

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию **Федорова Ильи Владиславовича**
**«Методика моделирования бетонных гидротехнических сооружений с
учетом нелинейного деформирования при сейсмических воздействиях»**,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.23.07. – Гидротехническое строительство.

Сведения о лице, подписавшем отзыв:

Уздин Александр Моисеевич

доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Механика и прочность
материалов и конструкций" ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный
университет путей сообщения Императора Александра I", 190031, Санкт-
Петербург, Московский пр., 9.

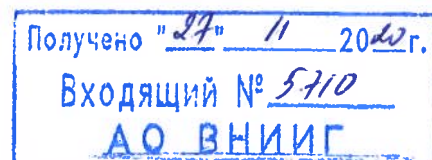
Тел. +7(812)457-82-49, 457-89-25, E-mail: dou@pgups.ru

Актуальность темы диссертации.

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений. Большие плотины являются дорогостоящими и высоко ответственными сооружениями. Их расчет на действие сейсмической нагрузки может быть определяющим. Однако учет специфики работы больших плотин под нагрузкой от землетрясений является весьма сложной задачей, решение которой требует совершенствования и развития. Соискатель развивает методику пространственного расчета таких сооружений за счет уточнения модели работы бетона за пределами упругости, что и определяет актуальность работы.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Степень достоверности полученных результатов определяется корректным применением современного аппарата строительной механики. Результаты выполненных расчетов согласуются с данными других исследователей, занимавшихся динамическим расчетом железобетонных конструкций. Важным



является совпадением расчетных данных с измеренными динамическими характеристиками реальной плотины.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертант проанализировал и обобщил применяемые модели нелинейной работы железобетона и предложил новую методику моделирования системы «сооружение-основание-водохранилище» при сейсмических воздействиях, основанную на применении упругопластической модели поведения материала с учетом полной диаграммы деформирования бетона при растяжении. Автором разработана методика построения расчетной диаграммы деформирования бетона при растяжении и с ее учетом выполнено численное моделирование НДС плотины Бурейской ГЭС при действии нагрузок особого сочетания, включающего сейсмические воздействия.

Предложенная методика реализована с использованием инструментов, встроенных в программные комплексы ANSYS и ABAQUS для проведения пространственных расчетов больших плотин с грунтовым основанием. Ее применение позволило определить зоны возможного трещинообразования в гравитационной бетонной плотине Бурейской ГЭС при совместном действии статических и сейсмических нагрузок.

На основе разработанных моделей автором, кроме того, показано влияние учета сжимаемости жидкости и демпфирующих свойств наносов на дне водохранилища на параметры НДС при действии сейсмических нагрузок.

Сформулированы подходы к совершенствованию нормативных документов по учету нелинейного деформирования бетона, связанного с трещинообразованием, и выбору необходимых расчетных значений параметров бетона.

Практическая значимость работы

Методика диссертанта позволяет проводить расчеты плотин с учетом важных особенностей их работы под нагрузкой.

Расчеты плотины Бурейской ГЭС, выполненные автором в качестве базового примера применения своих разработок, важны для принятия решений по усилению тела плотины. С использованием полученных результатов можно оценить область развития трещинообразования, что важно для оценки надежности плотин при их эксплуатации.

Кроме того, рекомендации автора целесообразно учесть при разработке нормативной базы для расчета плотин на сейсмические нагрузки.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, основных результатов, заключения, списка литературы (211 наименований), содержит 155 страниц текста, включая 127 рисунков, 28 таблиц, и одно приложение.

Диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу.

Общее впечатление о работе, определяющее замечания по ней

В своей работе диссертант проводит анализ распространенных подходов к моделированию системы «сооружение-основание-водохранилище» для гравитационных плотин при динамических воздействиях, включая сейсмические, и развивает их учетом нелинейного деформирования бетона, связанного с трещинообразованием. Это основной фрагмент работы, который имеет новизну, подлежит защите и вполне удовлетворяет требованиям к кандидатской диссертации, как научно-квалификационной работе.

В первой главе приведен обзор литературы, который можно условно разделить на три части.

