

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

72.1.003.01, созданного на базе Акционерного общества «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева»,

ПАО «РусГидро»

по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 08.12.2023 г. № 9

О присуждении Цимбельману Никите Яковлевичу, гражданину РФ, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Расчетно-экспериментальное обоснование проектирования гидротехнических сооружений с применением заполненных грунтом оболочек» по специальности 2.1.6 - «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология» в виде рукописи принята к защите 31.08.2023 г., протокол № 5, диссертационным советом 72.1.003.01, созданного на базе Акционерного общества «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева», ПАО «РусГидро», 195220, г. Санкт-Петербург, Гжатская ул., д. 21, приказ Министерства науки и высшего образования РФ об утверждении совета: № 1306/нк от 22.06.2023 г.

Соискатель Цимбельман Никита Яковлевич, дата рождения 31 июля 1976 года. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук "Метод расчета устойчивости подпорных сооружений уголкового типа с учетом их взаимодействия с окружающим сыпучим телом" по специальности 05.23.17 - «Строительная механика», 05.23.01 - «Строительные конструкции, здания и сооружения» защитил в 2004 году в диссертационном совете К212.055.04, созданном на базе Дальневосточного государственного технического университета, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Соискатель работает в должности доцента в академическом департаменте геоинформационных технологий Политехнического института (Школы) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ФГАОУ ВО ДВФУ), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ФГАОУ ВО ДВФУ), Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. В период подготовки и принятия диссертации к защите соискатель работал ассистентом, старшим преподавателем, заведующим кафедрой и доцентом в Дальневосточном федеральном университете (ФГАОУ ВО ДВФУ) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Беккер Александр Тевьевич, доктор технических наук, академик РААСН, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, академического департамента морских арктических технологий, научный руководитель Политехнического института (Школы) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования ФГАОУ ВО ДВФУ.

Официальные оппоненты:

Гарибин Павел Андреевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова;

Королев Константин Валерьевич, доктор технических наук, профессор и заведующий кафедрой «Геотехника, тоннели и метрополитены» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения»;

Лалин Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы гидротехнического и энергетического строительства Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВПО НИУ МГСУ, г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном заместителем заведующего кафедрой Гидравлики и гидротехнического строительства, кандидатом технических наук по специальности 05.23.07, доцентом Галимовым Ильей Мидхатовичем; профессором кафедры Гидравлики и гидротехнического строительства, доктором технических наук по специальности 05.23.07, Саиновым Михаилом Петровичем, и утвержденном проректором ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ) доктором технических наук Тер-Мартirosяном Арменом Завеновичем, отмечает, что :

«Практическая значимость результатов работы в области гидротехнического строительства заключается в разработке комплекса расчетно-экспериментальных, методологических, конструкционных, технических и технологических решений, в совокупности составляющих расчетное обоснование применения заполненных грунтом оболочек в конструкциях портовых гидротехнических сооружений. Практическая значимость результатов работы заключается в следующем:

- разработана и внедрена инженерная методика расчёта и проектирования портовых гидротехнических сооружений вертикального и смешанного типа, выполненных из заполненных грунтом оболочек, включая адаптированные инженерные методики определения нагрузок;

- создана вычислительная программа для выбора оптимальных параметров конструкции сооружения из заполненных грунтом жёстких тонкостенных оболочек и для составления её численной модели;

- составлена компьютерная программа, позволяющая рассчитать максимальное значение горизонтальной силы для заданных размеров оболочки, физических и физико-механических характеристик элементов сооружения;

- представлены рекомендации по составлению численных моделей гидротехнических сооружений, выполненных из заполненных грунтом жёстких оболочек;

- разработаны и внедрены технические решения по повышению устойчивости гидротехнических сооружений из заполненных грунтом жёстких оболочек, основанные на устройстве опорной консоли;

- определены технические решения и технологические приёмы, позволяющие обеспечить равномерное распределение усилий в оболочке при монтаже, а также эффективное погружение оболочки в основание на заданную глубину с прорезкой мёрзлых прослоек и линз;

