

ОТЗЫВ

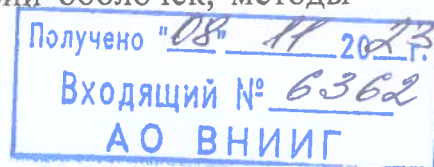
официального оппонента
на диссертационную работу *Цимбельмана Никиты Яковлевича*
**«РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ С
ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАПОЛНЕННЫХ ГРУНТОМ ОБОЛОЧЕК»**,
представленную на соискание ученой степени
доктора технических наук
по специальности 2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и
инженерная гидрология

Актуальность избранной темы. Актуальность разработки новых конструктивных решений, которые, сохраняя эксплуатационную надежность, удешевляют стоимость сооружений, совершенно очевидна. Заполненные грунтом оболочки являют собой пример такого конструктивного решения. Нельзя не согласиться с автором диссертации в том, что оболочки, заполненные грунтом, будучи весьма распространенными элементами конструкций, применяемых для гидротехнических сооружений различного назначения, могут оказаться весьма полезны и для других областей строительства – в частности, транспортного и промышленно-гражданского.

В то же время остается нерешенным достаточно широкий круг проблем, связанных как с расчетами, так и с конструктивом этих элементов. Это естественным образом сдерживает применение на практике данных надежных и экономически эффективных конструкций. Все сказанное выше приводит к однозначному выводу о том, что актуальность темы не вызывает сомнений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Методологически диссертация построена на классических принципах научного исследования в области прикладных задач механики деформируемого твердого тела – теоретические изыскания, численные методы, экспериментальные исследования, практическая апробация. Все это логически взаимосвязано, внутренне непротиворечиво и работает на общую цель диссертации. В результате автору в его диссертационной работе удалось изложить новые научно обоснованные технические и технологические решения относительно важнейших конструктивных элементов гидротехнических сооружений. Внедрение этих решений в гидротехническое строительство, на наш взгляд, вносит значительный вклад в развитие страны.

Достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, также не вызывает сомнений, поскольку в диссертационном исследовании грамотно и уместно использованы методы теории оболочек, методы



механики деформируемого твердого тела, отдельные положения теории предельного равновесия грунтов (статики сыпучей среды). Объем выполненных экспериментальных исследований, на наш взгляд, можно считать достаточным. Сходимость результатов теоретических исследований с данными экспериментов вполне удовлетворительна. При выполнении экспериментальных исследований использовалось современное сертифицированное оборудование.

Новизна выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, несколько укрупненно может быть сформулирована по следующим направлениям.

1. На базе теории оболочек и с применением численных методов разработана теория расчета системы, состоящей из трех совместно работающих элементов – тонкая цилиндрическая оболочка, грунт, заполняющий оболочку, и грунтовое основание оболочки. Эти решения могут применяться и в гидротехническом строительстве, и в смежных областях строительства.

2. Экспериментально определены закономерности совместной работы оболочки с заполняющим ее грунтом. Отметим, что разработанная под эту задачу методика, может применяться в дальнейшем уже на практике при проектировании такого рода сооружений. Кроме того, автором исследованы особенности поведения грунта заполнения при динамических воздействиях.

3. Разработанная теория расчета системы «оболочка-заполнитель-основание» позволяет выходить на оптимальное проектирование данного конструктивного элемента, что, разумеется, позволит повысить экономическую эффективность гидротехнических сооружений.

4. Предложена классификация расчётных моделей внецентренно-нагруженных гидротехнических сооружений из заполненных грунтом оболочек. В основе классификации лежат способы учета взаимодействия оболочек с основанием.

5. Разработан алгоритм моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «оболочка-заполнитель-основание» в трехмерной постановке.

Важно подчеркнуть, что перечисленные здесь пункты научной новизны сформулированы укрупненно и именно так, как это увидел автор отзыва, не оспаривая количество и содержание пунктов научной новизны, которые даны в диссертации.

