

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе ФГБОУ

ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», д.э.н., профессор



И. В. Дроздова Дроздова И. В.
«12» ноября 2020 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ) на диссертационную работу Федорова Ильи Владиславовича «Методика моделирования бетонных гидротехнических сооружений с учетом нелинейного деформирования при сейсмических воздействиях», представленную в диссертационный совет Д 999.187.02 на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство

Актуальность темы диссертационного исследования. Значительная часть гидротехнических сооружений располагается в районах с высокой сейсмичностью. При воздействиях, приводящих к частичному разрушению элементов конструкций, для корректной оценки последствий таких воздействий важно учитывать нелинейный характер деформирования. Современные возможности вычислительной техники открывают возможности применения все более сложных подходов к моделированию бетонных гидротехнических сооружений. Однако в настоящее время отсутствует общепринятая методика, учиты-

Получено "17" 11 2020 г.
Входящий № 5711
АО ВНИИГ

вающая совокупность особенностей динамического поведения системы «сооружение-основание-водохранилище» с учетом нелинейного поведения бетона, обусловленного трещинообразованием. А в расчетной практике при проведении расчетных исследований бетонных гидротехнических сооружений зачастую принято ограничиваться линейно-упругой моделью.

Таким образом, актуальность диссертационного исследования, посвященного разработке методики численного моделирования бетонных гидротехнических сооружений при сейсмических воздействиях с учетом нелинейного деформирования бетона, очевидна.

Практическая значимость исследования для развития гидротехнической отрасли определяется следующим:

- разработана методика моделирования бетонных гидротехнических сооружений при сейсмических воздействиях с учетом нелинейного деформирования бетона;
- рассмотрен подход к построению расчетной полной диаграммы деформирования бетона при растяжении на основе параметров бетона, представленных в Российских и зарубежных нормативных документах;
- проведена оценка чувствительности результатов моделирования к изменению расчетных параметров бетона, экспериментальное определение которых требует проведения трудоемких экспериментов;
- проведены расчетные исследования прочности и устойчивости бетонной гравитационной полтины Бурейской ГЭС при действии нагрузок особых сочетаний, включающих сейсмические воздействия.

Научная новизна работы состоит в следующих положениях:

- в разработке и обосновании методики моделирования бетонных гидротехнических сооружений при сейсмических воздействиях с учетом нелинейного деформирования бетона;

- в анализе и обобщения информации о физико-механических характеристиках бетона, в том числе, с учетом его нелинейного поведения, и определении подхода к построению расчетной полной диаграммы деформирования бетона при растяжении;
- в проведении расчетных исследований по определению параметров напряженно-деформированного состояния плотины Бурейской ГЭС при действии нагрузок особого сочетания, включающего сейсмические воздействия уровня МРЗ, с учетом полной диаграммы деформирования бетона и оценке областей возможного трещинообразования при действии сейсмических нагрузок;
- в проведении расчетных исследований, обосновывающих целесообразность совершенствования нормативных документов в части рекомендаций по учету нелинейного деформирования бетона, связанного с трещинообразованием, и выбору необходимых расчетных значений параметров бетона;
- в проведении расчетных исследований бетонной плотины Бурейской ГЭС с учетом сжимаемости жидкости в водохранилище и водопроводящем тракте, а также демпфирующих свойств наносов на дне водохранилища, при действии сейсмических и эксплуатационных динамических нагрузок.

Достоверность результатов исследований обеспечивалась использованием классических исходных положений и математических методов решения задач механики, применением сертифицированных расчётных программ, сопоставлением результатов численного моделирования с экспериментальными данными и результатами сейсмометрических наблюдений.

Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки.

В диссертации предложена и обоснована методика моделирования бетонных гидротехнических сооружений при сейсмических воздействиях с учетом нелинейного деформирования бетона, которая опирается на использовании

упругопластической модели поведения материала и учете полной диаграммы деформирования бетона при растяжении.

Данная методика позволяет более полно учитывать особенности нелинейного деформирования бетонных сооружений при действии нагрузок, приводящих к трещинообразованию и частичному разрушению элементов конструкций. Благодаря этому можно корректнее моделировать последствия сейсмических и других аварийных воздействий для бетонных сооружений, получить оценки значений остаточных деформаций и областей возможного трещинообразования.

