



Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский государственный  
технический университет имени Н. Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н. Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
тел. +7 (499) 263-63-91, факс +7 (499) 267-48-44  
bmstu.ru bauman@bmstu.ru  
ОГРН 1027739051779  
ИНН 7701002520 КПП 770101001

Председателю диссертационного  
совета 24.2.327.07 на базе  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Московский авиационный  
институт (национальный  
исследовательский университет)»

д.ф.-м.н., профессору,  
Тарлаковскому Д.В.

125993, г. Москва, Волоколамское  
ш., д.4

04.10.2023 № 04-10/11086

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Отзыв ведущей организации

Уважаемый Дмитрий Валентинович!

Направляю Вам отзыв ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им.Н.Э.Баумана) на диссертацию Зверева Николая Андреевича «Моделирование одномерных нестационарных механодиффузионных процессов в многокомпонентных цилиндрических телах», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела».

Приложение: 1. Отзыв ведущей организации на 5 л. в 2 экз.

*С уважением,*  
Проректор по науке и цифровому  
развитию, д.э.н., профессор



П. А. Дроговоз  
отдел документационного  
обеспечения МАИ

6 10 2023

Утверждаю

Проректор по науке и цифровому  
развитию МГТУ им. Н.Э. Баумана  
д.э.н., профессор

П.А. Дроговоз

2023 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Зверева Николая Андреевича  
«Моделирование одномерных нестационарных механодиффузионных  
процессов в многокомпонентных цилиндрических телах», представленную  
к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических  
наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела».

Диссертационная работа Зверева Н.А. посвящена фундаментальным и  
прикладным исследованиям в области решения нестационарных задач  
механики связанных полей, в частности задач механодиффузии для  
цилиндрических тел. По сути, используемая в работе модель является  
расширением классических моделей упругости, которая учитывает  
необратимость физических процессов, обусловленную наличием  
диффузионных потоков.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка  
цитируемой литературы, насчитывающей 123 источника, из них 66  
иностранных, что говорит о том, что рассматриваемая проблема является  
актуальной не только в России, но и за рубежом. Основные результаты

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«6» 10 2023.

диссертации опубликованы в 41-й работе, 5 из которых – в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК.

**Вводная часть** содержит обзор проблемы и краткое содержание диссертации по главам.

**В первой главе** диссертации приводится аналитический обзор публикаций, посвящённых моделям механики связанных полей, в частности моделям механодиффузии с учётом релаксации диффузионных потоков. На основании обзора автор делает вывод о недостаточной на сегодняшний день проработанности проблемы в части построения аналитических решений задач механодиффузии для тел с криволинейными границами. Далее формулируется постановка одномерной задачи механодиффузии для цилиндрических тел, даётся краткое описание алгоритма решения поставленной задачи, который основывается на использовании метода эквивалентных граничных условий, суть которого заключается в том, что вместо поставленной задачи рассматривается вспомогательная задача, описываемая теми же уравнениями, имеющая ту же область решения, но отличающаяся от исходной задачи граничными условиями. Последние выбираются таким образом, чтобы была возможность получить аналитическое решение вспомогательной задачи, например, методом разделения переменных.

**Вторая глава** посвящена построению собственных функций одномерного упругодиффузионного оператора в цилиндрической системе координат, которые используются в дальнейшем для построения решения задач, сформулированных в главе 1.

В начале главы даётся постановка и приводится алгоритм решения задачи Штурма-Лиувилля. Далее, используя найденные собственные функции построены интегральные преобразования, применяемые в дальнейшем при построении решений задач для сплошного и полого цилиндров, находящихся под действием нестационарных упругодиффузионных возмущений.

**В третьей главе** излагается алгоритм решения одномерной нестационарной задачи механодиффузии для однородных ортотропных

многокомпонентных сплошных цилиндрических тел, который заключается в том, что вначале методом разделения переменных находятся функции Грина для вспомогательной задачи. Далее строятся соотношения, связывающие правые части граничных условий обеих задач, и представляющие собой систему интегральных уравнений Вольтерры 1-го рода. Полученная система уравнений решается численно, с помощью квадратурных формул средних прямоугольников.

В конце приводится ряд расчетных примеров, которые позволяют проанализировать эффекты взаимодействия механического и диффузионного полей в деформируемых цилиндрических телах, а также оценить влияние релаксационных процессов на кинетику массопереноса.

**Четвертая глава** по структуре аналогична третьей и отличается тем, что в ней рассматриваются задачи механодиффузии для полых цилиндрических тел.

**В заключении** приведены основные выводы работе.

**Научная новизна.** Следует отметить, что рассматриваемые задачи носят фундаментальный, так и прикладной характер, и их разработка является вкладом в развитие аналитических и численно-аналитических методов решения нестационарных задач механики связанных полей.

**Достоверность полученных результатов** обоснована строгостью математических формулировок задач, апробированных методов решения начально-краевых задач и строго доказанных утверждений. Кроме того, проведено сравнение результатов с известными решениями задач теории упругости.

**Практическая ценность** состоит в том, что используемые в диссертации математические модели и алгоритмы решений нестационарных задач механодиффузии могут быть использованы для расчета различных технических систем: валы, трубопроводы, системы отопления, которые эксплуатируются в условиях нестационарных внешних воздействий различной физической природы.

Результаты исследований прошли **апробацию** на всероссийских конференциях и научных семинарах, проводимых ведущими российскими учеными в области механики деформируемого твердого тела.

Автореферат имеет чёткую структуру и полностью отражает содержание диссертации. Материал изложен в ясной и доступной для понимания форме.

По диссертации имеются следующие **замечания**:


1. В работе учитываются релаксационные диффузионные эффекты на основе модели Максвелла-Каттанео. Эта модель является одной из первых модификаций классических законов Фурье и Фика. Однако современная теория тепломассопереноса строится на более совершенных моделях Лорда-Шульмана, Грина-Линсди, Грина-Нагди и т.д. О них упоминается в обзоре, но в самой работе они почему-то не используются, хотя это существенно добавило бы ей научной новизны.
2. Используемый в работе метод эквивалентных граничных условий предполагает численное решение интегральных уравнений с помощью квадратурных формул. Было бы хорошо дать оценку точности полученных решений.
3. В работе не рассматриваются эффекты, обусловленные теплопереносом, но, тем не менее, постановка задачи содержит начальную температуру среды  $T_0$ , как некий постоянный параметр. Так как скорость диффузии существенно зависит от температуры, то было бы интересно оценить влияние данного параметра на упругодиффузионные процессы в рассматриваемых цилиндрических телах.

Тем не менее, указанные замечания не снижают научной ценности представленной научной работы. В целом, диссертация Зверева Н.А. выполнена на высоком научном уровне и удовлетворяет всем требованиям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Зверев Н.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – "Механика деформируемого твердого тела".

Результаты диссертации были доложены соискателем на научном семинаре кафедры «Вычислительная математика и математическая физика» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». Настоящий отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Вычислительная математика и математическая физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана от «04» октября 2023 года.

Заведующий кафедрой  
«Вычислительная математика и  
математическая физика»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
д.ф.-м.н., профессор

  
Димитриенко Ю.И.

Адрес: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
тел. +8(499) 263-64-45,  
e-mail: [dimit@bmstu.ru](mailto:dimit@bmstu.ru),



Подпись Димитриенко Юрия Ивановича заверяю

Сведение о должностном лице  
заверяющем подпись  
(степень, звание, должность)

М.П.

*С отзывом ознакомлен*

*06.10.23*

*3/*