Результаты диссертационной работы вносят вклад в научное обоснование применения сооружений, в которых менее нагруженные области или отдельные элементы заменяются более дешевыми материалами без потери эксплуатационной пригодности и надежности всего сооружения в целом. Наконец, следует отметить, что результаты выполненных автором исследований будут способ-

ствовать дальнейшему развитию теории расчета и практики проектирования гидротехнических сооружений.

Практическая значимость результатов работы может быть рассмотрена в двух аспектах.

Первый – это то, что непосредственно изложено в диссертации: методики проектирования заполненных грунтом оболочек для различных условий (включая динамику и циклическое приложение ледовой нагрузки), классификация внецентренно-нагруженных сооружений для предварительного назначения расчетных схем, разработанная расчетная программа для ЭВМ, отдельные конструктивные решения для заполненных грунтом оболочек и т.д.

Второй – это внедрение результатов работы на целом ряде крупных и уникальных объектов, что резко повышает практическую ценность проделанной автором работы и полученных результатов.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и приложения, в котором приводятся 8 актов о внедрении. Объем диссертации составляет 376 страниц. Диссертация содержит 196 рисунков, 32 таблицы. Список литературы включает 376 источников, в том числе 83 иностранных.

Содержание диссертации. Во введении представлена общая характеристика работы в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемыми к диссертациям.

Первая глава посвящена литературному обзору по исследуемой проблеме. Описано историческое развитие области применения оболочечных конструкций – от перекрытия больших пролетов до хранения сыпучих и текучих продуктов и далее до заглубленных и подземных сооружений. Делается акцент на двух формах оболочек – с нулевой и ненулевой гауссовской кривизной. В работе рассматривается нулевая гауссовская кривизна и оболочки, наполненные грунтом.

Охарактеризованы четыре этапа развития теории оболочек:

- начальный – формирование системы уравнений;
- второй – решение системы уравнений;
- третий – ЭВМ;
- четвертый – условно его можно охарактеризовать как инновационный.

Дана таблица теоретических решений, а также таблица опытных работ.

Можно отметить, что автором дан довольно полный обзор. На основании выполненного обзора автор приходит к выводу о необходимости создания комплексной методики моделирования оболочек с грунтом с обоснованным применением моделей элементов конструкции.

Вторая глава содержит общий анализ совместной работы заполненных грунтом оболочек и основания для различных гидротехнических сооружений. Конкретизированы понятия гравитационных, полугравитационных и заглубленных в грунт основания оболочек, заполненных грунтом. Описывается основная расчетная концепция, принятая в диссертации: оболочка – модель твердого тела, заполнитель – модель сыпучей или связной среды. Отмечается, что наиболее сложная задача – описание взаимодействия этих элементов. Формулируются требования для обеспечения совместной работы элементов.

Даются систематизация конструктивных решений оболочек и правила подбора оптимального решения. Предлагается критерий для выбора расчетной схемы сооружения с учетом широкой группы исходных параметров.

Далее автором сформулирован критерий эффективности (доля удерживающего момента в подошве от собственного веса), который позволяет определиться с расчетной моделью. Установлен диапазон эффективного соотношения размеров оболочки.

Третья глава посвящена вопросам математического моделирования оболочек, заполненных грунтом, в гидротехнических сооружениях.

Во-первых, показана ограниченность применения технической теории оболочек исходными условиями. Для более сложных условий предложено использовать метод конечных элементов (МКЭ). Подробно изложена последовательность действий по выполнению расчетов в программном комплексе (ПК) PLAXIS, включая определение размеров расчетной области, ее конечно-элементную дискретизацию, выбор типов конечных элементов, выбор интерфейсных поверхностей и т.д. Большое внимание уделено контактными элементами. Показано, что МКЭ позволяет учесть специфику производства работ.

Численная модель оболочка-грунт использована для анализа работы оболочек, заполненных грунтом, при внецентренном статическом и динамическом нагружении. Для определения отдельных параметров взаимодействия оболочек с грунтом используются данные экспериментов на физической модели – так называемая калибровка. Много места уделяется валидации – совершенствованию численной модели, в частности, учет полей скольжения в основании.

В четвертой главе излагаются вопросы экспериментальной калибровки моделей оболочек, заполненных грунтом. Способ калибровки – сопоставление расчетных и опытных перемещений. Подробно описано физическое моделирование работы оболочек с грунтом – соблюдены критерии подобия, масштабные множители и пр.

