

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.141.03
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ
УПРАВЛЕНИЯ ИМЕНИ В.М. МАТРОСОВА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «СИБИРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И
ИНФОРМАТИКИ» МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И
МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 1 июля 2021 г. № 51

О присуждении Зимину Антону Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численное моделирование размыва связного грунта» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 23 апреля 2021 г., протокол № 49, диссертационным советом Д 999.141.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 630090, ФИЦ ИВТ, пр. Академика Лаврентьева, 6, г. Новосибирск, Россия; Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 664033, ИДСТУ СО РАН, ул. Лермонтова, 134, г. Иркутск, Россия; федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 630102, СибГУТИ, ул. Кирова,

86, г. Новосибирск, Россия. Приказ Минобрнауки России от 09 ноября 2012 г., № 717/нк.

Соискатель Зимин Антон Игоревич 1990 года рождения, в 2012 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет», в 2015 году окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, работает старшим преподавателем на кафедре ЮНЕСКО по информационным вычислительным технологиям института фундаментальных наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Диссертация выполнена на кафедре ЮНЕСКО по информационным вычислительным технологиям института фундаментальных наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Захаров Юрий Николаевич, работает заведующим кафедрой ЮНЕСКО по информационным вычислительным технологиям института фундаментальных наук федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет».

Официальные оппоненты

Перминов Валерий Афанасьевич, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, профессор Отделения контроля и диагностики Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности,

Прокудин Дмитрий Алексеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, старший научный сотрудник лаборатории краевых задач механики сплошных сред, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, в своем положительном заключении, подписанном Вшивковым Виталием Андреевичем, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником лаборатории Суперкомпьютерного моделирования Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, указала, что диссертация Зимина А.И. полностью соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а сам соискатель заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 31 опубликованную научную работу (в скобках в числителе указан общий объем этого типа публикаций в печатных листах, в знаменателе – объем, принадлежащий лично автору), в том числе 1 статья (0.5 п.л./0.2 п.л.) в рецензируемом научном издании, рекомендованном ВАК для представления основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора или кандидата наук, 5 статей (2.8 п.л./1.7 п.л.) в рецензируемых журналах (Scopus и Web of Science), 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, а также 24 работы, опубликованные в материалах и тезисах всероссийских и международных конференций (3.7 п.л./2.8 п.л.).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

Милошевич, Х. Об одной модели размыва связного грунта и движения поверхностных волн / Х. Милошевич, Ю. Н. Захаров, Н. Контрец, **А. И. Зимин**, И. С. Нуднер, В. В. Рагулин // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – Т. 1 – № 2 (62) – С. 35–40.

Семенов, К. К. Лабораторные и численные исследования профиля волн цунами, распространяющихся по ровному дну / К. К. Семенов, И. С. Нуднер, В. В. Лебедев, Ю. Н. Захаров, **А. И. Зимин**, С. В. Стуколов // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2017. – № 4 – С. 5–15.

Захаров, Ю. Н. Модель двухкомпонентной вязкой несжимаемой жидкости в задаче набегания волны на препятствие / Ю. Н. Захаров, **А. И. Зимин** // Труды

ХІІІ всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – Санкт-Петербург, 2016. – С. 146–149.

Захаров, Ю. Н. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ номер 2017610030 «Программный комплекс для численного расчета динамики размыва связного грунта на дне водоема под действием внутреннего течения и диффузии „Cohesive Soil Erosion on the Bottom of Reservoirs“» / Ю. Н. Захаров, **А. И. Зимин**. – дата регистрации в Реестре программ для ЭВМ 09.01.2017.

Зимин, А. И. Численное моделирование образования волн в гидроволновом лотке с препятствием / А. И. Зимин // Труды XIV всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». – Санкт-Петербург, 2018. – С. 220–223.

Zakharov, Y. Two-Component Incompressible Fluid Model for Simulating Surface Wave Propagation / Y. Zakharov, **A. Zimin**, V. Ragulin // Mathematical Modeling of Technological Processes. – Almaty, Kazakhstan: Springer International Publishing, 2015. – P. 201–210.

