

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 24.1.055.2,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ГИДРОДИНАМИКИ  
ИМ. М.А. ЛАВРЕНТЬЕВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК, МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 02.03.2026 № 2

О присуждении Ефимову Евгению Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование волновых движений в структурно-неоднородных средах блочного строения в пространственной постановке» по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела» принята к защите 10 ноября 2026 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом Д 24.1.055.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 15, созданным приказом № 1842/нк Минобрнауки России от 26.09.2023 г.

Соискатель Ефимов Евгений Александрович, 01 июня 1995 года рождения, в 2019 г. окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, в 2023 г. окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, работает в должности инженера в Институте вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), Министерство

науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Садовский Владимир Михайлович, работает в Институте вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленном подразделении ФИЦ КНЦ СО РАН в должности главного научного сотрудника, заведующего отделом вычислительной механики деформируемых сред.

Официальные оппоненты:

Лавриков Сергей Владимирович, доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук;

Хачкова Татьяна Станиславовна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» г. Долгопрудный, в своем положительном отзыве, подписанном Фаворской Алёной Владимировной, доктором физико-математических наук, профессором кафедры вычислительной физики, и утвержденным Баганом Виталием Анатольевичем, кандидатом физико-математических наук, проректором по научной работе, указала, что диссертационная работа Ефимова Евгения Александровича удовлетворяет пунктам 9-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», соответствует всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Ефимов Евгений Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, в том числе 6 статей в журналах,

рекомендованных ВАК РФ, 6 публикаций индексируемых в Web of Science и/или Scopus, 2 статьи индексированы Scopus, одно свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. Все результаты получены соискателем лично либо при его непосредственном участии. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы:

1. **Ефимов, Е. А.** Моделирование распространения волн в блочной среде с тонкими вязкоупругими прослойками в пространственной постановке / Е.А. Ефимов // Сибирский журнал индустриальной математики – 2024. – Т. 27. – №4 – С. 20–33. – DOI: 10.33048/SIBJIM.2024.27.402.

2. **Efimov, E. A.** Wave Propagation in a Blocky-layered Medium with Thin Interlayers / E. A. Efimov, V. M. Sadovskii // Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics – 2025. – Vol. 18. – №1. – P. 119–129.

3. **Ефимов, Е. А.** Численный анализ воздействия импульсного сейсмоисточника на приповерхностные грунты / Е. А. Ефимов // Вестник Башкирского университета – 2022. – Т. 27. – №3. – С. 502–507. – DOI: 10.33184/bulletin-bsu-2022.3.2.

4. Садовский, В. М. Одномерные разностные схемы для реализации метода расщепления осесимметричных уравнений динамики упругой среды / В. М. Садовский, О. В. Садовская, **Е. А. Ефимов** // Вычислительные методы и программирование – 2021. – Т. 22. – №1. – С. 47–66. – DOI: 10.26089/NumMet.v22r104.

5. **Ефимов, Е. А.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615731 Российская Федерация. Программа расчёта задач динамики трёхмерных блочно-слоистых сред с упругими блоками и тонкими упругими прослойками (3D\_blocky\_elast\_waves): заявл. 21.02.2025 : опубл. 07.03.2025.

На автореферат диссертации поступило 10 отзывов:

1. От доктора физико-математических наук Филимонова Михаила Юрьевича, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург;

2. От доктора физико-математических наук Ерофеева Владимира Ивановича, профессора, директора Института проблем машиностроения РАН

– филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук», г. Нижний Новгород;

3. От доктора физико-математических наук Скрипняка Владимира Альбертовича, профессора, заведующего кафедрой механики деформируемого твердого тела Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск;

4. От доктора физико-математических наук Чанышева Анвара Исмагиловича, профессора, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск;

5. От доктора физико-математических наук Радченко Андрея Васильевича, профессора, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, и от доктора физико-математических наук Радченко Павла Андреевича, доцента, научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск;

6. От доктора физико-математических наук Шера Евгения Николаевича, профессора, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск;

7. От доктора физико-математических наук Чертовой Надежды Васильевны, старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск;

8. От доктора технических наук Труфанова Александра Николаевича, профессора кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь;

9. От доктора физико-математических наук Буренина Анатолия Александровича, члена-корреспондента РАН, главного научного сотрудника

Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМиМ ДВО РАН) и от кандидата технических наук Прокудина Александра Николаевича ведущего научного сотрудника ИМиМ ДВО РАН, г. Комсомольск-на-Амуре.

10. От кандидата технических наук Манько Артура Владимировича, доцента кафедры механики грунтов и геотехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность диссертационного исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

Отзывы содержат следующие замечания:

1. Не ясно, подтвердили ли полученные в разделе 3.2 результаты расчётов наличие маятниковых волн, и, если да, то как меняется частота таких волн с увеличением податливости?

2. Можно ли применить уравнения блочной среды к моделированию высокопористых материалов с относительно жестким тонкостенным скелетом и податливым наполнителем, например, жидкостью в порах?

3. В работе приведены обширные численные данные, однако интерпретация некоторых результатов могла бы быть более детализированной. Например, полезно уточнить физические механизмы рассеяния, влияющие на исчезновение отражённого сигнала от заглубленного включения при больших податливостях прослоек.

