

## Сведения

о результатах публичной защиты диссертации Гармаковой Маргариты Егоровны на тему «Численное моделирование гидрофизических процессов при обтекании подводных трубопроводов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

По результатам тайного голосования совет по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 24.2.339.07 на базе НИУ МГСУ принял решение присудить ученую степень кандидата технических наук Гармаковой Маргарите Егоровне.

В заседании диссертационного совета участвовали:

1. Анискин Николай Алексеевич, д.т.н, 2.1.6.
2. Кантаржи Измаил Григорьевич, д.т.н, 2.1.6.
3. Бестужева Александра Станиславовна, к.т.н., 2.1.6.
4. Анахаев Кошкинбай Назирович, д.т.н, 2.1.6.
5. Аргал Эдгар Серафимович, д.т.н, 2.1.6.
6. Беликов Виталий Васильевич, д.т.н., 2.1.6.
7. Брянская Юлия Вадимовна, д.т.н., 2.1.6.
8. Зуйков Андрей Львович, д.т.н., 2.1.6.
9. Козлов Дмитрий Вячеславович, д.т.н., 2.1.6.
10. Комаров Александр Андреевич, д.т.н., 2.1.6.
11. Лаврусевич Андрей Александрович, д.г.-м.н., 2.1.6..

## Протокол № 8

заседания совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 24.2.339.07, созданного на базе ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

от 20 июня 2023 г.

**Присутствовали:** члены диссертационного совета согласно явочному листу.

**Слушали:** защиту диссертации Гармаковой Маргариты Егоровны на тему «Численное моделирование гидрофизических процессов при обтекании подводных трубопроводов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.1.6. Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

### Постановили:

1. По результатам тайного голосования с использованием информационно-коммуникационных технологий присудить ученую степень кандидата технических наук Гармаковой Маргарите Егоровне (за - 11, против - 0).
2. По результатам открытого голосования утвердить протокол о результатах голосования (за - 11, против - 0).
3. По результатам открытого голосования принять Заключение диссертационного совета по рассматриваемой диссертации (за - 11, против - 0).

Председатель

Н.А. Анискин

Ученый секретарь

А.С. Бестужева

Подписи Анискина Н.А. и Бестужевой А.С. заверяю:

*Врио начальника*

А.В. Лучанин



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.339.07  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА  
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 20.06.2023 г. № 8

О присуждении Гармаковой Маргарите Егоровне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Численное моделирование гидродинамических процессов при обтекании подводных трубопроводов» по специальности 2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология принята к защите 18 апреля 2023 года (протокол заседания № 4), диссертационным советом 24.2.339.07, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, приказ о создании диссертационного совета № 1182/нк от 12 октября 2022 г.).

Соискатель Гармакова Маргарита Егоровна, 11 октября 1994 года рождения, в 2018 году окончила Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» профилю «Речные гидротехнические сооружения» с присуждением квалификации «Магистр».

С 01.10.2018 по 12.09.2022 Гармакова Маргарита Егоровна являлась аспирантом очной формы обучения на кафедре Гидротехнического строительства, безопасности и экологии в ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Министерство науки и



высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации и по настоящее время Гармакова Маргарита Егоровна работает на кафедре Гидротехнического строительства, безопасности и экологии в ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», в должности старшего преподавателя.

Диссертация выполнена на кафедре Гидротехнического строительства, безопасности и экологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Дегтярев Владимир Владимирович, заведующий кафедрой Гидротехнического строительства, безопасности и экологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)».

Официальные оппоненты:

- **Коротаева Татьяна Александровна**, доктор физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории «Физических проблем управления газодинамическими течениями» Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук,

- **Грицук Илья Игоревич**, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории «Динамики русловых потоков и ледотермики» Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт водных проблем Российской академии наук»,

- дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном Бесовым Алексеем Сергеевичем, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником, и.о. заведующего лабораторией экспериментальной прикладной гидродинамики и утвержденном директором, доктором физико-математических наук Ерманюком Евгением Валерьевичем, указала,