- определены условия, позволяющие обеспечить эффективное нагружение заполненных грунтом оболочек;

- представлены результаты численного моделирования гидротехнических сооружений из наполненных грунтом оболочек при статических и динамических нагрузках;

- представлены зависимости, позволяющие оценить необходимость заделки оболочки в грунт основания и назначить требуемую величину заделки с учётом взаимодействия заглублённой части сооружения с окружающим грунтом;

- представлены рекомендации по назначению технологии установки оболочек в состав протяжённого гидротехнического сооружения с учетом характера распределения напряжений и деформаций в основании сооружения.

Практическое значение работы подтверждается апробацией предложенных решений при непосредственном участии автора в выполнении расчета и

проектирования гидротехнических сооружений, в том числе доведенных до стадии эксплуатации. Методика расчётного моделирования и технические решения конструкций из жёстких заполненных грунтом оболочек применены при проектировании ряда портовых сооружений».

«Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы:

Результаты и выводы диссертационной работы рекомендуются к использованию при проектировании, расчётном обосновании, научно-техническом сопровождении проектирования и строительства причальных, оградительных и берегоукрепительных гидротехнических сооружений портов с применением заполненных грунтом оболочек, в том числе в регионах с неблагоприятными климатическими условиями (условия шельфа северных морей, условия сейсмической опасности Восточной Арктики и Субарктики)».

Отмечается **связь работы с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства**. Научно-практическая направленность диссертации соответствует планам и задачам «Стратегии развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 года» и Государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы», в которых формулируются задачи реконструкции существующего и возведения нового причального фронта в портах и погрузочно-разгрузочных терминалах России, в том числе в Арктике и Субарктике, с использованием экономически эффективных технических и технологических решений.

Отмечено, что диссертационное исследование выполнено в том числе в рамках исполнения плана фундаментальных научных исследований государственной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», и плана реализации государственной программы «Развитие науки и технологий».

«Внедрение результатов подтверждается применением разработанных технических, технологических, расчетно-экспериментальных и конструктивных решений при расчёте, проектировании, возведении и мониторинге гид-

ротехнических сооружений портов Дальнего Востока, что отражено в соответствующих актах внедрения».

Выбор официальных оппонентов обусловлен их известностью в рассматриваемой области и наличием публикаций по направлению диссертации, а ведущей организации - авторитетностью в научной области диссертационной работы и характером выполняемых разработок.

По теме исследования соискателем опубликовано более 60 статей, из которых 19 статей опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации; 16 – в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science; получено 10 патентов на изобретения и полезные модели, одно свидетельство о регистрации программ для ЭВМ. Авторский вклад в материалах статей составляет не менее 85%, что подтверждается справкой.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации (по перечню ВАК РФ), представленные на момент принятия диссертации к защите:

1. *Цимбельман, Н.Я.* Исследование напряжённо-деформированного состояния системы "тонкостенная стальная оболочка - наполнитель - грунтовое основание" / **Н.Я. Цимбельман**, А.Т. Беккер // Гидротехническое строительство. - 2023. - № 3. - С. 8-13.

2. *Цимбельман, Н.Я.* Анализ напряжённого состояния оснований сооружений из заполненных оболочек / **Н.Я. Цимбельман**, Т.И. Чернова, М.А. Селиванова, О. Билгин // Основания, фундаменты и механика грунтов. - 2022. - № 3. - С. 10-14.

3. *Цимбельман, Н.Я.* Учёт цикличности ледовой нагрузки на сооружения из заполненных оболочек на сжимаемом основании / **Н.Я. Цимбельман**, Т.И. Чернова, М.А. Селиванова, И.А. Скуртол, Т.Н. Пронкина // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2021. - № 1(745). - С. 17-30.

4. *Цимбельман, Н.Я.* Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций из заполненных оболочек / **Н.Я. Цимбельман**, Т.И. Чернова, М.А. Селиванова, В.С. Редько // Вестник МГСУ. - 2021. Т. 16. - №

7. - С. 819-827.