Краткий обзор методов расчета сооружений на сейсмические воздействия

Обзор методов учета взаимодействия сооружения с жидкостью

Учет нелинейного поведения бетона

Первая часть названа автором «Методы моделирования сейсмических воздействий». В теории сейсмостойкости под этим подразумевается моделирование расчетных акселерограмм: пиковых ускорений, спектрального состава, энергетических характеристик и т.п. Эти вопросы в диссертации не

рассматриваются. В целом первая часть обзора стандартная, но написана местами не аккуратно.

Вторая и, особенно, третья части обзора написаны значительно лучше, поскольку связаны с основными исследованиями диссертанта. Они отражают его эрудицию в предметной области и читаются с интересом.

В заключении обзорной части поставлена цель исследования, которая идеально соответствует состоянию вопроса и содержанию диссертации:

«Совершенствование используемых в расчетной практике методик и их актуализация в соответствии с современными возможностями численного моделирования, а также их адаптация к применению для гидротехнических сооружений с учетом отечественной нормативной базы является основной целью представленной работы».

Вторая глава посвящена анализу применяемых моделей расчета системы «сооружение-основание-плотина» и выбору расчетной модели для анализа работы плотины. Как отмечено ранее, автор ставил задачу встроить свои оригинальные разработки в некоторую систему расчета плотин на сейсмические воздействия. Для этого автором проведена серия тестовых расчетов и на основе анализа полученных результатов обозначены основные преимущества и недостатки используемых подходов к учету таких факторов, как способ задания сейсмического воздействия, выбор граничных условий по краям расчетной области, гидродинамического воздействия жидкости. В целом глава оставляет положительное впечатление. Однако следует отметить, что диссертант использовал инструменты, реализованные в комплексах ABAQUS и ANSYS со всеми их недостатками. При этом часть исходных посылок, важных для интерпретации результатов, выпала из текста диссертации. Это обуславливает ряд замечаний по работе, рассмотренных в конце отзыва

В третьей главе рассмотрена задача учета нелинейной работы бетона в процессе динамического нагружения. Это основная часть исследований диссертанта. Раздел оставляет хорошее впечатление. Он содержит теоретическую и экспериментальную части и несколько подразделов. По моим представлениям эта глава, сама по себе, могла бы представлять кандидатскую диссертацию.

Четвертая глава посвящена иллюстрации применения разработанных методик к расчету плотины Бурейской ГЭС. Здесь диссертант успешно иллюстрирует применение своих разработок.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Автором сформулировано 10 основных результатов и выводов. Выводы, сформулированные автором, достаточно полно отражают основные результаты выполненной работы.

Первый вывод:

Вывод состоит из двух частей. Первая часть касается разработки методики, учитывающей особенности нелинейного деформирования бетона на этапах трещинообразования. Стоит отметить, что в диссертации идет речь о разработке методики, расширяющей известные подходы к моделированию динамического поведения сооружений при сейсмических воздействиях, не свободные от критики. Часть замечаний, связанных с этим будет отражена далее. Вторая часть не вызывает возражений.

Второй вывод – констатирующий. Автор утверждает, что им для апробации предложенной методики разработана пространственная конечно-элементная модель. Этот вывод соответствует действительности.

Третий вывод также констатирующий. Автором действительно проведена оценка прочности плотины Бурейской ГЭС. На мой взгляд, это достижение автора, но не научный вывод.

Четвертый вывод также констатирующий. Автором действительно продемонстрирована возможность применения разработанной методики при моделировании динамического поведения массивных бетонных ГЭС

Пятый вывод содержательный. Автор отмечает, что учет сжимаемости воды может приводить к увеличению напряжений в теле плотины. Обоснование результата не вызывает возражений и весьма важно для оценки сейсмостойкости плотин.

Шестой вывод также содержательный. Автор показал, что наличие наносов может приводить к снижению усилия в теле плотины. Это имеет практическое значение при оценке сейсмостойкости плотин.

Седьмой вывод констатирует наличие влияния сжимаемости воды в водопроводящем тракте на расчетные значения параметров НДС стационарной секции плотины Бурейской ГЭС

Восьмой вывод констатирующий. В работе действительно рассмотрен подход к построению аппроксимации полной диаграммы нагружения бетона.