Zakharov, Y. Two-component incompressible fluid model for simulating the cohesive soil erosion / Y. Zakharov, **A. Zimin**, I. Nudner, V. Ragulin // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 725 – P. 361–368.

Zakharov, Y. N. Mathematical modeling of a hydraulic flume for carrying out numerical experiments on coastal waves and erosion of cohesive soil / Y. N. Zakharov, **A. I. Zimin**, I. S. Nudner, M. E. Yashin // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1441 – No. 1 – P. 012182.

Помимо отзывов от оппонентов и ведущей организации на диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов (все отзывы положительные).

Это отзывы от: 1) **Нуднера И.С.** (д.т.н., ведущий научный сотрудник ОП «АО 31 ГПИСС» «НИЦ 26 ЦНИИ», г. Санкт-Петербург); 2) **Белолипецкого В.М.** (д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» Института вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (ИВМ СО РАН), г. Красноярск); 3) **Алексеева Г.В.** (д.ф.-м.н., руководитель группы Вычислительной аэрогидродинамики Отдела математической физики ИПМ ДВО

РАН, г. Владивосток); 4) **Каледина В.О.** (д.т.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией математического моделирования Новокузнецкого института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк); 5) **Задорина А.И.** (д.ф.-м.н., главный научный сотрудник лаборатории математического моделирования в механике Омского филиала ИМ СО РАН, г. Омск); 6) **Паничкина А.В.** (к.ф.-м.н., старший научный сотрудник Омского филиала ИМ СО РАН, г. Омск); 7) **Игнатьева В.Н.** (д.ф.-м.н., заслуженный деятель науки и техники Республики Татарстан, г. Казань) и **Анисимовой И.В.** (д.ф.-м.н., профессор кафедры Прикладной математики и информатики Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань); 8) **Мартюшова С.Н.** (д.ф.-м.н., профессор кафедры № 804 Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва); 9) **Семенова К.К.** (к.т.н., ученый секретарь Института компьютерных наук и технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург).

В отзывах высказаны следующие критические замечания (приведены наиболее существенные):

- 1) В работе представлены в основном результаты двумерных задач, тогда как куда больший интерес для моделирования процесса размыва связного грунта вызывает трехмерная постановка.
- 2) Для получения результатов численного моделирования используется разработанный и реализованный автором комплекс программ. В тексте диссертационной работы не приводится подробное описание архитектуры и пользовательского интерфейса этого комплекса.
- 3) Возможно, для описания процесса переноса и размыва связного грунта лучше подошла бы многоскоростная модель взаимодействия компонент.
- 4) Выбранная модель движения трехкомпонентной среды напоминает модель VOF, тогда как на защиту выносятся разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений. В чем отличие предложенной модели от модели VOF?
- 5) Применение ламинарной модели течения в рассматриваемой области требует обоснования.

- 6) В работе указано, что используется односкоростная модель. При определенных условиях отдельные частицы грунта оседают под воздействием силы тяжести. Каким образом это учитывается в модели?
- 7) Предложенный алгоритм намокания связного грунта зависит лишь от концентрации грунта вблизи твердых слоев. Было бы целесообразно учитывать также касательное напряжение, которое поток жидкости оказывает на грунт.
- 8) В автореферате не представлена информация о том, какие еще существуют соотношения для определения вязкости многокомпонентной среды.
- 9) Из автореферата неясно, учитывается ли подвижность границы размываемого грунта при решении уравнения движения жидкости.
- 10) Из содержания автореферата неясно, какие обычно значения плотности и вязкости имеют связные грунты.
- 11) Недостатком работы, пожалуй, является отсутствие более широкого сравнения результатов расчетов с существующими моделями для задач по возникновению и распространению поверхностных волн.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью тематики исследования оппонентов и ведущей организации к теме диссертации Зимина А.И., а также тем, что результаты, полученные за последние годы оппонентами и в ведущей организации, публикуются в ведущих мировых журналах по тематике диссертационного исследования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена модель односкоростной трехкомпонентной вязкой несжимаемой жидкости с переменными вязкостью и плотностью и наличием диффузии массы между компонентами для задач размыва и переноса связного грунта под действием внутреннего течения, поверхностных волн, диффузии и намокания связного грунта в воде;

