

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию МИХАИЛА ВЯЧЕСЛАВОВИЧА ГРИГОРЬЕВА
«Гранично-элементное моделирование динамики трехмерных однородных частично
насыщенных пороупругих тел», представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика
деформируемого твердого тела»

Актуальность темы диссертации. Применение новых материалов порождает потребность в разработке соответствующих моделей материала и методов расчета ответственных узлов технических изделий. Анализ динамических процессов в трехмерной постановке возможен с позиций экспериментально-расчетного подхода, для которого роль численного моделирования порой является доминирующей. Выполнение требований к изготавливаемым деталям и ответственным элементам конструкций ставит жесткие условия к возможностям привлекаемых расчетных средств. Создание алгоритмического и программного проблемно-ориентированного обеспечения актуальная задача.

Диссертационная работа Михаила Вячеславовича Григорьева посвящена применению высокоточного численно-аналитического универсального метода – метода граничных элементов (МГЭ) – к численному решению динамики трехмерных однородных частично насыщенных пороупругих тел. Представленные разработка гранично-элементной схемы и убедительные результаты ее применения, свидетельствуют о **новизне результатов диссертации**: применен шаговый подход в рамках согласованной гранично-элементной схемы при организации вычислений с заданной точностью.

Достоверность и обоснованность результатов гарантируется сравнениями с результатами других исследователей, аналитическими решениями, квалификацией коллектива, в котором выполнена работа. Математическая строгость в сочетании с вычислительной аккуратностью и гарантированной точностью полученных результатов обеспечивает достоверность и обоснованность исследований диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы.

Введение содержит актуальность, обзор по теме исследований, цель, научную новизну, достоверность, практическую значимость, основные положения работы, а также сведения об апробации, публикации, содержание глав и заключения. В **главе 1** приведена математическая модель материала; постановка задачи; метод численного обращения интегрального преобразования Лапласа; численно-аналитическое решение одномерной задачи. В §1.1 рассмотрена модель частично насыщенного пороупругого материала. Приведена замкнутая система математических соотношений. В §1.2 дана математическая постановка трехмерных краевых задач в изображениях. Применен подход изучения динамики деформируемых тел с применением интегрального преобразования Лапласа. В §1.3 описан метод численного обращения интегрального преобразования Лапласа. Базовая формула относится к варианту метода квадратур сверток. Формула определяет шаговую часть по времени вычислительной гранично-элементной модели, созданной в диссертации. В §1.4 рассмотрена одномерная задача о действии скачка по времени продольной силы на консольный стержень из частично насыщенного пороупругого материала. Записано аналитическое решение задачи в изображениях по Лапласу. Получены графики перемещений и поровых давлений во времени. Исследована шаговая сходимость решений и влияние на динамический отклик значения параметра

насыщенности материала жидкостью. **Глава 2** посвящена описанию гранично-элементного подхода при дискретизации границы. В § 2.1 дано интегральное представление решения: записана обобщенная формула Грина-Соммиеран. В § 2.2 построено сингулярное граничное интегральное уравнение прямого подхода. Сингулярность понимается в смысле Коши. В § 2.3 построена регуляризация граничного интегрального уравнения с использованием граничного оператора напряжений и фундаментальных решений изотропной статической трехмерной теории упругости и ядер классических потенциалов простого слоя. В § 2.4 в изображениях по Лапласу записан дискретный аналог граничного интегрального уравнения. В § 2.5 дано краткое описание программных гранично-элементных средств. В § 2.6 содержится описание инструментария визуализации препроцессорной и постпроцессорной информации гранично-элементных расчетов. **В главе 3** посвящена шаговым гранично-элементным исследованиям начально-краевых задач о действии скачка по времени поверхностной силы на конечное и полубесконечные пороупругие тела. В § 3.1 рассмотрена задача о призматическом теле. Гранично-элементное решение сравнивалось с аналитическим решением и с гранично-элементным решением других авторов. Основным результатом параграфа является вывод о преимуществах гранично-элементной схемы диссертационной работы над гранично-элементной схемой других авторов. В § 3.2 рассмотрена задача о полупространстве. Отмечено влияние насыщенности на амплитуды отклика и на скорости волн отклика. Продемонстрировано поведение волнового отклика при удалении от источника. В § 3.3 рассмотрена задача о полупространстве, ослабленном кубической полостью. Проведен анализ влияния ослабления полупространства на отклик, а также влияния заглубленности полости и фазности материала на динамический отклик. **В заключении** сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе. **Список литературы** состоит из 234 наименований.

Аннотация полностью отражает содержание диссертации, основные результаты и защищаемые положения достаточно полно отражены в публикациях автора, в том числе в статьях, опубликованных в журналах из списка ВАК.

Замечания по диссертационной работе:

1. Использование, в §2.1 гл. 2 (стр. 51) под одним обозначением трехкомпонентных векторов и пятикомпонентных векторов затрудняют понимание. Выбор маркировки расчетной сетки как «А» (гл. 3, §3.2, стр. 99) и точки снятия расчетных результатов как «А» (гл. 3, §3.2, стр. 98) нельзя считать удачными и продуманными.
2. Отсутствует обоснование выбора характеристической функции в формуле численного обращения преобразования Лапласа (гл. 1, §1.3, стр. 34: выражение для $\theta(z)$).
3. В диссертационной работе опущен вопрос по численному интегрированию с заданной точностью, а также вопрос по контролю за численным интегрированием по границе (например, получение значения инварианта Коши) (гл. 2, §2.4, стр. 66-67).
4. В гл. 3 §1.3 диссертации отмечается, что точность по вектору поверхностной силы хуже, чем по вектору поверхностных перемещений из-за разной степени их поэлементной аппроксимации (стр. 83, стр. 85). Однако, повысить точность схемы можно через построение шаговой схемы: через метод решения соответствующей задачи Коши.

Указанные недостатки не снижают теоретического и практического значения проведенных исследований и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертационная работа Григорьева Михаила Вячеславовича носит законченный характер и удовлетворяет основным требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Соискатель Григорьев Михаил Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент

Доцент кафедры «Соппротивление материалов,
динамика и прочность машин»

Московского авиационного института

(национального исследовательского университета)

к.ф.-м.н., доцент



Г.В. Федотенков

Адрес: Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, 125993.

E-mail: greghome@mail.ru.

Тел.: +7-916-459-83-63.

01.06.2022

Подпись Федотенкова Григория Валерьевича заверяю

Заместитель начальника

Управления по работе с персоналом



М. А. Иванов