

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нурымбетова Алибека Усипбаевича на тему
**«Стержневые и полупространственные модели деформирования
слоистых закрученных изделий в поле стационарных и нестационарных
нагрузок»**, представленной на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 01.02.04 - Механика деформируемого
твердого тела

Вопрос расчета лопаток турбомашин компрессоров и газовых турбин является одним из наиболее важных на протяжении всей истории турбостроения. Постоянное повышение нагрузок, скоростей, поиск и внедрение конструкционных материалов с новыми механическими свойствами делают проблему разработки и совершенствования методов расчета таких конструкций актуальной.

Темой диссертации является развитие методов расчета естественно закрученных стержней с криволинейной осью и переменным поперечным сечением с учетом слоистости и анизотропии, что представляет собой уточненную расчетную схему такой лопатки, отличающуюся чрезвычайной сложностью. Важнейшим вопросом, с нашей точки зрения, который рассмотрен автором и который имеет первостепенное значение, является регулирование напряжений в наиболее нагруженных участках лопатки за счет рационального выбора геометрической формы и направления армирования слоев.

Задача осложняется еще и тем, что многослойный стержень из композитного материала имеет переменную толщину. Каждый слой имеет постоянную толщину, поэтому в каждом сечении число слоев может быть различным. Численное исследование задачи показывает существенное изменение напряжений от слоя к слою, а обеспечение непрерывности касательных напряжений приводит к возможности разрушения слоев с низкой сдвиговой прочностью. Увеличение межслоевой прочности является

ОБЩИЙ ОБЪЕМ МАШ
Вх. №
20 02 2017

слоистости по алгоритму, написанному на языке Фортран. Было получено относительно простое соотношение для эффективного модуля сдвига. Показано, что полученное соотношение для определения жесткости на кручение дает достоверные результаты. Аналитически установлены зависимости выражения жесткости на кручение от числа слоев.

Были проведены многочисленные расчеты по приближенной формуле для определения жесткости кручения стержней из композитных материалов и построены специальные номограммы – т.е. в главе 2 с помощью МКЭ разработан алгоритм и реализована задача, позволяющая вычислить перемещения и напряжения, а также жесткость на кручение многослойных композитных стержней произвольного сечения.

В третьей главе с помощью геометрических представлений для слоистых стержней с прямолинейной осью получены кинематические соотношения, которые в последующем использовались для установления основных уравнений теории расчета многослойных анизотропных естественно закрученных стержней переменного сечения. В случае естественно закрученного стержня соотношения между геометрическими величинами получаются нелинейными. Эти соотношения обусловлены взаимным влиянием растяжения, кручения и сдвига вследствие депланации поперечного сечения.

На наш взгляд, полезным результатом представляются эпюры, показывающие распределение касательных и нормальных напряжений по толщине сечения в различных слоях. Наибольший интерес представляет вывод о том, что, «подбирая укладку слоев, их расположение в теле стержня, тем самым меняя соотношение упругих постоянных, можно добиться минимального значения угла упругой раскрутки, деформации растяжения и изгиба при растяжении естественно-закрученного стержня в сочетании с приемлемыми значениями величин напряжений». Также несомненный интерес представляет заключение о том что, варьируя углами укладки более жестких волокон, можно увеличить жесткость пера лопатки на кручение.

основным способом обеспечения целостности и работоспособности стержней из композитных материалов.

В первой главе вначале изучаются характеристики одного слоя из композиционного материала, и каждый слой считается ортотропным. В диссертации приводятся расчетные формулы для определения упругих свойств слоя из композиционного материала.

При рассмотрении многослойного стержня обеспечивается непрерывность вектора напряжений между слоями. Автором предложена приближенная математическая модель многослойного естественно закрученного стержня переменного сечения, для чего компоненты тензора напряжений подразделялись на главные и второстепенные, которыми можно пренебречь, что позволило свести задачу к одномерной и все уравнения выразить в виде функций одной переменной Z , а для торцевых сечений использовать понятия внутренних сил, известные из курса сопротивления материалов. Зная модули сдвига двухфазного композиционного материала и соответствующие объемные содержания фаз, автор построил специальные номограммы для вычисления эффективного модуля сдвига неоднородной многослойной среды, что позволяет связать параметры упругости с углами армирования..