5. *Цимбельман, Н.Я.* Определение предельных перемещений гидротехнических сооружений из заполненных оболочек (обзор) / **Н.Я. Цимбельман**, А.М. Косикова, В. Флорес Терразас, Т.И. Чернова // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. - 2018. - № 2(35). - С. 111-119.

6. *Беккер, А.Т.* Определение параметров и верификация математической модели конструкций из заполненных оболочек на сжимаемом основании / А.Т. Беккер, **Н.Я. Цимбельман**, Т.И. Чернова // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. - 2016. Т. 280. - С. 10-23.

7. *Цимбельман, Н.Я.* Метод расчёта предельных нагрузок на сооружения из заполненных цилиндрических оболочек / **Н.Я. Цимбельман**, Т.И. Чернова // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления - 2016. - № 3(60). - С. 32-38.

8. *Цимбельман, Н.Я.* Параметры математической модели цилиндрических оболочек большого диаметра с наполнителем / **Н.Я. Цимбельман**, Т.И. Чернова, А.А. Шмыков // Региональная архитектура и строительство. - 2015. - № 4(25). - С. 65-73.

9. *Цимбельман, Н.Я.* Математическая модель оболочки с наполнителем к расчёту гидротехнических сооружений / **Н.Я. Цимбельман**, Д.А. Потянин, А.И. Мамонтов, Т.И. Чернова, Е.В. Квон, И.Г. Кузнецов // Вестник ТОГУ - 2013. - № 4(31). - С. 43-50.

10. *Беккер, А.Т.* Исследования напряжённо-деформированного состояния оболочечных конструкций с наполнителем / А.Т. Беккер, **Н.Я. Цимбельман**, В.И. Селивёрстов, Т.И. Чернова // Вестник ИРГТУ - 2013. - № 8. - С. 64-70.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах. Фактов использования результатов других авторов без ссылок на них не обнаружено.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации.

Результаты исследований автора многократно докладывались и обсуждались на международных, всесоюзных и всероссийских конференциях и симпозиумах.

Рассмотренные данные свидетельствуют о том, что материалы диссертации полностью отражены в опубликованных работах и апробированы в научных докладах.

Соответствие диссертационной работы специальности и критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней». Результаты рассмотрения диссертационного исследования, актуальности работы, практической значимости, научной новизны и обеспечения достоверности полученных результатов соискателя Цимбельмана Н.Я. показали соответствие специальности 2.1.6 - «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология», п.п. 1, 8, 10, 11 паспорта специальности.

На автореферат поступило 15 отзывов. Все отзывы положительные.

1. Жусупбеков Аскар Жагпарович, доктор технических наук, профессор, директор Геотехнического института Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилёва. Три замечания:

1. Из автореферата неясно, к какому классу гидротехнических сооружений могут быть отнесены сооружения с применением заполненных грунтом оболочек.

2. Определена ли в ходе исследований относительная толщина стенки оболочки, при которой следует переходить от оценки напряжённо-деформированного состояния конструкции как пустотелой балки к дополнительному напряжённо-деформированному состоянию, учитывающему работу наполнителя?

3. Вопрос о пошаговой методике моделирования: какими следует принимать граничные условия для грунтового основания при построении расчетной статической и расчетной динамической моделей рассматриваемой системы?

2. Дегтярёв Владимир Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой гидротехнического строительства, безопасности и экологии Новосибирского архитектурно-строительного университета (НГАСУ, Сибстрин). Одно замечание:

1. В качестве предложения по дальнейшему развитию предлагаемых решений и расширению области применения заполненных грунтом оболочек: по нашему мнению, не рассмотрено воздействие движителей морских судов на основание конструкций в условиях проявления приливно-отливных явлений, проявляющихся в условиях мелкой воды на побережьях ряда морей на побережьях Российской Федерации.