что полученные в диссертации результаты являются значимыми и применимыми, как в исследованиях, так и на практике. На основе сравнения различных методов моделирования развит научно обоснованный подход, обеспечивающий хорошую точность результатов и прогнозов при разумных вычислительных затратах, а также на основе развитого в диссертации подхода могут быть проведены систематические серии расчетов и выполнен сравнительный анализ для вариантов подводных трубопроводов с различным количеством ниток и различным составом донных пород, что является существенным вкладом в развитие данной отрасли науки.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ (общий объем – 4,6 п.л., в том числе личный вклад – 3,4 п.л.) по теме диссертации, из них 3 работы (общий объем – 1,96 п.л., в том числе личный вклад – 1,4 п.л.) опубликованы в изданиях из «Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», в том числе 3 статьи (общий объем – 1,6 п.л., в том числе личный вклад – 1,0 п.л.) в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных Scopus.

Наиболее значимые работы:

1. Дегтярев В.В., Гармакова М.Е., Федорова Н.Н., Шумкова М.Н., Яненко А.П., Гринь Г.А. Моделирование динамики речного потока и русловые переформирования на участках расположения подводных трубопроводов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2019. № 7 (727). С. 86-97.

2. Гармакова М.Е. Верификация математической модели переформирования песчаного дна на участке расположения подводного трубопровода // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2022. № 2 (758). С. 67-79.

3. Garmakova, M., Fedorova, N., Degtyarev, V. Verification of numerical model of river bed bottom erosion in vicinity of underwater pipelines // AIP Conference Proceedings, 2023, 2504, 030079.

В работах рассматриваются вопросы, связанные с разработкой методики численного моделирования, процесса переформирования песчаного дна. Приводятся результаты численного моделирования, выполненного в программном комплексе ANSYS, по исследованию полей скоростей при обтекании цилиндра,



имитирующего подводный трубопровод; получены векторные поля течения, распределение динамического давления в окрестности цилиндра, а также выявлены механизмы начального этапа размыва под цилиндром. По результатам численного моделирования в 3D постановке были построены графики, с помощью которых оценено изменение глубины ямы размыва с течением времени.

В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. В диссертационной работе представлены и оформлены в соответствии с требованиями ссылки на авторов и источники заимствования материала.

**На диссертацию и автореферат поступило 8 положительных отзывов:**

1. Отзыв, подписанный доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником Института водных проблем и гидротехники им. Академика И.В. Егиазарова, председателем технической комиссии по эксплуатации и охране водных систем Республики Армения **Токмаджяном Оганесом Вачеевичем.**

В отзыве имеются замечания:

1) Желательно было бы проанализировать программный комплекс ANSYS Fluent, представить качественный анализ принятых допущений и возможные границы его применения.

2) Необходимо подготовить инженерам рекомендации для практической реализации разработанных методов расчета при проектировании объектов подводных трубопроводов.

2. Отзыв, подписанный доктором технических наук, профессором, заслуженным деятелем науки и техники Российской Федерации, главным научным сотрудником Гидротехнического отдела ФГБНУ «РосНИИПМ», **Косиченко Юрием Михайловичем.**

В отзыве имеются замечания:

1) Интенсивность деформации русла с течением времени зависит не только от свойств грунтов, но и от скоростей течения. В связи с этим необходимо указать гидравлические характеристики потока (в каком диапазоне они измеряются?).

2) Проведенные эксперименты показали, что эрозионно-аккумулятивный процесс имеет трехмерный характер, который требуется уточнить.

3. Отзыв, подписанный доктором географических наук, профессором, профессором кафедры гидрологии суши МГУ им. М.В. Ломоносова, главным научным сотрудником научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева **Чаловым Романом Сергеевичем.**

В отзыве имеются замечания:

1) Однако ознакомление с авторефератом и изложенными в нем результатами позволяет считать неудачным название самой работы – в нем все сводится к разработке численного моделирования процессов, тогда как значительная часть ее содержания посвящена результатам физического моделирования. Только проведя его, автор смогла сопоставить физическое моделирование с численными и сделать соответствующие выводы. Характерно, что выводы по экспериментальным исследованиям сформулированы в основных задачах диссертации, в положениях (первый абзац), вынесенных на защиту, и в заключении (п.2).

2) Вряд ли к итогам проделанной работы следует относить п.1 заключения - включение обзора литературы. Это делается в любой научной работе.