Полученные результаты имеют значение для развития гидротехнической отрасли в связи с направленностью исследований на обеспечение надежности как эксплуатируемых, так и проектируемых сооружений.

Внедрение результатов работ выполнено при проведении расчетных исследований по оценке состояния бетонной плотины Бурейской ГЭС на р. Бурее ПАО "РусГидро".

Соответствие диссертационной работы критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней». Результаты рассмотрения диссертационного исследования, актуальность работы, практической значимости, научной новизны и обеспечения достоверности полученных результатов соискателя Федорова И.В. показали, что они соответствуют пунктам 2 и 3 паспорта специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство»: (технические науки); пункт 2: «Научное обоснование новых методов расчетов, проектирования, возведения и эксплуатации бетонных водоподпорных сооружений речных гидроузлов; совершенствование методов физического и математического моделирования условий работы бетонных гидротехнических сооружений в различных климатических условиях; обновление нормативной базы проектирования бетонных гидротехнических сооружений»; пункт 3: «Разработка новых направлений прогнозирования напряженно-деформированного состояния

напорных и безнапорных гидротехнических сооружений; совершенствование методов определения различных видов нагрузок на сооружения речных гидрозвулов, здания и машинные залы гидроэлектростанций; обоснование путей повышения надежности и долговечности конструкций водно-транспортных сооружений».

В диссертационной работе соискателя Федорова И.В. разработана методика численного моделирования бетонных гидротехнических сооружений при сейсмических воздействиях, которая позволяет учитывать особенности нелинейного деформирования бетона при определении параметров напряженно-деформированного состояния модели сооружения. Практическая значимость подтверждается справкой о внедрении от эксплуатирующей организации.

Основное содержание диссертационной работы отражено в опубликованных автором в 23 научных работах, 10 из которых входят в перечень рецензируемых научных изданий ВАК. В них достаточно полно отражено основное содержание выполненных исследований, раскрыты и подтверждены обоснованность разработанных научных положений диссертационного исследования.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

При выполнении расчетных исследований по определению напряженно-деформированного состояния бетонных гидротехнических сооружений под действием сочетаний нагрузок, включающих сейсмические воздействия, следует применять рекомендованную автором методику численного моделирования. При величинах воздействий, способных приводить к частичному разрушению элементов конструкций следует учитывать особенности нелинейного деформирования бетона и полную диаграмму деформирования.

Результаты и выводы диссертационной работы рекомендуются при проведении расчетных исследований по оценке прочности проектируемых и экс-

плуатируемых бетонных гидротехнических сооружений и могут служить основой для подготовки новых редакций гидротехнических нормативных документов.

Структура и содержание работы

Рассматриваемая диссертационная работа Федорова И.В. состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературных источников и приложения. Работа включает 155 страницы машинописного текста, 127 рисунков, 28 таблиц, списка литературы из 211 наименований. Диссертация изложена корректным профессиональным языком, все главы диссертационной работы логически выстроены и системно взаимосвязаны, дают полное представление о предмете, объекте и результатах научного исследования.

Во введении представлены актуальность темы исследований, степень ее разработанности, научная новизна, практическая и теоретическая значимость, цель и задачи исследований, защищаемые положения, общая характеристика и структура работы.

Первая глава посвящена обзору литературы по теме исследования; проведен анализ отечественного и мирового опыта расчетного определения параметров напряженно-деформированного состояния бетонных гидротехнических сооружений; выделены основные факторы, оказывающие существенное влияние на результаты численного моделирования системы «сооружение-основание-водохранилище», в том числе с учетом особенностей нелинейного деформирования бетона, связанного с трещинообразованием.

Во второй главе приведены результаты расчетных исследований по определению напряженно-деформированного состояния бетонной плотины. Проведено сравнение различных подходов к моделированию системы «сооружения-основание-водохранилище» и учету таких факторов как способ задания воздействия; выбор условий на границах расчетной области; параметров, обеспечивающих затухание колебаний в системе; гидродинамического воздействия жидкости.