3. Бальзанников Михаил Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры экономики, организации и стратегии развития предприятия ФГАОУ ВО "Самарский государственный экономический университет. Два замечания:

1. Не указано, на восприятие каких технологических нагрузок могут быть рассчитаны гидротехнические сооружения, выполненные из оболочек с грунтовым наполнителем.

2. В автореферате не рассматриваются варианты взаимной компоновки оболочек в составе сооружения. Неясно, возможна ли установка оболочек в два или большее количество рядов.

4. Корнишин Константин Александрович, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по технологическому развитию ООО «Арктический научный центр». Два замечания:

1. Автору следовало бы более четко обозначить потенциал применения исследуемых конструкций (в том числе на объектах берегового обеспечения шельфовых проектов), открывающийся благодаря полученному в работе обоснованию.

2. В работе не рассмотрена возможность монтажа оболочек со льда в холодный период года, в то время как такой технологический приём может ока-

заться вполне эффективным при возведении объектов инфраструктуры на шельфе северных морей.

5. Клюев Сергей Васильевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории «Ресурсо-энергосберегающих технологий, оборудования и комплексов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». Два замечания:

1. В автореферате нужно указывать какой был использован наполнитель и его характеристики для оболочечных конструкций.

2. В автореферате желательно было бы более четко приводить современные методы расчета.

6. Корнилов Терентий Афанасьевич, доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО «Северо-Восточный Федеральный Университет имени М.К. Аммосова». Два замечания:

1. В настоящее время стремительно развивается индустрия производства и технология применения новых высокопрочных композиционных материалов на основе цементных вяжущих, в результате чего при большом заданном диаметре оболочки для её производства вполне может быть применен железобетон: оболочка при этом останется тонкостенной. На наш взгляд, автору не стоило ограничивать выводы работы применением стальных оболочек, поскольку при современном уровне технологии монолитного железобетона может быть обеспечено очень высокое качество поверхности оболочки, и таким образом область применения разработанной автором контактной модели вполне может быть расширена и на оболочки из железобетона.

2. При выполнении валидации по различным математическим параметрам базовой численной модели системы «оболочка-наполнитель-основание», в которой применяются нелинейные функции текучести (Кулона-Мора) и контакты (интерфейс), не были исследованы параметры численного модели-

рования: размеры конечных элементов, параметры критерия сходимости нелинейной формулировки.

7. Косиченко Юрий Михайлович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Гидротехнического отдела ФГБНУ «РосНИИПМ». Три замечания:

1. Автору следует пояснить, какие критерии моделирования учитывались при проведении серий испытаний конструкции тонкостенной оболочки с наполнителем на податливом основании? И какие значения радиальных напряжений и напряжения сжатия по образующей в зоне контакта тонкой оболочки считаются оптимальными?

2. На рисунке 3 заглабление в основание показывает, что здесь могут быть приняты различные варианты. Так, на данной схеме приводится глубина заделки в грунт основания, в этой связи возникает вопрос, проводилось ли расчетное обоснование на прочность и надежность таких вариантов конструкций?

3. Из автореферата не совсем ясно, какие расчетные характеристики и значения позволяет получить разработанная программа для ЭВМ № 2020618170.

8. Александров Андрей Викторович, кандидат технических наук, Начальник отдела ОЭПДиСМК АО «Институт Гидропроект». Три замечания:

1. Толщина (мощность) прорезаемого слоя грунта основания, указанная на рис. 3, зависит не только от отношения D/H , но и от технологической возможности выполнения такого вида работ. При определенных условиях возможность их производства неочевидна. В тексте автореферата упоминается подмыв для проходки слабых грунтов, тем не менее, непонятно, как учитываются технологические аспекты работ, включая подводные, при проходке условно мягких грунтов с включениями валунника, галечника и т.д. при весьма высоких диаметрах оболочек.

