

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям

СФГУ имени Гагарина Ю.А.

член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор

А.А. Сытник



## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Арутюняна Арона Маратовича на тему: «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.** Задача, связанная с исследованием динамического контактного взаимодействия ограниченных тел с полуограниченными упругими областями сложного строения, является важной и актуальной. Несмотря на уже имеющиеся исследования в данной области, остаются вопросы, связанные с отсутствием аналитических решений контактных задач о нестационарном воздействии ударников на упругое полупространство с заглубленными полостями произвольной геометрии, и расположения. Эти вопросы приобретают особенную актуальность при виброзащите зданий и сооружений, при расчете инженерных конструкций и строительных сооружений, находящихся в сейсмоопасных районах.

**Структура и содержание диссертационной работы.** Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающего 167 источников. Общий объем диссертации составляет 97 страниц, включая рисунки.

Во введении обоснована актуальность выбранного направления исследования; сформулирована цель работы; определены объект, предмет и методы исследования; обоснованы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; указан личный вклад автора.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«14» 12 2020

В первой главе проведен обзор основных этапов развития теории контактного взаимодействия ограниченных тел с полуограниченными упругими областями, в том числе, имеющими внутренние полости. Приведены уравнения движения упругого полупространства, начальные и граничные условия, представлены нестационарные объемные функции влияния для упругой плоскости.

Вторая глава посвящена разработке метода и алгоритма решения плоских нестационарных задач для областей произвольной геометрии: описана теорема взаимности работ двумерной нестационарной теории упругости, получена формула Сомильяны и основное разрешающее уравнение для плоских нестационарных задач теории упругости, построена система разрешающих уравнений нестационарных задач для двумерных областей произвольной геометрии, приведен выбор пробных решений и формирование дискретного аналога системы разрешающих уравнений.

В третьей главе описана постановка задачи для полупространства с внутренней полостью, приводится система разрешающих уравнений, предлагается алгоритм решения. В отдельном параграфе описана процедура учета частичного отрыва граничных поверхностей ударника и полупространства. Приводятся примеры расчетов и графические результаты: перемещения центра масс ударника  $w_c$  в зависимости от времени, зависимость скорости  $V$  центра масс ударника от времени, распределения контактного давления  $p = -\sigma_n|_{y=0}$  под подошвой ударника в определенные моменты времени, перемещения подошвы ударника  $w_s(x, \tau)$  в определенные моменты времени, распределения нормальных перемещений границы полупространства  $w = u_n|_{y=0}$  в определенные моменты времени.

Заключение содержит общие выводы по диссертации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Диссертация написана ясным и понятным языком, изложение материала является достаточно строгим. Разделы диссертации имеют законченный характер. Диссертация обладает внутренним единством и содержит достаточное количество

рисунков, иллюстрирующих постановку решаемых задач и полученных результатов расчетов.

Результаты диссертационного исследования изложены в восемнадцати печатных работах, из них 2 в рецензируемых журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, соискание ученой степени доктора наук, 17 в сборниках трудов конференций и тезисов докладов.

**Научная новизна результатов работы.** Основными результатами работы, составляющими ее научную новизну, являются:

- постановка задачи и система разрешающих уравнений нестационарных задач для двумерных областей произвольной геометрии;
- метод и алгоритм расчета нестационарного контактного взаимодействия жесткого штампа и упругого полупространства с заглубленными полостями;
- учет частичного отрыва граничных поверхностей ударника и полупространства.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов работы.** 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.

Также результаты работы при соответствующей доработке и обобщении могут быть использованы применительно к развитию отечественных нормативных документов, а также для внедрения результатов в учебный процесс в высших учебных заведениях физико-математической, технической и строительной направленностей.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений.** Обоснованность и достоверность представленных в диссертации научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается применением автором общепризнанных математических моделей, методов расчета и расчетных технологий, а также качественным соответствием полученных результатов на

начальном этапе взаимодействия известным решениям статических и динамических контактных задач для полупространства без полостей.

**Значимость полученных автором диссертации результатов для науки и производства.** Автором разработан и реализован 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 штампа с полупространством, имеющим заглубленную полость. Эти результаты имеют важное значение для механики нестационарного контактного взаимодействия твёрдых деформируемых тел.

**Автореферат** соответствует основным положениям диссертации и в полной мере отражает ее содержание.

В 18 научных публикациях автора достаточно подробно изложено содержание диссертационного исследования. Среди опубликованных работ имеются статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК и индексируемых в Scopus.

#### **Замечания по работе.**

1. Следовало бы определить напряженно-деформированное состояние не только на границах расчётной области, но и во внутренних точках полупространства, что позволило бы наиболее полно исследовать нестационарное НДС в процессе контактного взаимодействия. Это можно сделать с применением приведённых в диссертации формул Сомильяны.
2. В качестве расчётного примера можно было бы рассмотреть задачу о распространении граничных возмущений от полости.
3. Несмотря на то, что в диссертации приведена качественная оценка результатов в сравнении со статическими задачами, можно было бы сравнить результаты расчета с результатами решений динамических задач при отсутствии полости.

Однако указанные выше замечания не влияют, в целом, на положительную оценку диссертационной работы.


**Заключение по работе.** Диссертация Арутюняна Арона Маратовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится

решение научной задачи нестационарного контактного взаимодействия жесткого штампа и упругого полупространства с заглубленными полостями, имеющей существенное значение для развития механики деформируемого твердого тела. Диссертация соответствует специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела». Диссертационная работа «Нестационарное контактное взаимодействие жесткого штампа и упругого полупространства с заглубленными полостями» отвечает критериям, установленным Положением «О порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842) на соискание ученой степени кандидата наук. В частности, она удовлетворяет пунктам 9-11, 13, 14 указанного Положения, а ее автор, Арутюнян Арон Маратович заслуживает присуждения искомой ученой степени.

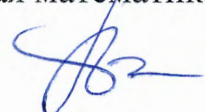
Настоящий отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Прикладная математика и системный анализ» СГТУ имени Гагарина Ю.А., протокол № 5 от «09» декабря 2020 г.

Отзыв составили:

Заведующий кафедрой «Прикладная математика и системный анализ» СГТУ имени Гагарина Ю. А.  
д.ф.-м.н., профессор

  
09 декабря 2020  
Землянухин А.И.

Профессор, д.т.н., профессор кафедры «Прикладная математика и системный анализ» СГТУ имени Гагарина Ю. А.

  
Попов В.С.

Контактные данные организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», 410054, Российская Федерация, г. Саратов, ул. Политехническая, 77. Телефон: 8(452) 998811.

E-mail: [sstu\\_office@sstu.ru](mailto:sstu_office@sstu.ru) Официальный сайт: <http://www.sstu.ru/>