Предложены проекты экспериментальных установок, имитирующих статическое и динамическое воздействие. Установлен диапазон значений параметра контакта «оболочка-грунт» (т.н. коэффициент снижения прочности). Изло-

женный метод калибровки может применяться для проектирования таких оболочек.

Пятая глава содержит теоретическую модель оценки устойчивости системы оболочка-грунт-основание. Суть предложений автора в этой главе сводится к использованию формулы Прандтля-Рейсснера для определения величины предельной нагрузки на основание.

В шестой главе рассматриваются результаты расчетного моделирования различных гидротехнических сооружений из оболочек, заполненных грунтом. В сущности, здесь описана практическая последовательность расчетов, снабженная соответствующими блок-схемами.

В седьмой главе описаны конструктивные и технологические решения. Даны рекомендации по технологической последовательности устройства сооружений из ряда близко расположенных оболочек с целью более равномерного распределения напряжений в основании. Описано использование опорной консоли для снижения перемещений, а также ряд других практических предложений для обеспечения равномерности и устойчивости конструкций.

Замечания. По диссертации имеются несколько вопросов и замечаний.

1. В третьей главе уравнения по аналитическому методу приведены не полностью. В частности, не ясно, по каким уравнениям вычисляются напряжения в грунте оболочки.

2. В третьей главе слишком много внимания уделяется чисто техническим действиям по созданию численной модели в ПК PLAXIS. При этом не представлены результаты расчетов ни по аналитическому, ни по численному решению. Соответственно, нет сопоставления результатов и пр.

3. В пятой главе автор использует формулу Прандтля-Рейсснера. Однако, эта формула, во-первых, получена для невесомой среды, во-вторых, для условий плоской деформации. Следовало бы воспользоваться осесимметричными решениями для весомого основания. Эти схемы разработаны и описаны в работах В.Г. Березанцева, А.М. Караулова, В.Г. Федоровского, С.М. Martin и др.

4. Рис. 14 и рис. 15 автореферата представляют собой стандартный набор действий при проектировании любого сооружения. Автору следовало бы более четко показать отличие предлагаемых методик от существующего стандартного набора действий при проектировании.

5. На стр. 25 автореферата написано: *«Для определения предельных перемещений грунта основания на начальных стадиях проектирования используются данные штамповых испытаний, при этом в качестве критерия определения предельного перемещения штампа принимается момент начала развития фазы пластических деформаций в грунте»*. Во-первых, не ясно, как именно осуществляется переход от измеренных перемещений штампа к перемеще-

ниям проектируемой оболочки. Во-вторых, как определить в штамповых испытаниях момент начала развития фазы пластических деформаций?

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней. Высказанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Диссертация Н.Я. Цимбельмана обладает внутренним единством и содержит новые научные результаты.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

Автореферат соответствует тексту диссертации.

Публикации автора – в том числе 19 в журналах из перечня ВАК, 17 в журналах, индексируемых МБД, 13 патентов на изобретения и пр. – отражают все основные положения его диссертации.

Диссертация соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, и представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения относительно оболочек, заполненных грунтом, как элементов гидротехнических сооружений. Внедрение этих решений вносит значительный вклад в развитие страны, в частности, в развитие гидротехнического строительства.

Считаю, что Никита Яковлевич Цимбельман достоин присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

Официальный оппонент
доктор технических наук

03.11.2023

Королев
Константин Валерьевич

Подпись К.В. Королева заверяю

Я, **Королёв Константин Валерьевич**, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Королёв Константин Валерьевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Геотехника, тоннели и метрополитены» ФГБОУ ВО СГУПС, заведующий кафедрой. Докторская диссертация по теме «Несущая способность оснований в стабилизированном и нестабилизированном состоянии» защищена в 2015 в ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» по специальности 05.23.02 – Основания и фундаменты, подземные сооружения.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Адрес: 630049, Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191

Тел.: 8(383)328-04-69

E-mail: korolev_kv@mail.ru, tonsib1@stu.ru