2. Наполнитель рассматривается как упругопластическое тело, что вполне справедливо; для модели основания автор рекомендует применять

другие описания поведения грунта (т.н. «шатровые» модели). В настоящее время применяется значительное количество стандартных моделей основания, использующих упругопластический характер его работы (скажем, модель «упрочняющегося грунта» и др.). Желательно сопоставить результаты расчетов основания по различным грунтовым моделям с целью назначения рекомендуемых моделей грунтового основания для различных соотношений D/H.

3. В автореферате отсутствуют сведения о проценте армирования оболочек, а также о рекомендуемом расположении арматуры в теле стенки оболочки.

9. Леонович Сергей Николаевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Строительные материалы и технология строительства» Белорусского национального технического университета. Два замечания:

1. Из автореферата неясно, могут ли быть применены разработанные модели и методики при оценке напряженно-деформированного состояния сооружения в случае, если оболочки выполнены не из стали, а из другого материала: например, железобетона или пластика?

2. Не приведены данные о том, исследовалось ли действие коррозии стальной оболочки, установленной в морской воде, как важного фактора снижения долговечности конструкции?

10. Мангушев Рашид Абдуллович, доктор технических наук, профессор, профессор ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет». Три замечания:

1. В автореферате не указано, что автор считает тонкостенными оболочками - размер их толщины по отношению к поперечному размеру и как обеспечивается их конструктивная устойчивость, в том числе, при волновых воздействиях.

2. В разработанных автором математических моделях конструкции среди основных показателей физико-механических свойств грунтового наполнителя большое внимание уделяется удельному сцеплению с. Принимая во

внимание, что в качестве наполнителя оболочки рассматривается крупнообломочный грунт, следовало бы дать пояснения природы возникновения сцепления в среде наполнителя.

3. В автореферате не указано, каким образом учитывается широкое многообразие грунтовых условий, свойственное шельфовой зоне, при построении конечно-элементной модели грунтового основания конструкции.

11. Полищук Анатолий Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой оснований и фундаментов Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина. Два замечания:

1. В соответствии с поставленной целью в диссертации рассматриваются тонкие оболочки. Однако из автореферата неясно, какая конструкция оболочки может классифицироваться как тонкая?

2. Поясните, какое влияние может оказывать грунтовый заполнитель на коррозионные свойства материала стенок тонкой оболочки (из стали или железобетона)? Есть ли нормативные требования на использование материала для изготовления тонких оболочек?

12. Пронозин Яков Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительное производство» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет». Четыре замечания:

1. Из текста автореферата не ясно, какой грунт использовался в качестве заполнителя оболочки и в качестве основания при выполнении физического моделирования. Воспроизводились ли при проведении лоткового эксперимента условия водонасыщения грунтового основания, соответствующие гидротехническим сооружениям?

2. В тексте автореферата приведены данные о сравнении вычисленных и экспериментально измеренных эффективных нормальных напряжений в грунтовом основании, таким образом предусматривала ли конструкция датчиков возможность измерения порового давления? Учитывалось ли перераспределение эффективных напряжений и парового давления во времени (при

водонасыщенном основании) с учетом особенностей рассматриваемой конструкции, когда нагрузка передается на основание «по кольцу»?

3. Подразумевает ли использование предложенной базовой численной модели оболочечной конструкции с наполнителем обязательной калибровки посредством выполнения физического моделирования?

4. Не совсем ясно в качестве заполнителя оболочки используется однородный грунт или нет? Если возможно использование разнородного грунта, то как в таком случае учитывать коэффициент взаимодействия наполнителя и оболочки R_{inter} в разных точках контакта? Насколько использование различных интерфейсов «утяжеляет» модель и есть ли рекомендации для их оптимального назначения?

13. Славчева Галина Станиславовна, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии строительных материалов, изделий и конструкций» ФГБОУ «Воронежский государственный технический университет (ВГТУ)». Одно замечание:

1. Экспериментальные исследования взаимодействия опорной части заполненной оболочки с основанием выполнены на малых моделях (рис. 20, стр. 29). В автореферате не указан размер моделей, также как учитывался масштабный эффект при переносе результатов эксперимента на реальные системы.