4. Отзыв, подписанный кандидатом технических наук, доцентом Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого **Локтионовой Еленой Анатольевной.**

В отзыве имеются замечания:

1) Из текста автореферата не следует, какие критерии подобия использовались при создании модели для физического эксперимента.

2) Не указано, сколько раз проводились опыты по наблюдению переформирования дна при одних и тех же условиях (одних и тех же схемах расположения цилиндров) для фиксации моментов времени с характерными изменениями на дне.

3) На с. 16 важный, на мой взгляд, тезис о росте касательных напряжений по длине расчетной области не подкреплён иллюстративно, что снижает доверие к



заявленному коэффициенту 1,87.

4) В подписях к рисункам 10 и 11 (с. 14, 15) компоненты скорости названы «средними» компонентами, хотя на с. 13 они определены как «мгновенные значения» компонент; также в подписи к рисунку вертикальная компонента ошибочно названа продольной.

**5. Отзыв, подписанный кандидатом технических наук, заместителем директора ООО ПТФ «Возрождение» Гринем Григорием Анатольевичем.**

В отзыве замечания отсутствуют.

**6. Отзыв, подписанный доктором технических наук, профессором, профессором кафедры гидротехнических и транспортных сооружений ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Соболев Станиславом Владимировичем.**

В отзыве имеется замечание:

1) «разработанная численная методика может быть использована в проектной и эксплуатационной деятельности для прогнозирования развития воронок размыва на участках расположения подводных переходов» (с. 4.). Однако эта рекомендация без оценки методики на натурном объекте представляется преждевременной.

**7. Отзыв, подписанный кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере Лежениным Анатолием Александровичем.**

В отзыве замечания отсутствуют.

**8. Отзыв, подписанный доктором технических наук, профессором, Заслуженным деятелем науки Российской Федерации, экспертом РАН, профессором кафедры гидротехнического строительства Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ Волосухиным Виктором Алексеевичем.**

В отзыве имеются замечания:

1) Заключение по работе (стр. 20 и 21 автореферата) следовало бы привести в



соответствии с поставленными четырьмя задачами (стр. 4 автореферата). Автором анализировались не только литературные источники (вывод 1, стр.20), но и результаты натурных, лабораторных и теоретических исследований предшественников.

2) Результаты физического эксперимента (вывод 2, стр. 20, глава три диссертации стр. 8-11 автореферата) следовало бы дополнить количественными данными в границах эксперимента.

В целом, в отзывах отмечается, актуальность темы диссертационных исследований, их научная новизна, теоретическая и практическая значимость, достоверность и обоснованность научных положений и выводов. Отзывы подтверждают, что диссертация Гармаковой Маргариты Егоровны является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. Содержание и качество оформления диссертации и автореферата соответствуют предъявляемым требованиям. Тема и результаты научных исследований перспективны для дальнейшей разработки. Отмечается, что представленные замечания не снижают высокую оценку диссертационной работы.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их широкой известностью среди специалистов в области гидравлики и гидротехнического строительства, а также моделированию физических процессов, компетентностью и профессиональными знаниями, высокой эрудированностью в рассматриваемых вопросах и способностью определить научную и практическую ценность полученных в диссертации результатов, спецификой и актуальностью их основных научных и методических работ, исследованиями по вопросам, близким к теме диссертации.

В ведущей организации - федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, работает группа специалистов, решающих задачи связанные с гидродинамикой потоков при обтекании препятствий.

Выбор в качестве официального оппонента Коротяевой Татьяны Александровны - доктора физико-математических наук, доцента, обусловлен ее

специализацией в области гидравлических исследований русловых процессов, их математического моделирования, глубокими знаниями теоретических основ моделирования структур скоростных структур взвесенесущих потоков, наличием опубликованных работ по названной тематике.

Выбор в качестве официального оппонента Грицука Ильи Игоревича - кандидата технических наук, доцента, обусловлен его специализацией в области динамики русловых потоков. Научные работы Грицука И.И. связаны с исследованиями гидродинамической структуры водного потока.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** методика численного моделирования процесса переформирования песчаного дна в зоне расположения подводного перехода в программном комплексе ANSYS с учетом гранулярности, турбулентности и многофазности;

**предложены:**

- качественные результаты экспериментальных исследований по обтеканию турбулентным потоком цилиндра, расположенного на песчаном дне для схем с заглублением его на половину диаметра и без заглубления, а также для схемы из двух параллельно расположенных цилиндров.

