

ВВЕДЕНИЕ

Чрезвычайно широким является область различных явлений в окружающем нас мире, которые можно достаточно полно качественно и количественно описать на основе волновых представлений. Поэтому, в настоящее время интенсивно ведутся исследования закономерностей происхождения колебательных процессов, и распространения волн в различных сплошных средах и элементах инженерных конструкций.

Конкретные инженерные задачи и законы внутреннего развития фундаментальных исследований в механике деформируемого твердого тела выявили тенденции к последовательному и возможно более полному учету физико-механических свойств материалов, характера их деформирования во времени, эффектов взаимосвязи механических деформационных полей с температурными, электрическими и магнитными полями, геометрического строения тел, а также других многообразий явлений, присущих к реальным телам.

С другой стороны, исследования взаимодействия механических полей в указанных элементах конструкций, моделирующих работу несущих элементов многих инженерных конструкций, взаимодействующих с полями электромагнитной, температурной и другой природы составляет отдельное фундаментальное направление механики, проливающее свет на многие нерешенные прикладные задачи. Эти исследования связаны с развитием новых технологий и техники, созданием новых конструкций приборов, машин и сооружений, использованием качественно новых материалов и технологий, отвечающих передовому уровню научно технического прогресса, выдвигающими повышенные требования к исследованиям в области динамики деформируемых сред.

В частности, к таким относятся задачи по расчету конструктивных элементов типа цилиндрических слоев (оболочек), пластин и стержней на действие различных динамических нагрузок, вызванных источниками различной природы, в частности, действием акустических и нестационарных волн.

Наиболее полное удовлетворение этих требований тесным образом связано с развитием более достоверных представлений о деформационных механических свойствах материалов и элементов конструкций в различных режимах их эксплуатации.

Среди этих проблем одно из ведущих мест занимают проблемы теоретического анализа волновых и колебательных процессов в упругих и вязкоупругих элементах конструкций, нестационарно взаимодействующих с окружающей деформируемой средой. Интерес к таким задачам резко возрос за последние десятилетия. Это обусловлено и продиктовано запросами современных отраслей народного хозяйства, в первую очередь таких, как строительство, машиностроение, самолетостроение, трубопроводный транспорт и другие.

В современной технике все большее распространение получают материалы, обладающие вязкоупругими свойствами, в частности, полимерные. Фундаментальные исследования в области нестационарных процессов деформирования вязкоупругих тел и конкретные расчеты элементов инженерных конструкций из вязкоупругих материалов находят широкое применение в различных областях инженерной практики. Сюда входят задачи определения прочности, оценки надежности и долговечности, определения частотных характеристик, выбора оптимальных параметров, обеспечивающих эффективные условия эксплуатации, устойчивости и некоторые другие вопросы, связанные с поведением элементов конструкций при действии на них динамических воздействий. Эти исследования имеют широкий спектр актуальных приложений в таких областях науки и техники, как сейсмология, геофизика, горная механика, акустическая дефектоскопия, машиностроение, космическая технология.

Актуальной проблемой современного этапа теоретических исследований в области нестационарных колебаний вязкоупругих тел, наряду с разработкой новых моделей динамического деформирования вязкоупругих материалов, близких экспериментальным, является развитие эффективных математических методов исследования многих классов плоских и пространственных задач в рамках известных моделей. Сюда входят теоретический анализ основных механических факторов, обусловленных влиянием различных параметров, увеличение

объема банка аналитически решенных конкретных прикладных задач, и другие.

Несмотря на большое количество теоретических и прикладных исследований в данной области, общий обзор которых изложен в первом разделе, а по конкретным вопросам в соответствующих главах и разделах, проблемы решения многих важных классов краевых задач и их анализа остаются в основном открытыми или же требуют дальнейшей уточненной разработки.

К их числу принадлежат задачи о нестационарных колебаниях стержней, пластин и оболочек с учетом реологических свойств их материала, предварительной напряженности, температуры, переменности толщины, анизотропии и других факторов. При решении задач этого класса в качестве основных разрешающих уравнений применяют приближенные уравнения колебания, полученные из трехмерных уравнений движения теории упругости с помощью различных гипотез и предпосылок физического или геометрического характера, которые существенно упрощают решение задачи. Кроме того, исходную трехмерную задачу теории упругости сводят к двумерной или одномерной и с помощью различных математических методов, в числе которых такие методы как вариационный, асимптотический, энергетический, метод степенных рядов и др.

К настоящему времени выполнено огромное число исследований по приведению трехмерной задачи к двумерной инженерными и математическими методами. Но эти исследования не исчерпывают проблему полностью. Поэтому, «... проблема приведения трехмерной задачи к двумерной далека от завершения и построение логически стройных и математически обоснованных алгоритмов остается актуальным»[33]. Решение этой проблемы, для тел с различной геометрией продолжается и в наши дни, о чем свидетельствуют публикации отечественных и зарубежных ученых [9,10,23,75,83,100,106,107,111,184,195,187,28,299,300].

Таким образом, можно утверждать, что еще далеки от решения актуальные на современном этапе развития механики, задачи усовершенствования моделей нестационарного деформирования материалов и конструкций из них с учетом различных физико-механических свойств материалов, влияния взаимодействующей сплошной среды. К ним же относятся и

разработки методов исследования деформативных и прочностных характеристик материалов в рамках усовершенствованных моделей, ориентированных для работы в условиях контактного взаимодействия со средой или физическими полями.

Поэтому, в этой области остается значительный круг недостаточно исследованных вопросов, сохраняющих свою актуальность: создание точных и эффективных приближенных аналитических и численных методов изучения влияния взаимодействия сплошных сред и различных физических полей на напряженно - деформированное состояние элементов конструкций с учётом многообразия граничных условий и сложности внешнего воздействия.