14. Ульрих Дмитрий Владимирович, доктор технических наук, директор архитектурно-строительного института ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет»; **Байбурин Альберт Халитович**, доктор технических наук, профессор кафедры строительного производства и теории сооружений ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет». Одно замечание:

1. В автореферате нет информации, предъявляются ли какие-либо особые требования к железобетонным элементам рассматриваемых сооружений (т.н. «верхнее строение») в части морозостойкости? Вопрос связан с актуальностью применения оболочек, как сравнительно лёгких транспортабельных и

технологичных конструкций, в условиях труднодоступных районов побережий северных морей.

15. Шулятьев Олег Александрович, доктор технических наук, заместитель директора НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО НИЦ Строительство; **Шейнин Владимир Исаакович**, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией надёжности и геотехнического контроля НИИОСП им. Н.М. Герсевича. Без замечаний.

Цель диссертационной работы состоит в разработке научно обоснованной методики расчётного моделирования, технических и технологических решений тонких оболочечных конструкций с грунтовым наполнителем в составе системы «гидротехническое сооружение – основание», применяемых при возведении гидротехнических сооружений различного назначения и условий эксплуатации.

Диссертационный совет отмечает, что основные результаты и выводы диссертационной работы, составляющие ее новизну, заключаются в следующем:

1. Разработано расчетно-экспериментальное обоснование применения заполненных грунтом тонких оболочек в составе гидротехнических сооружений, включающее постановку и реализацию численного решения задачи, методику моделирования и численную модель описания взаимодействия оболочки с наполнителем и основанием для рассмотренного диапазона граничных условий.

2. Предложена методика экспериментального определения параметров модели контакта наполнителя с поверхностью оболочки; получены новые результаты экспериментальных исследований сооружений из заполненных грунтом оболочек при действии статических и динамических нагрузок.

3. Получены результаты сопоставительного анализа теоретических и экспериментальных данных при внецентренном нагружении заполненной грунтом оболочки, обосновывающие эффективность предложенных моделей.

4. Разработана теоретическая модель, функционально связывающая па-

раметры конструкции заполненной оболочки и грунта основания с максимальной нагрузкой, воспринимаемой сооружением без потери несущей способности.

5. Разработаны новые технические и технологические решения изготовления и монтажа оболочечных конструкций с грунтовым наполнителем для различных условий применения.

6. Обоснован диапазон эффективного соотношения основных размеров заполненной оболочечной конструкции в зависимости от деформационных свойств материала оболочки и материала наполнителя по критерию оптимального распределения усилий в конструкции.

7. Предложены классификация и признак классификации сооружений из заполненных грунтом оболочек, отражающие особенности конструкции и характер ее взаимодействия с грунтовым основанием.

8. Разработаны алгоритм и практическая методика расчёта гидротехнических сооружений из внецентренно-нагруженных заполненных грунтом оболочечных конструкций (одиночно стоящих и протяжённых).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- доказана применимость предложенной автором базовой численной модели заполненной грунтом тонкой оболочки для расчёта её напряжённо-деформированного состояния (путём верификации результатов численного моделирования сопоставлением с результатами экспериментальных исследований);

- доказаны: адекватность предложенной методики расчётного обоснования заполненных грунтом оболочек на конкретных примерах путём верификации на основе экспериментальных данных; существенное влияние жёсткости грунтового наполнителя на распределение усилий в тонкой оболочке, удерживающей его в проектном положении; несоответствие модели жёсткого штампа для описания взаимодействия заполненной грунтом тонкой оболочки с грунтовым основанием;

Применительно к проблематике диссертации результативно

- использованы современные достижения прикладной математики, гидро- и геомеханики для получения новых знаний по теории расчётного обоснования конструкций, образуемых сыпучим телом, удерживаемым тонкой оболочкой, в составе гидротехнического сооружения;

