

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ
Российской академии наук



125040, Москва, Ленинградский пр-т, д.7, стр.1
тел. (495)946-18-06, 946-18-02; факс: (495)946-18-03
e-mail: iam@iam.ras.ru

" 21 " ноября 2019 г.
Исх. № 11509/2-141

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ФГБУН

«Институт прикладной механики РАН»

доктор технических наук Власов А.Н.



2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Митина Андрея Юрьевича

«Нестационарные контакт абсолютно твердого тела и цилиндрической оболочки», представленную на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

Актуальность темы диссертации. Быстрые темпы развития современных видов транспорта, вооружений, аэрокосмической, судостроительной, автомобильной и авиационной отраслей промышленности диктуют все более высокие требования к точности расчетов нестационарного напряженно-деформированного состояния конструкции при различного рода динамических воздействиях. В этой области одними из самых актуальных являются задачи о нестационарном контактном взаимодействии тонкостенных элементов конструкции с твердыми телами (ударниками). Такие проблемы возникают, например, при соударении твердых частиц гравия с корпусами автомобилей, ударном воздействии метеоров и частиц космического мусора на корпуса и защитные элементы космических аппаратов, нестационарном контакте корпусов и обтекателей космических аппаратов с твердыми элементами конструкций при стыковке, нестационарном контакте судов с твердыми элементами причалов при швартовке и т.п. Поэтому нестационарные контактные задачи приобретают все большую актуальность для развития современной промышленности.

Одними из наиболее сложных и наименее исследованных среди нестационарных контактных задач являются задачи с учетом пространственной

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ 1
Вх. № 22 / 11 2019 г.

постановки. Это объясняется сложностью и нелинейностью процессов нестационарного контактного взаимодействия, а также повышением размерности соответствующих задач по сравнению с плоскими или осесимметричными задачами. Поэтому разработка и реализация новых эффективных численно-аналитических методов и подходов к исследованию процессов нестационарного контактного взаимодействия в пространственной постановке является актуальной научной проблемой, как в прикладном, так и в фундаментальном отношении.

Значимость и новизна полученных автором диссертации результатов.

Автором получены следующие наиболее значимые научные результаты диссертационной работы. Сформулирована замкнутая математическая постановка пространственной нестационарной контактной задачи с подвижными границами для тонкой упругой круговой цилиндрической оболочки и абсолютно твердого ударника. Построена система разрешающих функциональных уравнений нестационарной контактной задачи. Найдена и исследована нестационарная функция влияния для цилиндрической оболочки типа Тимошенко. Разработан метод и алгоритм численно-аналитического решения нестационарной контактной задачи с подвижными границами для цилиндрической оболочки и абсолютно твердого ударника. Решены нестационарные задачи о воздействии на оболочку внешнего нестационарного давления. Получено решение пространственной нестационарной контактной задачи для цилиндрической оболочки типа Тимошенко и абсолютно твердого ударника.

Результаты диссертации обладают научной значимостью и новизной, поскольку, во-первых, в пространственной постановке такая задача решена впервые. Во-вторых, найденная функция влияния и алгоритм её построения представляют определённую научную значимость, поскольку могут быть использованы для исследования и других проблем нестационарной механики оболочек, например, при решении нестационарных обратных задач.

Достоверность полученных автором результатов сомнения не вызывает, поскольку теория построена на известных уравнениях механики оболочек и

абсолютно твердых тел, методы решения математически строгие и непротиворечивы, а реализованные алгоритмы исследованы на сходимость.

Содержание диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы, содержащего 102 наименования.

Во введении обосновываются актуальность темы диссертационной работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследования, сформулированы цели, представлены выносимые на защиту научные положения.

В первой главе диссертации приведен обзор публикаций по схожим с темой диссертации исследованиям. Приводятся основные уравнения, включающие уравнение движения ударника как абсолютно твердого тела, и уравнения движения круговой цилиндрической оболочки. Ставятся начальные условия и условия контакта. Здесь же описывается система разрешающих функциональных уравнений.

Во второй главе рассмотрена пространственная нестационарная задача о движении круговой цилиндрической оболочки типа Тимошенко. Определен нестационарный прогиб оболочки при воздействии нормального давления, распределенного произвольным образом по произвольной области, принадлежащей боковой поверхности оболочки. Дается описание численно-аналитического метода построения пространственной нестационарной функции влияния для цилиндрической оболочки типа Тимошенко. Описывается способ построения оригиналов коэффициентов изображения, основанный на связи интеграла обращения преобразования Фурье с рядом Фурье на переменном интервале. Приведены решения тестовых задач о воздействии на оболочку внешнего нестационарного давления.

Третья глава посвящена решению пространственных нестационарных контактных задач для абсолютно твердых ударников и тонкой упругой цилиндрической оболочки Тимошенко. В ней построен численный аналог системы разрешающих уравнений, сформулированных в первой главе. Приведен

метод дискретной аппроксимации области контакта. Описан алгоритм решения задачи на произвольном временном интервале. Основное пространственно-временное разрешающее интегральное уравнение заменено соответствующим дискретным аналогом, основанным на методе сеток. При этом структура функции влияния и методы для её получения, описанные в главе 2 позволяют вычислить интегралы по численно-аналитической формуле, а именно, численно реализована дискретизация по времени, а двумерные интегралы по ячейкам пространственно-временной сетки вычисляются аналитически. После определения положения границы области контакта и поля контактного давления в дискретные моменты времени, истинные нормальные перемещения оболочки определяются интегральным соотношением свёртки контактного с функцией влияния по пространственным координатам и времени. Приведены примеры расчета. Графически проиллюстрированы перемещения центра масс ударника, зависимость радиуса области контакта от времени, зависимость результирующей контактной силы от времени. Распределения контактного давления и нормальных перемещений оболочки.

