

Отзыв научного руководителя

о диссертанте Хоа Ван Донге и его диссертации на тему: «Температурные напряжения в элементах тонкостенных конструкций из слоистых материалов», представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела»

Хоа Ван Донг является выпускником федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по специальности 24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов». В 2020 году Хоа Ван Донг поступил в очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» и успешно ее окончил в 2024 году.

Диссертационная работа посвящена исследованию термонапряженного состояния тонкостенных конструкций из слоистых материалов, примерами которых, в частности, являются изделия с функционально изменяемым составом, характеризующиеся многослойной структурой, где каждый слой, например, меняющийся от хрупкой керамики до пластичного металла, выполняет заранее заданную функцию. Необходимость данного исследования обусловлена разработкой новых подходов в решении задач теории упругости, позволяющие расширить границы применимости известного метода Сен-Венана – Пикара – Банаха в интегрировании уравнений, построения адекватных математических моделей и получения решений аналитически.

Во время подготовки диссертации Хоа Ван Донг продемонстрировал глубокие знания в области математики и механики, умение применять их в решении сложных интегро-дифференциальных уравнений теории упругости аналитическими и численными методами, владение навыками работы в программных вычислительных комплексах, что подтверждает высокую квалификацию в освоении научной специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела». Хоа Ван Донг трудолюбив, прилежен и способен к самостоятельной научной деятельности.

К основным результатам работы можно отнести следующие:

1. Разработана методика постановки и решения задач теории упругости для тонкостенных конструкций при заданном распределении температуры, ценность которой заключается в ее аналитичности и новизне, дающих полную картину работы слоистого материала в изделии с учетом температурного воздействия.
2. Дано развитие и расширены границы применения метода Сен-Венана – Пикара – Банаха в интегрировании уравнений теории упругости для

тонкостенных моделей слоистой структуры в условиях механического нагружения и действия поля температуры. Единый подход применен последовательно к решению плоской задачи для прямоугольной полосы и прямоугольной пластины в пространственной постановке. Задача, сформулированная для однородного материала, развита на случай произвольного количества слоев.

3. В концепции метода преобразована исходная система уравнений задачи к виду последовательности, в которой найденные величины подставляются в последующие соотношения как известные. Операторы дифференцирования по координате толщины исключаются прямым интегрированием в содержащих их уравнениях. Сведение исходной задачи к задаче меньшей размерности следует из выбора произволов интегрирования (неизвестных функций) как новых основных неизвестных, а части из них – в качестве начального приближения.

4. Построены выражения для компонент НДС, как функций новых основных неизвестных, путем последовательных приближений в виде полиномиальных рядов по поперечной координате и одновременно асимптотических рядов по малому параметру тонкостенности. Коэффициенты ряда представляют собой дифференциальные выражения от основных неизвестных.

5. Найденны разрешающие соотношения путем выполнения граничных условий на длинных сторонах полосы (а для пластины – на продольных сторонах) на соотношениях нулевого и первого приближения – с использованием аппарата асимптотик, а также на соотношениях первого и второго приближений – путем прямых подстановок. При таком подходе условие сшивки границ слоев отдельно не рассматривается. Информация о геометрии слоев и физических свойствах материала учитывается в интегральных коэффициентах, входящих в разрешающие соотношения. Благодаря структуре уравнений получение решения аналитически (с точностью до констант) для всех компонент оказалось возможно во всех рассмотренных случаях для полосы, а для пластины – при однородном изотропном материале. Во всех этих случаях граничные условия выполнены полностью, включая условия на узких сторонах. При этом константы интегрирования определены аналитически, а для выражений второго приближения — численно.

6. Проведено сопоставление полученных результатов, показывающее, что асимптотический подход даже на начальном приближении способен выявить как медленно меняющиеся компоненты основного решения, так и быстро меняющееся типа краевого эффекта. Путь решения способом прямых подстановок, примененный к соотношениям следующего приближения, позволил формально более точно удовлетворить граничным условиям, что оказало влияние и на внутреннюю область.

7. Обоснована сущность применения отработанных инструментов аппарата асимптотик, направленного на получение аналитического результата, эффективного своей оценочной стороной. Способ прямых


подстановок при получении решения (с точностью до констант интегрирования) связан с количественно объемными выкладками, реализуемыми в современных условиях программными средствами символьных вычислений. Достигаемые им количественные поправки на соотношения следующего приближения также ориентированы на компьютерный счет. Результат, получаемый обоими путями, дает возможность анализа локального влияния компонент напряжений и их сочетаний на составляющие структуры тонкостенных слоистых конструкций.

8. Проведено апробирование разработанных расчетных моделей в исследовании термонапряженного состояния технических тонкостенных конструкций из материалов с функционально изменяемым составом. Полученные результаты аналитически и численно в программном комплексе ANSYS и программной среде FreeCAD имеют хорошую сходимость. В целом, отклонения не превышают 5%.

Диссертация Хоа Ван Донга является законченной научно-квалифицированной работой, посвященной решению актуальной научной задачи – разработке методов исследования НДС технических конструкций с простой и сложной структурой, работающих в условиях сложного нагружения, а ее автор является квалифицированным специалистом в области механики деформируемого твердого тела и заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела»

Научный руководитель

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры 914
«Проектирование сложных технических систем» МАИ (НИУ)

 Миронова Л.И.
12.09.2024

Подпись Мироновой Любови Ивановны заверяю.

Директор Дирекции института № 9 «Общеинженерная подготовка»
МАИ (НИУ)

кандидат физико-математических наук, доцент



Костиков Ю.А.