Некоторые из указанных проблем должны найти свои решения в предлагаемой монографии. Поэтому, целью представленных в ней исследований, является построение теорий нестационарных колебаний круговых цилиндрических вязкоупругих оболочек и стержней, взаимодействующих с температурным полем, полем предварительных напряжений, с учетом переменной толщины и анизотропии материала. Разработка алгоритмов, позволяющих по полю искомых функций вычислять приближенные значения полей перемещений и напряжений в любом сечении оболочки и стержня; постановка и решение прикладных задач о нестационарных колебаниях оболочки и стержня с учетом вязкоупругих свойств их материала, влияния окружающей среды, температуры, предварительной напряженности и других факторов.

Для реализации поставленной задачи используется метод точных решений трехмерных задач динамической теории вязкоупругости. Сущность этого метода сводится к изучению построенных точных решений при различных типах воздействий и получению общих уравнений колебания относительно некоторого, небольшого числа искомых функций времени, которые являются главными частями составляющих вектора перемещений, определенных в точках произвольной промежуточной поверхности оболочки. Одним из главных особенностей, получаемых при этом уравнений, заключается в том, что уравнения колебания могут быть выписаны относительно главных составляющих вектора перемещений любой поверхности оболочки, что является

принципиально важным при решении задач прикладного характера о взаимодействии оболочки с деформируемой средой. Сюда же относится возможность получения формул для всех компонент тензора напряжений и вектора перемещений через искомые функции, которые наряду с определением напряженно-деформированного состояния любого сечения оболочки, позволяют правильно сформулировать краевые условия конкретных задач инженерной практики.

Во вводной части монографии, куда входят раздел введение и первая глава, дана развернутая характеристика актуальности проблемы и выделены главные вопросы, подлежащие разработке, сформулированы основные положения. Дан краткий общий обзор состояния проблемы, сформулированы основные классы рассматриваемых в работе краевых задач для цилиндрической оболочки с учетом различных усложняющих факторов. Изложен метод вывода общих уравнений колебания оболочки.

Вторая глава монографии посвящена исследованию нестационарных продольно-радиальных колебаний кругового цилиндрического вязкоупругого слоя с учетом температуры в рамках несвязной теории термовязкоупругости, где предполагается, что температура не зависит от скорости распространения тепла по слою или оболочке. Цилиндрический слой рассматривается как трехмерное тело и уравнения движения его материала с учетом изменения температуры записываются через перемещения. Не применяя также упрощающие гипотезы и предпосылки, принимаемые в классических и уточненных теориях цилиндрических оболочек, выводятся общие, а из них приближенные и уточненные уравнения продольно-радиальных колебаний при динамических внешних воздействиях на оболочку. Получены выражения через искомые функции напряжений, перемещений и температуры.

В третьей главе исследовано динамическое взаимодействие механического и температурного полей в цилиндрических структурах. Приводятся результаты исследований прикладных задач динамического взаимодействия связанных полей, в частности, температурного и механического полей с цилиндрическими слоями, стержнями и оболочками. Здесь, в частности, приведены результаты решения задачи о продольно-

радиальных колебаниях термовязкоупруго слоя, оболочки и стержня, с учётом температурного поля.

Как известно, предварительно-напряженное состояние в деформируемых телах возникает в результате физико-химических процессов и технологических операций, а также оно может быть создано целенаправленно, исходя из определенных конструктивных соображений. В связи с этим возникает необходимость учёта предварительно-напряженного состояния элементов при их расчёте на воздействия динамических нагрузок.

В четвертой главе монографии изложена уточненная теория осесимметричных колебаний предварительно-напряженных вязкоупругих круговых цилиндрических слоёв. В первом и третьем параграфах разработаны теории продольно-радиальных и крутильных колебаний круговых цилиндрических слоёв из изотропного материала с учётом предварительной напряженности и вязких свойств материала. Во втором и четвёртом параграфах результаты предыдущих двух параграфов обобщены на случай круговых цилиндрических слоёв, материал которых трансверсально-изотропен и предварительно-напряжён (однородное напряженное состояние). Детально обсуждены предельные и частные случаи, вытекающие из предложенных теорий.

В пятой главе монографии, полученные в предыдущей главе результаты, применены для решения задач о неустановившихся колебаниях предварительно-напряжённых круговых цилиндрических слоёв. Построены решения динамических граничных задач для цилиндрических конструкционных элементов с начальными напряжениями при действии нестационарных нагрузок, в частности, рассмотрены несколько частных задач по распространению волн в вязкоупругих круглых цилиндрических слоях на основе приближенных уравнений, полученных в предыдущем разделе, с учётом предварительной напряженности и анизотропных свойств материала слоя.

Шестая глава монографии посвящена некоторым вопросам разработки математической теории колебаний цилиндрической вязкоупругой оболочки с учетом переменной толщины оболочки. Выведены общие уравнения осесимметричных и неосесимметричных колебаний вязкоупругого цилиндрического

слоя переменной толщины, рассмотрены предельные и частные случаи. При этом предполагается, что толщина оболочки изменяется в зависимости от продольной координаты. Это равносильно тому, что радиусы внутренней и внешней граничных поверхностей являются заданными, непрерывными и дифференцируемыми необходимое число раз, функциями продольной координаты. Постановка задачи осуществлена в ортогональной системе координат и в случаях крутильных, продольно-радиальных и поперечных колебаний оболочки выведены общие уравнения колебания, а также формулы для определения напряженно-деформированного состояния оболочки. Рассмотрены различные предельные и частные случаи, получающиеся из теории.

Все замечания и предложения по содержанию монографии будут приняты с благодарностью. Их следуют направлять авторам по адресу:

**140129 Самарканд, Университетский бульвар, 15.
Самаркандский государственный университет**