- изучены: влияние деформационных свойств наполнителя оболочки на распределение усилий в тонкой заполненной грунтом оболочке; влияние схемы опирания и последовательности возведения сооружения из наполненных грунтом оболочек на параметры напряжённо-деформированного состояния системы;

- изложены: новый способ построения аналитико-численной модели сооружения из заполненных грунтом оболочек; результаты экспериментальных модельных исследований напряжённо-деформированного состояния и несущей способности системы, состоящей из заполненной грунтом оболочки и грунтового основания, при статическом и динамическом нагружении; алгоритм моделирования напряженно-деформированного состояния системы «гидротехническое сооружение- основание», включающей тонкие заполненные грунтом оболочки, опирающиеся на грунтовое основание, при статических и динамических нагрузках;

- модернизирована классификация расчётных моделей внецентренно-нагруженных гидротехнических сооружений из заполненных грунтом оболочек по способу взаимодействия с основанием.

Значение полученных соискателем исследований для практики состоит в обосновании применения экономически эффективных комбинированных конструкций при решении задач возведения объектов портового гидротехнического строительства, в том числе:

1. В возможности использования разработанной инженерной методики расчёта и конструирования заполненных грунтом оболочек при проектировании портовых гидротехнических сооружений вертикального профиля.

2. В разработке классификации сооружений из заполненных оболочек, позволяющей осуществить предварительный выбор расчётной схемы гидро-

технического сооружения с учётом его размеров, действующих нагрузок и физико-механических свойств грунтового основания.

3. В разработке программы для персонального компьютера, реализующей представленные в работе теоретические положения и позволяющей осуществить подбор основных параметров рассматриваемой системы «оболочка-наполнитель-основание».

4. В разработке рациональных схем компоновки оболочек в составе протяжённого гидротехнического сооружения с учетом характера распределения напряжений и деформаций в его основании.

5. В разработке новых технических и технологических решений заполнения грунтом оболочек: конструктивных, позволяющих обеспечить эффективное взаимодействие элементов рассматриваемой системы «гидротехническое сооружение - основание», и технологических способов монтажа конструкции и организации взаимодействия оболочки с основанием.

Разработанные практические положения применены в процессе расчёта, проектирования и научно-технического сопровождения строительства гидротехнических сооружений при непосредственном участии автора, что отмечено в соответствующих актах о внедрении.

Степень достоверности и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается корректным применением технической теории оболочек, механики деформированного твёрдого тела и теории предельного напряжённого состояния сыпучих сред. Модели объектов исследования созданы с использованием современных достижений прикладной математики и строительной механики в области развития численных методов оценки напряжённо-деформированного состояния сложных комбинированных систем. Выводы и положения подтверждены необходимым объёмом физических экспериментов и удовлетворительной сходимостью результатов расчётно-теоретических исследований с экспериментальными данными. Экспериментальные исследования выполнены с соблюдением положений теории подобия и анализа размерностей с последующей обработкой результатов мето-

дами математической статистики.

Личный вклад соискателя состоит:

1. В постановке целей, определении задач и разработке логики исследований на основе анализа и систематизации отечественного и зарубежного опыта теоретических и экспериментальных исследований, проектирования и эксплуатации гидротехнических сооружений с применением оболочек с грунтовым наполнителем.

2. В постановке и реализации численного решения задачи определения усилий и перемещений заполненной грунтом оболочки, а также в разработке методики оценки напряжённо-деформированного состояния системы «оболочка-наполнитель-основание».

3. В разработке и апробации метода экспериментального определения параметров модели контакта дисперсного наполнителя с поверхностью оболочки. В непосредственном участии в постановке, проведении, анализе и обработке результатов экспериментальных исследований.

4. В разработке теоретической модели, функционально связывающей параметры системы «гидротехническое сооружение - основание» с максимальной нагрузкой, воспринимаемой сооружением без разрушения и потери устойчивости.

5. В разработке алгоритма, составлении компьютерной программы, реализующей результаты исследований.