предложен численный алгоритм решения системы уравнений односкоростной трехкомпонентной вязкой несжимаемой жидкости с переменными вязкостью и плотностью и наличием диффузии массы между компонентами;

предложена численная модель процесса размокания твердых слоев связного грунта;

разработан программный комплекс для численного расчета намкания, размыва и переноса связного грунта, движения поверхностных волн и взаимодействия поверхностных волн и донного связного грунта;

проведена валидация алгоритма размокания на лабораторном эксперименте Hole Erosion Test (HET) по размыву отверстия в грунте потоком жидкости;

проведена валидация модели односкоростной трехкомпонентной вязкой несжимаемой жидкости на данных следующих лабораторных экспериментов: обрушение столба жидкости, образование и распространение одиночной волны в гидроволновом лотке «23 ГМПИ» филиала ОАО «31 ГПИСС», возникновение поверхностной волны вследствие схода жидкого подводного оползня по наклонному дну.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации результативно (с получением обладающих новизной результатов) использованы методы математического моделирования и механики сплошных сред, численные методы и эксперименты;

изложены элементы теории предложенных численных методов и численные алгоритмы;

изучены существующие математические модели размыва связного грунта и обоснована необходимость разработки новой математической модели процесса размыва связного грунта вблизи морских сооружений;

показана возможность математического и численного моделирования для изучения процессов размыва связного грунта под действием внутреннего течения, поверхностных волн, намкания и диффузии грунта в воде.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны математическая модель, алгоритмы и программный комплекс для исследования процесса размыва связного грунта вблизи морских сооружений под действием внутреннего течения, поверхностных волн, намкания и диффузии грунта в воде; разработанный программный комплекс был использован для решения задач в рамках государственного задания Министерства образования и науки в проекте № 1.630.2014/К «Моделирование течения жидкости с

переменной плотностью и вязкостью при решении прикладных задач» в части моделирования процесса размыва связного грунта, в научном проекте при поддержке гранта РФФИ № 17-31-50065 «Численное моделирование взаимодействия поверхностных волн и препятствия, стоящего на связном грунте», в рамках работы по государственным заданиям № 0316-2016-0001 проекта № 2 «Разработка и тестовые испытания новых элементов математической технологии решения фундаментальных и прикладных задач зарождения, трансформации и воздействия на побережье длинных поверхностных волн в природных и искусственных акваториях (в акваториях различного масштаба)» и № 0316-2019-0001 «Разработка и исследование новых элементов вычислительной технологии решения фундаментальных и прикладных задач аэро-, гидро- и волновой динамики» в части изучения воздействия волн цунами на береговые сооружения;

показано, что полученные с помощью разработанного программного комплекса результаты численного моделирования могут быть использованы для исследования процессов размыва связного грунта и распространения поверхностных волн;

обоснована возможность применения разработанного комплекса программ для проведения исследований по определению картины размыва связного грунта вблизи морских сооружений.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается:

использованием законов сохранения в качестве основы моделирования;

количественным совпадением результатов расчетов с данными лабораторных экспериментов по размыву связного грунта, возникновению и распространению поверхностных волн.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в формулировке задач, разработке алгоритмов решения, реализации методов решения и проведении вычислительных экспериментов, обработке и интерпретации полученных результатов математического и численного моделирования, представлении материала и подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 1 июля 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Зимину А.И. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 18 человек (6 присутствовали очно, 12 — дистанционно), из них 7 докторов наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, воздержавшихся – нет.

Заместитель председателя

диссертационного совета

д.т.н.



Фионов Андрей Николаевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

к.ф.-м.н.

Лебедев Александр Степанович

02 июля 2021 г.