

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Маркова Николая Сергеевича на тему: «Решение задач механики для слоистых структур с неоднородностями», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Исследование поведения слоистых неоднородных структур является важной задачей, **имеющей большое практическое значение**. Любые новые результаты в этой области помогают при исследовании грунтов, моделировании операций взрыва, исследовании развития трещин.

Диссертация Н.С. Маркова посвящена расчету функции Грина для слоистых структур, а также разработке методов расчета скорости роста трещины гидроразрыва пласта.

Работа состоит из введения и трех глав. Во введении подчеркнута актуальность работы, изложены цель и практическая значимость работы. Приведены основные полученные в диссертации результаты и публикации автора по теме исследования.

В первой главе кратко описана история развития методов решения прикладных задач для слоистых структур. Представлен обзор работ в этой области.

Во второй главе **представлены основные новые** результаты: Предложен метод построения функции Грина слоистой среды для двумерного уравнения Лапласа и описывается способ оценки точности предложенного метода.

Разработано обобщение метода комплексных граничных интегральных уравнений на задачи для слоистых структур с неоднородностями. Решена задача о круговом отверстии с заданным на контуре потоком в слоистой среде, состоящей из двух полуплоскостей.

Разработан также метод построения функции Грина слоистой среды для трехмерного уравнения Ламе и решена задача о радиальной трещине, перпендикулярной границам слоев и находящейся под действием постоянного давления.

09/2-165 от 13.03.2020

**Новые результаты** получены также в третьей главе работы, в которой построена модифицированная псевдотрехмерная модель распространения плоской трещины в слоистой среде. Разработан принцип соответствия, позволяющий увеличить точность расчета геометрии трещины. Разработанный метод позволил получить точное решение в слоистой среде с произвольными сжимающими напряжениями.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается сравнением с некоторыми опубликованными численными и аналитическими результатами в этой области.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы для изучения слоистых материалов. Особое значение имеют результаты работы для изучения гидровыврыва пласта в слоистой среде. Любые уточнения при расчете геометрии трещины уменьшают финансовые риски при проведении гидровыврыва пласта. Разработанный метод расчета функции Грина может быть также использован в дальнейшей работе при моделировании трещин с произвольной ориентацией в пространстве, что может быть использовано при моделировании процессов в среде с естественной трещиноватостью. Представляется важным, что, как отмечается в работе, результаты работы применяются в ООО "Газпромнефть НТЦ" при планировании операции гидроразрыва пласта.

Несмотря на полученные новые результаты и несомненные достоинства работы, по тексту диссертации имеются следующие замечания.

1. В работе обсуждаются вопросы о минимизации времени расчета функции Грина. Предлагается подход, «при котором достигается заданная точность расчета функции Грина при минимальном времени расчета». Было бы интересно привести конкретные данные, связанные со временем решения данной задачи.
2. В тексте диссертации имеется ряд опечаток, не все обозначения сразу определяются и удачно используются. Например, на стр.32 вводится обозначение  $G$  - проницаемость  $G$  (без индекса слоя), и на следующей строке обозначение  $G$  используется для модуля сдвига рассматриваемой области. Было бы полезно дать более полное объяснение понятия "проницаемость", используемого в работе.

Сделанные замечания не снижают значения работы для теории и практики.

Диссертация Маркова Николая Сергеевича на тему: «Решение задач механики для слоистых структур с неоднородностями» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Марков Николай Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры теоретической и прикладной механики  
математико-механического факультета СПбГУ



Бауэр Светлана Михайловна

10.3.2020