

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора,

Игумнова Леонида Александровича

**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 работы

На сегодняшний день многие важные практические задачи связаны с исследованием динамического контактного взаимодействия ограниченных тел с полуограниченными упругими областями сложного строения, в качестве которых в современном строительстве может выступать грунтовый массив. В грунтовом массиве часто присутствуют неоднородности (нарушения структуры) как естественного (карстовые полости, более жесткие включения), так и искусственного (различные коммуникации, тоннели метрополитена, заглубленные хранилища отходов и др.) происхождения. Поэтому существенным является вопрос о степени влияния подобных неоднородностей на генерируемые в массиве с неоднородностью волновые поля. В связи с этим, выбор в качестве темы диссертации исследования нестационарного контактного взаимодействия жесткого штампа и упругого полупространства с заглубленными полостями представляется **актуальным**.

Краткое содержание работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 167 источников. Общий объем работы составляет 97 страниц текста. В тексте диссертации имеются 28 рисунков.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«14» 12 2020

Во введении изложена и обоснована актуальность выбранного направления исследований, сформулированы цели, поставленные в работе, заявлена её научная новизна и практическая значимость.

В первой главе описывается современное состояние исследований, начиная от решения задач линейной теории упругости с простой геометрией, начальными и граничными условиями до текущего периода. Кратко описываются задачи Буссинеска (1885 г.) и Фламана (1892 г.), которые относятся к статическим задачам. Также описывается задача о динамике упругого изотропного полупространства при задании в виде дельта-функции нормального напряжения на его границе – задача Лэмба. Приведены сведения об ученых, которые занимались развитием метода граничных элементов. Глава также содержит анализ современных работ, посвященных взаимодействию упругих тел с полупространством, описанных в трудах Горшкова А.Г., Игумнова Л.А., Тарлаковского Д.В., Федотенкова Г.В., Сеймова В.М., Александрова В.М., Воровича И.И., Бабешко В.А., Галина Л.А. и других ученых. Даются постановки нестационарных задач для однородного упруго полупространства $y \geq 0$, имеющего заглубленную полость, ограниченную гладкой кривой γ , приводятся условия контакта, начальные и граничные условия.

Вторая глава посвящена методу и алгоритму решения плоских нестационарных задач для областей произвольной геометрии. В данной главе постановки двумерных нестационарных задач теории упругости сведены к разрешающим граничным интегральным уравнениям относительно искомых значений поля перемещений и напряжений на границе Γ рассматриваемой плоской области D , и получены формулы для определения полей перемещений и напряжений во внутренних точках области D . Получена система разрешающих уравнений нестационарных задач для двумерных областей произвольной геометрии

Третья глава посвящена постановке и алгоритму решения нестационарной контактной задачи для абсолютно жесткого штампа и

упругого полупространства с полостью. Алгоритм решения основан на прямом методе граничных интегралов. При этом в качестве пробных решений использованы фундаментальные и сингулярные решения для упругой плоскости. Особенностью предложенного автором алгоритма расчёта является разработанная итерационная процедура, позволяющая в процессе решения учитывать частичный отрыв граничных поверхностей ударника и полупространства в зоне контакта. Также приводятся примеры расчетов плоской нестационарной контактной задачи о внедрении абсолютно жесткого ударника, имеющего прямоугольное в плане сечение в полупространство с эллиптической полостью. Проанализировано влияние наличия полости в упругой среде. Результаты хорошо согласуются с решениями известных статических и динамических контактных задач для упругого полупространства без полости. Показано, что на начальном временном этапе, когда до границы полупространства не доходят отраженные от полости волны, контактные напряжения и перемещения границы полупространства имеют характер, аналогичный решениям контактных задач без полостей. В дальнейшем наличие полости оказывает существенное влияние, в частности, наблюдается несимметричный характер распределения контактного давления и отслоение граничных поверхностей в зоне контакта.

Научная новизна работы и практическая значимость состоят в выполненных автором детальных исследованиях и построении решений нового класса двумерных нестационарных контактных задач теории упругости, включающие: полученную систему разрешающих уравнений с использованием динамической теоремы взаимности работ и функций влияния для упругой плоскости, разработанный оригинальный алгоритм расчета, проведенное параметрическое исследование процесса нестационарного контакта абсолютно твёрдого прямоугольного в плане штампа с полупространством с заглубленной полостью. Полученные результаты могут быть использованы на практике при расчёте фундаментов

зданий и инженерных сооружений с учётом наличия полостей в грунте, в задачах сейсмозащиты и сейсморазведки. Построенные алгоритмы могут послужить основой для решения обратных задач о диагностировании наличия, расположения и восстановления геометрических характеристик полостей в грунте.

Публикации в полной мере отражают содержание работы. Основные материалы диссертации опубликованы в восемнадцати печатных работах, из них 2 в рецензируемых журналах, включенных в Перечень ВАК РФ, 17 в сборниках трудов конференций и тезисов докладов.

Апробация результатов исследования. Все основные результаты работы были предметом докладов, обсуждений и дискуссий на 7 российских и международных семинарах, конференциях и симпозиумах.

Текст **автореферата** соответствует содержанию диссертации.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций работы определяется корректностью постановки задач, строгостью применяемых математических методов, основанных на известных уравнениях механики деформируемого твердого тела, и методов математической физики.

Замечания по работе

1. Следовало бы более подробно рассмотреть вопрос о порядке особенностей, возникающих в окрестностях угловых точек штампа.

2. В качестве примера расчета можно было бы рассмотреть контактное взаимодействие штампа, ограниченного произвольной гладкой выпуклой поверхностью.

3. В качестве фундаментальных решений можно было использовать функции влияния для упругой полуплоскости. Это позволило бы уменьшить объём вычислений, поскольку при этом в качестве контуров интегрирования выступают лишь контур полости и контур области контакта.

Отмеченные замечания не снижают положительного впечатления о представленной диссертационной работе.

Общее заключение по работе

Диссертационная работа Арутюняна Арона Маратовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи о нестационарном контактном взаимодействии жесткого штампа и упругого полупространства с заглубленными полостями, и соответствует специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и соответствует критериям «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

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

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник НИИ механики Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, заведующий кафедрой теоретической, компьютерной и экспериментальной механики Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ННГУ)

**Игумнов
Леонид Александрович**

«09» *декабрь* 2020 г.

Адрес: 603950, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23.
Телефон: +7 (831) 462-30-85;
E-mail: unn@unn.ru,

Подпись Л.А. Игумнова заверяю:



Ученый секретарь
Игумнов