- комплекс математических моделей, реализованных в ПК Ansys, таких как: к-  
o SST модель турбулентности и модель многофазности Volume of Fluid, которые могут быть использованы при исследовании скоростной структуры набегающего потока на препятствие в виде трубопровода;

- комплекс математических моделей, реализованных в ПК Ansys, таких как: модель турбулентности k-ε Realizable, эйлерова модель многофазности (Eulerian) и с учетом гранулярности, адекватно описывающие поставленный эксперимент, которые могут быть использованы при моделировании процесса переформирования дна в зоне расположения подводных трубопроводов;

**доказаны**

- процессы переформирования дна с образованием донных гряд, с их перемещением во времени, с увеличением интенсивности размывов в случае



незаглубленного расположения, как одиночного цилиндра, так и парного расположения цилиндров;

- применимость модуля ANSYS Fluent на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, дополненных  $k-\omega$  SST моделью турбулентности со стандартной пристеночной функцией и моделью многофазности Volume of Fluid, для исследования изменения скоростной структуры потока, при наличии препятствия в виде трубопровода;

- применимость модуля ANSYS Fluent на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, дополненных моделью турбулентности  $k-\varepsilon$  Realizable и эйлеровой моделью многофазности (Eulerian) с учетом гранулярности фазы песка, сил сопротивления и подъемной силы, для моделирования процесса переформирования дна в зоне расположения подводных переходов;

**введено** понятие одиночного цилиндрического тела, имитирующего обтекание одной нитки подводного трубопровода и парного цилиндрического тела, имитирующего две нитки подводных трубопроводов, расположенных параллельно друг другу, на расстоянии двух диаметров.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** адекватность разработанной методики численного моделирования в ПК ANSYS Fluent процессов переформирования дна в зоне расположения подводных трубопроводов результатом физических экспериментов проведенных в лабораторных условиях.

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)**

**использован** метод математического численного моделирования с применением программного комплекса ANSYS Fluent. Для моделирования турбулентного потока используются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, которые замыкаются с помощью двухпараметрических моделей турбулентности  $k-\omega$  SST и  $k-\varepsilon$  Realizable. Для описания многофазности использован подход взаимопроникающих континуумов, в котором концентрации всех участвующих в процессе фаз предполагаются непрерывными функциями пространства и времени. С этой целью реализованы модели многофазности объема

жидкости (Volume of Fluid) и эйлерова (Eulerian) модель;

**изложены**

- результаты численного моделирования по изучению изменения скоростной структуры при наличии препятствия в виде цилиндра;

- результаты численного моделирования процессов переформирования песчаного дна в зоне расположения одиночного или парного трубопроводов;

**раскрыты** закономерности обтекания турбулентным потоком в виде одиночного цилиндра возвышающегося над недеформируемом дном лотка;

- закономерности процессов переформирования песчаного дна в зоне расположения одиночного и парного трубопровода;

**изучены** факторы и механизмы, способствующие появлению размыва около трубопроводов, наиболее значимыми из которых при численном моделировании являются: образование вихревых структур потоков, увеличение касательных напряжений, перепад давлений на напорной и тыловой гранях цилиндра;

**проведена модернизация** настройки пользовательского интерфейса программного комплекса ANSYS Fluent, в части моделирования процесса переформирования песчаного дна.

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

**разработана и внедрена** методика численного моделирования с применением модели турбулентности  $k-\varepsilon$  Realizable, эйлеровой модели многофазности (Eulerian) с учетом гранулярности фазы песка, сил сопротивления и подъемной силы, которая может быть востребована научными, проектными и строительными организациями для прогнозирования процессов переформирования песчаного дна в зоне расположения подводных трубопроводов;

**определены** перспективы практического использования представленной методики численного моделирования при проектировании и эксплуатации подводных переходов трубопроводов с целью прогнозирования и развития воронок размыва;



**создан** пользовательский интерфейс в ПК Ansys для реализации методики численного моделирования скоростной структуры потока и процесса переформирования дна;

