

## ОТЗЫВ

официального оппонента Хроматова Василия Ефимовича  
на диссертационную работу Арутюняна Арона Маратовича  
**«Нестационарное контактное взаимодействие жесткого штампа и  
упругого полупространства с заглубленными полостями»**,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности  
01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

### **Актуальность темы исследования**

Важность и необходимость исследования динамического контактного взаимодействия ограниченных тел с полуограниченными упругими областями сложного строения, возникают из-за проблем в областях: сейсмостойкости и виброзащиты сооружений, расчета уровня и характеристик воздействия на здания и сооружения техногенных колебаний, распространяющихся в грунте, сейсморазведки полезных ископаемых и др. Решения задач о воздействии штампа на упругое полупространство в стационарной и нестационарной постановке без полостей и неоднородностей известны, однако в настоящее время отсутствуют аналитические решения контактных задач о нестационарном воздействии ударников на упругое полупространство с заглубленными полостями произвольной геометрии, и расположения. В связи с вышеизложенным, тема диссертационной работы несомненно является актуальной.

### **Краткое содержание работы**

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, содержащего 167 наименований, 53 из которых зарубежные издания. Общий объем диссертации составляет 97 страниц, включая 28 рисунков.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы; сформулирована цель исследования; определены научная новизна, объект и предмет исследования, теоретическая и практическая значимость работы.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

09.12.2020

**В первой главе** выполнен обзор литературы, связанный с темой проводимого исследования. Приведена постановка нестационарных контактных задач для абсолютно твердых ударников и упругого полупространства с полостями. Рассмотрены нестационарные задачи для однородного упруго полупространства, имеющего заглубленную полость, ограниченную гладкой кривой. Также приведена замкнутая постановка задачи, включающая уравнения движения упругого полупространства, условия контакта, начальные и граничные условия на границе полупространства и границе полости, и нестационарные объемные функции влияния для упругой плоскости.

**Во второй главе** приводится разработанный метод и алгоритм решения плоских нестационарных задач для областей произвольной геометрии, базирующиеся на динамической теореме взаимности работ двумерной нестационарной теории упругости и формулах Сомильяны, которые использованы для формирования разрешающих уравнений нестационарных задач для двумерных областей произвольной геометрии. Приведена система разрешающих уравнений, дополненная выбором контрольных решений и формированием дискретного аналога системы разрешающих уравнений.

**В третьей главе** приводится постановка нестационарной контактной задачи о воздействии штампа на полупространство из первой главы, описание алгоритма решения и примеры расчетов. Также приведена система разрешающих уравнений и алгоритм решения, с учетом частичного отрыва граничных поверхностей ударника и полупространства, примененные к решению конкретной нестационарной контактной задачи.

**В заключении** приведены и обобщены основные результаты исследований диссертационной работы и определены перспективы дальнейшей разработки темы. Текст диссертации написан лаконично, стилистически грамотно.

## **Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается корректным применением известных математических методов, основанных на известных уравнениях механики деформируемого твердого тела. Для решения начально-краевой задачи используются известные методы математической физики. Указано на качественное совпадение полученных результатов с известными результатами решения статических контактных задач.

### **Научная новизна**

Научная новизна данной диссертационной работы характеризуется следующим:

- построена замкнутая математическая постановка плоских нестационарных контактных задач для абсолютно твёрдых ударников и упругого полупространства с заглубленными полостями;
- разработан и реализован на ЭВМ оригинальный алгоритм решения, основанный на методе граничных интегралов с дополнительной итерационной процедурой, позволяющей учитывать частичный отрыв граничных поверхностей ударника и полупространства в области контакта;
- проведено параметрическое исследование процесса нестационарного контакта абсолютно твёрдого прямоугольного в плане штампа с полупространством, имеющим заглубленную полость.

### **Значимость полученных результатов для науки и практики**

Существенный вклад автора состоит в развитии метода функций влияния и его применения к решению контактных задач нестационарной теории упругости.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы в инженерной практике проектными и исследовательскими организациями при проектировании и расчете зданий и сооружений при воздействии природных

и техногенных колебаний, распространяющихся в грунте; при разработке нормативных документов в области строительных конструкций и оснований.

#### **Публикации основных результатов диссертации в научных изданиях**

Основные материалы диссертации опубликованы в восемнадцати печатных работах, из них 2 в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, в издании, входящем в МБД Scopus, доложены на различных международных конференциях, включая Международный симпозиум «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» им. А.Г. Горшкова 2016-2020 гг. Опубликованные научные труды полностью соответствуют теме и содержанию диссертации.

#### **Соответствие автореферата основным положениям и выводам диссертации**

В автореферате на диссертационную работу достаточно полно раскрыто ее содержание и сохранено структурное построение.

#### **Замечания по диссертационной работе**

1. Следовало бы сравнить полученные результаты с решением, полученным с помощью численных методов, например, с помощью метода конечных элементов.
2. Желательно было бы рассмотреть пример, в котором область нестационарного воздействия находится вне контура  $\Gamma$ , т.е. в произвольной подобласти полупространства. Примеры с расчетом простой формой полости цилиндрической или сферической и по возможности сравнить с известными в литературе результатами.
3. Список литературы чрезмерно большой, содержит классические работы по теории упругости, теории пластин и оболочек, которые не имеют прямого отношения к решаемым в диссертации задачам. По тексту диссертации встречаются опечатки в ссылках на формулы, например, на странице 48 абзац 3 и на странице 52 абзац 2.

Высказанные замечания не снижают общую положительную оценку работы, имеющей важное научное и практическое значение.

## Общее заключение по работе

Диссертация представляет законченную научно-квалификационную работу, соответствует специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела». В работе выполнены все поставленные цели и получены практически значимые результаты. Выводы представляются достоверными и научно обоснованными. Диссертация и автореферат соответствуют критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.

Автор диссертации **Арутюнян Арон Маратович** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Профессор ФГБОУ ВО Национальный  
исследовательский университет

"Московский Энергетический институт",

профессор кафедры "Робототехника,

мехатроника, динамика и прочность

машин",

к.т.н., профессор



Хроматов Василий Ефимович

7.12.2020

Специальность 01.02.06 – «Динамика,

прочность машин, приборов и аппаратуры».

Адрес места работы: 111250, г. Москва, улица Красноказарменная, д. 14;

тел. 8 (495) 362-77-00; e-mail: [KhromatovVY@mpei.ru](mailto:KhromatovVY@mpei.ru)

Подпись профессора Хроматова В.Е. заверяю



ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА  
ПО РАБОТЕ С ПЕРСОНАЛОМ  
Л.И.ПОЛЕВАЯ