В заключении сформулированы полученные автором основные результаты диссертации.

В диссертации Митина Андрея Юрьевича корректно указываются ссылки на авторов и источники цитирования, откуда заимствуются материалы, описывается личный вклад автора и степень участия его соавторов при получении основных результатов.

Автореферат полностью отражает основные положения диссертации.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы. Представленные в диссертационной работе результаты могут быть использованы при разработке методов исследования напряженно-деформированного состояния оболочек и элементов конструкций, работающих в условиях нестационарных контактных взаимодействий.

Результаты диссертации Митина Андрея Юрьевича могут быть использованы в следующих организациях: ФГБУН «ИПРИМ РАН», ФГБОУ ВО

«Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», НИИ Механики МГУ им. М.В. Ломоносова, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева - КАИ» и др.

Замечания по диссертационной работе.

1. При формулировке определяющих уравнений (1.3) теории оболочек автором используется обозначение параметра Ламе λ , при этом не приводится его выражение через модуль упругости первого рода и коэффициент Пуассона, вследствие чего из текста работы не очевидно, введена ли автором поправка на обобщенное плоское напряженное состояние $\bar{\lambda} = \lambda[2\mu / (\lambda + 2\mu)]$, учет которой необходим для правильного вычисления тангенциальной и изгибной жесткостей оболочки и, следовательно, для вычисления скоростей распространения тангенциальных и изгибных волн в оболочке.
2. Следует заметить также, что использованные при записи линейных операторов (1.6), входящих в уравнения движения (1.5) (стр. 35), обозначения c_1, c_2 автором расшифровываются только на стр. 42, при этом автор использует величины скоростей волн в трехмерной упругой среде (1.17), но не величины скоростей тангенциальных волн в тонком теле, без какого-либо обоснования данного выбора.
3. При построении аппроксимации Ω_m области пересечения $\Omega(t)$ поверхности ударника с плоскостью, касательной к поверхности оболочки, множеством прямоугольных областей K_{mij} (рис. 3.1.2) автором используется разбиение с фиксированным шагом сетки Δ , при этом начальные значения b_{m1}, d_{i1} узловых координат ξ_i, ζ_j принимаются совпадающими с границей области при $t = t_m$, тогда как конечное значение координаты определяется целым числом шагов Δ в соответствии с (3.10) как приближение снизу точных значений $\xi_I \leq b_{m2}, \zeta_{J_i} \leq d_{i2}$, следующих из решения уравнений (3.11). В результате центр тяжести области Ω_m смещается относительно точного положения центра тяжести пятна контакта вниз и влево, вследствие чего нарушается условие центральной

симметрии пятна контакта. Следует также заметить, что схематическое изображение разбиения области контакта Ω_m подобластями K_{mij} (рис. 3.1.2) не вполне соответствует определению (3.10), а именно, не соблюдается условие приближения границы области снизу.

4. Приведенные автором на рис. 3.3.4 – 3.3.15 распределения контактного давления по угловой координате, также как и распределения нормального перемещения 3.3.16, 3.3.17 несимметричны, что не соответствует постановке задачи. Полученные погрешности симметрии решения могут быть порождены асимметрией приближения Ω_m области контакта $\Omega(t)$ (см. замечание 3). При этом причины асимметрии решения автором в тексте работы не обсуждаются, зависимость численного решения от шага по времени и шага разбиения Δ не анализируется, не приводятся параметры алгоритма численного решения, которым соответствуют кривые, приведенные на рис. 3.3.4 – 3.3.17. Отсутствие должного анализа сходимости численного решения затрудняет оценку применимости разработанного автором подхода.

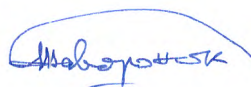
Публикации, отражающие основное содержание работы. По теме диссертации автором опубликовано 10 печатных работ, из них 2 работы в журналах, входящих в список ВАК РФ, 1 работа, входящая в базу данных SCOPUS, остальные 7 в прочих изданиях. Основные результаты докладывались на научных конференциях высокого уровня.

Результаты диссертации, выносимые автором на защиту, опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, внесенных в Перечень журналов и изданий, утвержденных Высшей аттестационной комиссией. Полученные результаты соответствуют уровню кандидатской диссертации по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Отмеченные замечания не снижают общего положительного впечатления о работе и не носят принципиального характера. Общие выводы диссертации соответствуют содержанию проделанной работы. Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации.

Представленная к защите диссертационная работа соответствует требованиям п. п. 9-14 «Положения о присужденных ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013г., а ее автор, Митин Андрей Юрьевич, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Старший научный сотрудник отдела
«Механика адаптивных и композиционных
материалов и систем» ИПРИМ РАН к.ф-м.н.



Жаворонок С. И.

Подпись Жаворонка С. И. заверяю
Зам. директора ИПРИМ РАН



Данилин А. Н.

Отзыв рассмотрен и утвержден Ученым советом ИПРИМ РАН, протокол № 8
от « 19 » ноября 2019 г.

Контактные данные организации:

ФГБУН Институт прикладной механики Российской академии наук.

125040, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 7, стр. 1

Телефон: +7 495 946-18-06.

Факс: +7 495 946-18-03.

Адрес электронной почты: iam@iam.ras.ru

Официальный сайт: <https://iam.ras.ru>