

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Николаева Ильи Витальевича «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»

Работа посвящена разработке математической модели для расчета жесткостных характеристик шлицевого соединения в условиях перекоса соединяемых валов с учетом их нелинейности, а также разработке общей методики и алгоритма учета характеристик шлицевого соединения в задачах динамики роторов. Применительно к объекту исследования (шлицевым соединениям) совершенствование методов оценки жесткостных характеристик в условиях перекоса соединяемых валов, позволяющих с большей точностью оценивать прочность соединений и динамические параметры роторной системы, является актуальной задачей. В результате решения поставленных задач исследования автором разработаны пространственная численная модель шлицевого соединения, обладающая существенно меньшей размерностью, чем конечно-элементное решение и создана новая методика для учета шлицевых соединений в динамике роторных систем газотурбинных двигателей. Результаты аналитического исследования верифицированы моделированием с использованием метода конечных элементов. В работе материал изложен последовательно, логично и аргументированно.

Несмотря на то, что соискатель безусловно является специалистом в вопросах, которым посвящена диссертация и на хорошем уровне владеет математическим аппаратом, в тексте автореферата появляются технические

термины, несовместимые с содержанием научной работы, а также описания результатов исследования, которые требуют от соискателя дополнительных пояснений и комментариев.

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 с 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 метод 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 ротора?

9. На рисунке 20 соискатель приводит графики нагрузок, приходящихся на опоры ротора ВД, а в последующем тексте в основном только 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 в результате реализации центрирования будут возрастать. Величина этого момента важна с точки зрения прочности рессоры. 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?

Полагаем, что диссертация в основном лишена отмеченных недостатков автореферата. Несмотря на недостатки автореферата, из его рассмотрения видно, что объем выполненной соискателем работы внушителен, погружение в тему исследования достаточно велико. Актуальность, научная новизна и практическая значимость работы И. В. Николаева очевидны. Результаты диссертации обоснованы на современном научном уровне, представляют собой законченное научное исследование. Весьма важно, что полученные научные результаты доведены до практической реализации в двигателях летательных аппаратов путем внедрения в состав известного и качественного программного продукта DYNAMICS R4, широко используемого отечественными предприятиями при проектировании. Работа вполне соответствует уровню кандидатской диссертации по рассматриваемой специальности. Автореферат диссертации составлен с соблюдением установленных требований, дает адекватное представление о работе. Основные положения проведенных исследований нашли отражение в 10 научных трудах автора, опубликованных в том числе и в рецензируемых научных изданиях и изданиях, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования, а также

апробированы на отечественных и международных симпозиумах и конференциях по прочности двигателей летательных аппаратов.

В целом, на основании автореферата, можно сделать вывод о том, что представленная диссертация отвечает всем требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Николаев И. В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Рецензенты:

Заместитель начальника ОКБ по
расчетам



Мусеев Александр
Александрович

Ведущий инженер-конструктор,
к.т.н. по специальности 05.02.02



Гинзбург Александр
Евгеньевич

Ведущий инженер-конструктор



Шубин Александр
Николаевич

194100, Россия, Санкт-Петербург, Кантемировская ул., д.11 стр.1,

т.: +7(812)454-71-00, e-mail: klimov@klimov.ru.

20 декабря 2023 г.

Подписи рецензентов

(их Ф.И.О., учёные степени, должности)

Заверяю

Начальник отдела научных программ-

Секретарь НТС



Е.Ю. Орлова

М.П.