В третьей главе раскрываются вопросы учета нелинейного деформирования бетона, связанного с трещинообразованием. Описан подход к построению полной диаграммы деформирования бетона при растяжении на основе данных нормативных документов при известном значении удельной энергии разрушения. Приведены результаты решения ряда задач, в ходе которых рассмотрено влияние изменения основных параметров упругопластической модели бетона на результаты численного моделирования. С использованием упругопластической модели бетона, позволяющей учесть полную диаграмму деформирования, рассмотрены задача о разрушении железобетонной балки при изгибе, о воздействии взрывной волны на железобетонную плиту, о сейсмическом воздействии на глухую секцию бетонной плотины.

В четвёртой главе приведены результаты расчетных исследований по определению параметров напряженно-деформированного состояния бетонной гравитационной плотины Бурейской ГЭС при действии нагрузок основных особых сочетаний, включающих сейсмические воздействия.

Замечания по диссертационной работе

1. В обзоре литературы упоминаются и другие подходы к учету трещинообразования в бетоне, например, метод X-FEM. Рассматривался ли вариант использование такого подхода для моделирования бетонной плотины? В чем его недостатки и почему в работе использовался другой подход?
2. В тексте диссертации упоминается, что экспериментального определение расчетных параметров используемой упругопластической модели бетона требует проведения трудоемких испытаний, но не раскрыто: какие именно испытания необходимы.
3. В работе не учитывается неоднородность по дневной поверхности сейсмического воздействия на площадке строительства. Возможно ли ее учесть при использовании предложенной методики?

Заключение

Диссертация Федорова Ильи Владиславовича «Методика моделирования бетонных гидротехнических сооружений с учетом нелинейного деформирования при сейсмических воздействиях» является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная для гидротехники задача разработки методики численного моделирования напряженно-деформированного состояния системы «сооружение-основание-водохранилище», позволяющая учесть особенности нелинейного поведения бетона, связанного с трещинообразованием. Научные и практические результаты работы в значительной степени позволяют повысить качество расчетных оценок последствий сейсмических воздействий для бетонных гидротехнических сооружений.

Диссертация выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне. Достоверность результатов и заключений обоснована. Диссертация написана грамотно, логически структурирована и аккуратно оформлена, содержит все необходимые ссылки на работы, результаты которых использовались. Автореферат достаточно полно раскрывает основные положения диссертации.

Диссертационная работа Федорова И.В. «Методика моделирования бетонных гидротехнических сооружений с учетом нелинейного деформирования при сейсмических воздействиях» соответствует критериям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство.

Отзыв на диссертацию и автореферат составлен по результатам обсуждения диссертации и автореферата на заседании кафедры «Строительная механика» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ), 11 ноября 2020 г., протокол №3.

Присутствовало на заседании 22 человека. Результаты голосования:
«за» – 22 человека, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

И.О. заведующего кафедрой строительной механики,
кандидат технических наук

Кобелев Евгений Анатольевич

Профессор-консультант кафедры строительной механики,
доктор технических наук, профессор

Рутман Юрий Лазаревич

Сведения о лицах, подписавших отзыв:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Адрес: Россия, 190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д.4

Общий отдел: тел. (812) 575-05-34; факс: (812) 316-58-72

Е-mail: rector@spbgasu.ru

Сайт: <https://www.spbgasu.ru/Universitet/>

Дроздова Ирина Валерьевна, доктор экономических наук, профессор, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Адрес: 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, каб. 103, СПбГАСУ,

Тел. (812) 316-53-11, Е-mail: prorector_nr@spbgasu.ru

Кобелев Евгений Анатольевич, кандидат технических наук, и.о. заведующего кафедрой строительной механики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Адрес 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, СПбГАСУ

Тел. +7 (812) 575-05-50, Е-mail: tehneh@spbgasu.ru

Рутман Юрий Лазаревич, доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры строительной механики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

Адрес 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, СПбГАСУ

Тел. +7 (812) 575-05-50, Е-mail: tehneh@spbgasu.ru