75-47.

E-mail: info@mstuca.aero

Подпись заверяю

Начальник управления персоналом



А.В. Бунин

20.12.2023