**представлены** предложения по дальнейшей разработке тематики диссертации в части проведении дополнительных исследований переформирования дна в зоне расположения двух и более ниток трубопроводов с рассмотрением различных расстояний между ними, а также исследованиями на объектах с различными донными отложениями.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** обоснованность применения математических моделей подтверждается их адекватным описанием процессов переформирования дна в зоне расположения подводного трубопровода;

**теория** основана на известных уравнениях движения Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу и дополненных уравнениями моделями турбулентности, а также моделирование гранулярной фазы проведено с учетом Solids Pressure, коэффициента сопротивления, определяемого по модели Syamlal-Obrien, влиянием подъемных сил с помощью модели Морага, реализованных в программном комплексе Ansys;

**идея базируется** на анализе результатов экспериментальных работ А.В. Чеботникова, Sumer В.М., которые были проведены в большом гидравлическом лотке, а также на основе обобщения отечественного и зарубежного опыта устройства подводных переходов магистральных трубопроводов других авторов;

**использовано** сопоставление результатов численного моделирования, полученных автором, с результатами, полученными другими исследователями;

**установлено** качественное и количественное совпадение результатов численного моделирования, выполненных автором, с экспериментальными данными других исследователей;

**использованы** современные информационные средства сбора и анализа научной литературы, статические и графические методы обработки и представления результатов проведенных исследований.

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования:** разработанная методика моделирования может применяться для верификации опытов, проведенных в лабораторных условиях, а также при выполнении научно-исследовательских работ по оценке процесса переформирования донного грунта в зоне расположения подводных трубопроводов; могут быть использованы научными, проектными и строительными организациями при проектировании, эксплуатации подводных переходов и прогнозировании возникновения зон размывов в зоне их расположения.

**Личный вклад соискателя состоит в:** сборе и анализе материалов исследований; проведении экспериментальных исследований при различной схеме расположения цилиндров, имитирующих трубопровод; выполнении численных экспериментов в программном комплексе ANSYS, с использованием современных физико-математических моделей; анализе и обобщении полученных результатов; подготовке основных публикаций по теме работы.

**В ходе защиты диссертации критические замечания высказано не было.**

Соискатель Гармакова М.Е. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, а именно:

**раскрыла**, особенности проведения физического эксперимента;

**подчеркнула**, в чем заключается особенность процесса переформирования песчаного дна в зоне расположения одиночного и парного трубопровода, а также теоретическую и практическую значимость работы, и указала на перспективы дальнейшей проработки темы;

**обосновала** выбор использованных моделей, заложенных в программный комплекс ANSYS Fluent, для проведения численного моделирования процессов переформирования песчаного дна в зоне расположения подводных трубопроводов.

Также соискатель согласилась с рядом высказанных ей замечаний во время ответов на вопросы членов совета, с рядом замечаний, находящихся в отзывах на автореферат, а также отзывах официальных оппонентов и ведущей организации, пообещав учесть их в дальнейших научных исследованиях.

Соответствие диссертации критериям Положения о присуждении ученой степени. Диссертация Гармаковой Маргариты Егоровны соответствует п.9



Положения о порядке присуждения ученой степени кандидата наук, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 (в действующей редакции), является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложено научно обоснованное техническое решение по разработке методики численного моделирования процесса переформирования песчаного дна в зоне расположения подводного перехода в программном комплексе ANSYS с учетом гранулярности, турбулентности и многофазности, имеющее существенное значение для развития строительной отрасли страны.

На заседании от 20 июня 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Гармаковой Маргарите Егоровне ученую степень кандидата технических наук за научное обоснование технического решения по разработке методики численного моделирования процесса переформирования песчаного дна в зоне расположения подводных переходов в программном комплексе ANSYS, что имеет значение для предотвращения аварий на подводных переходах магистральных трубопроводов и для развития отрасли знаний в сфере гидротехнического строительства.

Оригинальность диссертационной работы составляет 84,02 %.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 10 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 15 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за –11, против – 0.

Председатель

диссертационного совета



Анискин Николай Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета



Бестужева Александра Станиславовна

20.06.2023 г.

Подписи Анискина Н.А. и Бестужевой А.С. заверяю:

*Врио начальника УРП*