6. В написании публикаций по теме работы; в патентовании новых технических и технологических решений применения тонких оболочек с грунтовым наполнителем в конструкциях гидротехнических сооружений.

7. В непосредственном участии в расчёте, проектировании и научно-техническом сопровождении строительства упомянутых в диссертации гидротехнических сооружений с внедрением полученных в диссертации результатов.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. Необходимость более тщательного поиска иностранных публикаций по рассматриваемой теме, индексируемых в международных базах данных, с целью учёта современных достижений в данной области исследований, сделанных зарубежными учёными.

2. Область применения результатов работы заужена, поскольку сделанные выводы и рекомендации в общем применимы для широкого круга материалов, из которых выполнены элементы рассматриваемой системы. То же можно сказать и о разработанной автором модели взаимодействия оболочки с основанием, которая может быть применена не только для заполненных оболочек различной формы, а также для иных работающих по схожей схеме сооружений, для которых подразумевается резкая неравномерность распределения давления по подошве по причине врезания элементов конструкции в грунт основания.

Соискатель Цимбельман Н.Я. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

Замечания в части анализа зарубежных публикаций приняты и будут учтены при планировании и проведении дальнейших исследований. Принятые в работе ограничения применения её результатов обусловлены общей направленностью исследований в области гидротехнического строительства: достигнутые в диссертации результаты работы ориентированы прежде всего на расчётное обоснование гидротехнических сооружений, но могут быть использованы в смежных областях строительства.

Диссертация Цимбельмана Никиты Яковлевича «Расчетно-экспериментальное обоснование проектирования гидротехнических сооружений с применением заполненных грунтом оболочек» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной в рамках актуального направления научного обоснования применения экономически эффективных технических и технологических решений при решении задач возведения но-

вого и реконструкции существующего причального фронта в портах и погрузочно-разгрузочных терминалах страны, в том числе в арктических и субарктических условиях. Полученные автором результаты имеют важное теоретическое и практическое значение.

Диссертация выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Достоверность результатов и выводов обоснована. Диссертация написана грамотно, логически структурирована. Автореферат объективно отражает основные положения диссертационной работы, материалы диссертации в полной мере представлены в публикациях автора.

Диссертация Цимбельмана Никиты Яковлевича соответствует критерию внутреннего единства, является научно-квалификационной работой, в которой изложены:

описание новых технических, технологических, расчетно-теоретических и конструктивных решений, включающих: комплекс моделей взаимодействия элементов системы «оболочка-наполнитель-основание»;

состав экспериментальной установки для комплексных исследований напряженно-деформированного состояния гидротехнических сооружений из заполненных оболочек и способ экспериментальной калибровки численных решений по результатам физических экспериментов;

инженерная методика расчёта оболочек с наполнителем при проектировании сооружений гидротехнического и смежных областей строительства; конструктивные решения повышения устойчивости сооружений из заполненных оболочек;

решения по технологии монтажа оболочек в составе гидротехнических сооружений при возведении портовых гидротехнических сооружений вертикального профиля.

Диссертационный совет пришел к выводу, что в диссертации Цимбельмана Никиты Яковлевича «Расчетно-экспериментальное обоснование проектирования гидротехнических сооружений с применением заполненных грунтом оболочек» изложены новые научно-обоснованные технические, техноло-

гические, расчётно-теоретические и конструктивные решения, внедрение которых в сочетании с разработанными положениями расчётно-экспериментального обоснования проектирования гидротехнических сооружений из заполненных грунтом оболочек, вносит значительный вклад в развитие гидротехнического строительства, в том числе портового.

Диссертация соответствует критериям, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а ее автор, Цимбельман Никита Яковлевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.6 - «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология».

На заседании 8 декабря 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Цимбельману Никите Яковлевичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве человек 17 (из них 10 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 17 , против - нет , недействительных бюллетеней - нет .

Председатель

диссертационного совета

д-р техн. наук



Муравьев Олег Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

канд. техн. наук

Иванова Татьяна Викторовна

8 декабря 2023 года