4. Автор говорит о среде блочного строения, где имеются блоки и прослойки. Блочная среда, к которой относятся горные породы, характеризуется формой и размерами блоков, контактным трением. Контактное трение предполагает учёт порядка приложения нормальных и касательных нагрузок. На то, что кривые «касательное напряжение-сдвиги» отражают изменение предельной силы трения с ростом упругопластических сдвигов обращали внимание Ивлев Д.Д., Христианович С.А., Шемякин Е.И. На то, что в теории упругости не учитываются силы межатомного, межмолекулярного взаимодействия -- силы внутреннего взаимодействия отмечал Баренблатт Г.И. при исследовании поведения материалов вокруг трещины. Эти силы прижимают частицы -- блоки (берега трещин) к другу, когда к телу никакие внешние нагрузки не прикладываются. В модели

Ефимова Е.А. обсуждаются блоки, но не упоминаются силы внутреннего взаимодействия, нет диаграмм, отражающих изменение предельной силы трения с ростом сдвига на контактных площадках. Эта модель больше соответствует решётке атомов, способных притягиваться к друг другу или отталкиваться в соответствии с потенциалом Ленарда-Джонса. Замечание касается терминологии относительно блочной модели среды, не снижает научной ценности защищаемых результатов.

5. Из текста автореферата не ясно, была ли решена задача о распространении плоской поперечной волны через упругий слой и прослойку, представляющую границу раздела?

6. При каком угле падения приведены зависимости относительной погрешности на рис.2? Как изменятся эти результаты при других углах падения волны?

7. Численные решения задач, описанные согласно автореферату в разделах 1.4, 2.3, 2.6, 3.2, несомненно представляют научную и практическую ценность. Однако не ясно, хоть одна из этих задач рассматривалась при разных определяющих соотношениях для блоков и прослоек? Результат сравнения решений одной задачи при разных свойствах структурных элементов блочной среды представляют научный интерес.

8. На рисунках 5(a),(b),(c),(d) пропущены размерности ускорений на оси ординат. Поскольку время на указанных рисунках указано в мс, не вполне очевидны ускорения материальных частиц. Следует отметить, что в оригинальной статье В.А. Сарайкина, А.Г. Черникова и Е.Н. Шера (2015, ПМТФ) экспериментально измеренные ускорения, с которыми сопоставляются результаты расчётов диссертанта, были указаны в  $\text{м/с}^2$ .

9. На рисунке 4 отсутствует обозначение параметра на оси ординат и его размерности.

10. Отсутствие пояснений всех используемых символов в соотношениях и уравнениях, а также отсутствующая нумерация всех уравнений, затрудняет восприятие представленных результатов.

11. В первой главе на примере задачи Лэмба проводится сравнение с дискретно-периодической моделью блочной среды. Для многоблочной среды было бы также полезно провести сравнение с континуальными моделями, например, с анизотропной упругой средой или с моделью моментного континуума.

12. Соотношения (2), повторяющиеся применительно к разным задачам, необходимо более подробно объяснить для читателя. Иначе остаётся догадываться, что штрихами обозначены параметры прослойки. То же самое можно сказать и об индексах P и S и т.д.

### 13. Термин «более податливая прослойка» необходимо пояснить.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается авторитетностью и компетентностью официальных оппонентов, и широкой известностью достижений ведущей организации в области наук, по которой выполнена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Проведён анализ отражения и преломления плоских монохроматических волн в среде с тонкой упругой прослойкой и оценены границы применимости предложенной модели прослойки.
2. Для решения задач распространения волн в блочных средах применена пространственная модель с тонкими прослойками, учитывающая вязкоупругие свойства блоков и прослоек, а также упругопластичность, пористость и разномодульность прослоек.
3. Разработан алгоритм решения динамических задач на основе метода расщепления по пространственным переменным с применением разностных схем Годунова С.К. и Иванова Г.В. Разработан комплекс программ для высокопроизводительных вычислительных систем кластерной архитектуры.
4. Численно исследованы задачи динамики блочных сред. На примере задачи Лэмба указаны особенности распространения волн и проведено сравнение с дискретно-периодической моделью блочной среды. Рассмотрена модельная задача о развитии пластической деформации во включении, заглубленном в блочном полупространстве, при воздействии ударной нагрузки на свободной поверхности, проиллюстрировано влияние типа укладки блоков и параметров блочной среды на объём пластически деформированного материала.
5. Для модели с упругими блоками и вязкоупругими прослойками проведено сравнение с экспериментом, проведённым другими авторами. Показано удовлетворительное соответствие экспериментальным данным.
6. Проведены расчёты по моделированию волновых полей от импульсного сейсмоисточника в однородных грунтовых массивах и с учётом их структурной неоднородности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что развиты современные методы моделирования распространения возмущений в блочных средах с учётом особенностей процессов, происходящих в межблочных прослойках. Разработанные математические модели также могут быть

использованы при определении параметров структурно-неоднородных моделей.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработанные математические модели могут быть использованы для решения прямых задач сейсмоки и геодинамики, а также для интерпретации натуральных измерений распространения сейсмических сигналов в геологических средах.

Достоверность полученных в работе результатов обеспечивается: построением термодинамически корректных моделей, для которых выполнен закон сохранения энергии, верификацией разработанных численных алгоритмов на тестовых решениях, сопоставлением результатов вычислительного эксперимента и лабораторных измерений, опубликованных другими авторами.

Личный вклад соискателя состоит в решении задачи об отражении и преломлении плоских монохроматических волн в среде с тонкой упругой прослойкой, в разработке, программировании и тестировании алгоритмов, а также в написании комплекса параллельных программ, в проведении расчётов и обработке полученных результатов, в подготовке научных статей и докладов.

На заседании 02 марта 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Ефимову Евгению Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **15** человек, из них **8** докторов наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела», участвовавших в заседании, из **16** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **0** человек, проголосовали: за **15**, против **0**, недействительных бюллетеней **0**.

Председатель диссертационного совета,  
доктор физ.-мат. наук

Шутов Алексей Валерьевич

Учёный секретарь диссертационного  
совета,  
кандидат физ.-мат. наук

Бойко Светлана Владимировна

02 марта 2026 г.

