

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Нурымбетова А.У. "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».

Применение точной теории естественно-закрученных стержней произвольного поперечного сечения на базе общих уравнений теории упругости связано с большими математическими трудностями и приводят к сложным решениям, и поэтому **актуальность** этой проблемы не вызывает сомнений. В данной работе рассматривается деформация многослойных естественно-закрученных стержней типа лопаток турбомашин при кручении, изгибе и растяжении. В работе предполагается, что однонаправленный слой, основной элемент стержня, представляет собой квазиоднородную анизотропную среду, упругие свойства которой определяются упругими свойствами составляющих компонент, т.е. свойствами волокон и матрицы, их количественным соотношением, а также направлением волокон.

В работе с помощью геометрического представления для слоистых анизотропных стержней с прямолинейной осью получены кинематические соотношения, которые в последующем использовались для установления основных разрешающих уравнений задачи. Характерной особенностью приведенных уравнений, связанных со слоистой структурой стержней, является то, что из-за изменения ориентации волокон слоя относительно системы координат параметры упругости c_{mn}^i являются переменными. Следует отметить, что взаимосвязанность растяжения, изгиба и кручения являлось предметом многочисленных исследований. Однако в основном они касались стержней из изотропных материалов. Показано, что эта взаимосвязанность для анизотропных стержней проявляется в большой мере из-за возможной структурной несимметричности.

Достоверность уравнений разработанной теории многослойных закрученных стержней проверяется сопоставлением с известными соотношениями других авторов для некоторых частных случаев решений, а также сравнением результатов расчета с экспериментальными данными. Это подтверждает то, что предлагаемое кинематическое соотношение для определения напряжено-деформируемого состояния (НДС) полнее отражает взаимовлияние деформации кручения и растяжения.

К научной **новизне** работы следует отнести исследования, проведенные автором с использованием численного алгоритма, позволяющего учитывать изменение физико-механических свойств материалов многослойного стержня при определении НДС стержневых конструкций, находящихся под совместным действием растягивающих сил, изгибающих и крутящего моментов. Разработанные на основании предложенного алгоритма программы могут быть использованы достаточно точно в инженерных расчетах.

Проведенные исследования особенностей распределения напряжений и перемещений в отдельных слоях многослойного стержня позволили оценить работоспособность слоистой конструкции при кручении в целом. Расчет лопатки по этой методике позволили учесть влияние на НДС каждого ортотропного слоя со своими свойствами и с учетом положения в теле лопатки. Составленная по этой методике программа расчета на ЭВМ позволяет выбрать оптимальную структуру армирования конкретной лопатки из ранее выбранного класса композиционных материалов.

Результаты работы имеют важные **теоретическое и прикладное значения**. Имеется акт внедрения, инновационный патент и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Работа Нурымбетова А.У. выполнена на высоком научном уровне и решены актуальные прикладные задачи с позиции механики твердого деформируемого тела. Основные результаты работы опубликованы в статьях и доложены на конференциях и семинарах.



Считаю, что работа отвечает необходимым требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 01.02.04 – "Механика деформируемого твердого тела", а ее автор Нуриббетов А.У. достоин присуждения ему степени доктора технических наук.

Заведующий кафедрой
«Производство летательных аппаратов»
Казанского национального
Исследовательского технического
университета им. А.Н. Туполева
(КНИТУ-КАИ),
д.т.н., профессор



В.И. Халиулин

Подпись *Халиулин В.И.*
заверяю. Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ

Доцент кафедры
«Производство летательных аппаратов»
Казанского национального
Исследовательского технического
университета им. А.Н. Туполева
(КНИТУ-КАИ),
к.т.н.

В.В. Батраков

Ответственный исполнитель:
Беззаметнова Д.М. тел. 8(834)231-03-55