Аналитическим путем установлена зависимость выражения жесткости на кручение от числа слоев, которая асимптотически стремится к пределу с характеристиками для однородного стержня с эффективными параметрами упругости. Таким образом на этапе предварительного выбора материала была разработана методика количественной оценки жесткости на кручение многослойного анизотропного материала на основе результатов точного аналитического решения задачи о кручении многослойного призматического стержня прямоугольного сечения

Вторая глава посвящена численному решению задачи кручения слоистых анизотропных стержней постоянного сечения. В качестве метода решения принят метод конечных элементов, при котором стержень разбивается на слои постоянной толщины с учетом физической неоднородности и

В 4 главе приведены результаты численной оценки напряженного состояния композиционной лопадки с помощью пакета ANSYS. Приведены эпюры нормальных и касательных напряжений. В главе 5 с помощью метода Ритца определяются собственные частоты поперечных колебаний лопаток из многослойного материала. Используется величина физического момента инерции, позволяющая вести расчет при неравномерном распределении физических свойств компонентов армированного слоистого тела в поперечных сечениях произвольной формы. Получено удовлетворительной совпадение с опытными данными.

В главе 6 на основе разработанного варианта теории закрученных слоистых анизотропных стержней определяются их собственные частоты.

Из приведенного краткого обзора следует, что выполнена большая и весьма сложная работа, в которой учитываются многие факторы, далеко выходящие за рамки классических теорий. Показано хорошее совпадение теории с экспериментом.

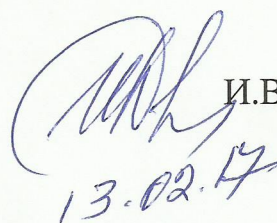
В качестве замечаний можно указать следующее.

1. При изложении решения с помощью пакета ANSYS следовало бы указать число, тип и расположение конечных элементов.
2. К сожалению, не показано влияние температуры на распределение напряжений между слоями.
3. Ничего не говорится о развитии пластических деформаций. Этот вопрос следовало разъяснить.
4. Не уточняется в автореферате учет демпфирования в материале лопадки, который в композитном материале может быть существен.

Тем не менее, данные замечания не снижают ценности работы в целом. Оценивая диссертационную работу Нуриббетова Алибека Усипбаевича на тему «Стержневые и полупространственные модели деформирования слоистых закрученных изделий в поле стационарных и нестационарных нагрузок», можно заключить, что исследования автора по актуальности, научной новизне и значимости теоретического вклада, практической

ценности, достоверности полученных результатов соответствуют требованиям, предъявляемым ВАК. Автореферат позволяет сделать вывод о том, что работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а соискатель достоин присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Засл. деятель науки и техники РФ,
д.т.н., профессор,
зав. кафедрой «Строительная механика»
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-
дорожный государственный технический
университет (МАДИ)»


И.В. Демьянушко
13.02.17

Демьянушко Ирина Вадимовна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»,

Адрес : 125319, Москва, Ленинградский проспект 64

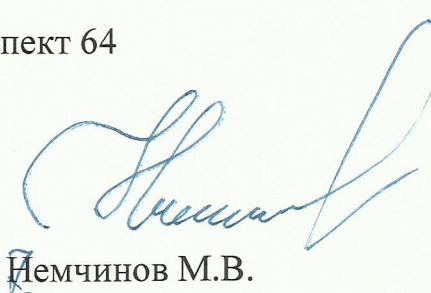
Тел. 8 499 155 03 03, sopromat@madi.ru

Подпись И.В. Демьянушко подтверждаю

Ученый секретарь МАДИ

Д.т.н., проф.




Немчинов М.В.
13.02.17