Девятый вывод также констатирующий. В диссертации на ряде примеров продемонстрировано влияние учета нелинейного деформирования бетона на результаты моделирования НДС бетонных и железобетонных конструкций.

Десятый вывод представляется весьма важным с научной точки зрения. В работе показано существенное влияние величины удельной энергии разрушения и угла дилатации на результаты численного моделирования бетонных и железобетонных конструкций при нагрузках, приводящих к трещинообразованию.

Автореферат и публикации по результатам исследований в полной мере отражают основное содержание диссертационной работы. По теме диссертации автором опубликовано 23 научные работы, 10 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК, а основные результаты исследований получили апробацию на отраслевых научно-практических конференциях.

По работе необходимо высказать ряд замечаний.

1. Диссертант не очень аккуратно написал первую часть обзорной главы. Так, например, декремент в переводе с латинского – затухание. Поэтому есть термин **декремент колебаний**, а термина **декремент затухания (затухание затухания)**, использованного автором нет.

2. Диссертант использует посылки из программ ABAQUS и ANSYS, считая их истинами высшей инстанции, без каких-либо пояснений. Например, затухание по Рэлею. Если затухание в материале не более 10% от критического,

это не так важно, но хочу обратить внимание, что при равномерном прямолинейном движении его модели в ней возникнут усилия, пропорциональные коэффициенту α . Я бы предпочел учет модального демпфирования пропорционально энергии форм колебаний.

3. Из работы абсолютно не ясно, как моделируется демпфирующая граница. В рамках скудного описания возможны разные (приемлемые) варианты. Один конец демпфера прикрепляется к узлу расчетной области, а что с другим концом? Его можно прикрепить к «неподвижной точке», а можно к столбику грунта стоящему на подстилающей плите. Как описано затухание в элементе границы? Хотя бы формулу следовало привести. А как соотносятся упомянутая матрица демпфирования по Рэлею с дополнительной матрицей демпфирования от поглощающей границы.

4. Автор много пишет про сейсмическое воздействие, но в представленной работе не рассматривает вопросы его формирования. Начнем с трехкомпонентного воздействия. К сооружению первыми приходят продольные волны, вызывая вертикальный толчок, через некоторое время приходят поперечные волны, вызывая горизонтальный толчок. Затем приходят поверхностные волны Рэлея и Лява. Сдвиг фаз зависит от глубины очага и эпицентрального расстояния. Одновременное приложение всех компонент дает неверный и непредсказуемый ответ. Кроме пиковых ускорений воздействия (PGA) крайне важен спектральный состав и энергетические характеристики воздействия (интенсивность по Ариасу, абсолютная кумулятивная скорость, спектральная плотность энергии и т.п.). Модель соискателя позволяет оценить повреждаемость сооружений в зависимости от этих факторов, что надо выделить в перечень перспективных исследований.

5. Сопоставительная оценка двух способов приложения воздействия в расчетной модели представляется важной. Но из-за различия в результатах я бы не отдавал предпочтение однозначно модели с демпфирующей нижней границей. Нужен более детальный анализ исходных посылок. Я в таких случаях предпочитаю более консервативный ответ.

Сделанные замечания не сказываются на общей положительно оценке диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением ВАК.

Диссертация Федорова Ильи Владиславовича «Методика моделирования бетонных гидротехнических сооружений с учетом нелинейного деформирования при сейсмических воздействиях», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена на высоком научном уровне и содержит важные для практики результаты. Она является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена задача учета нелинейного деформирования бетона при моделировании динамического поведения бетонных плотин под действием сейсмических нагрузок, имеющая важное значение для гидротехнического строительства. В диссертации приведены все необходимые ссылки на те работы, результатами которых пользовался автор.

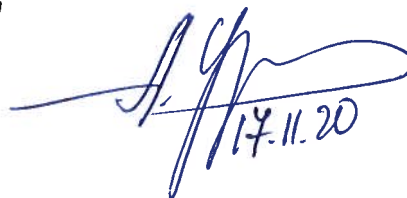
Результаты работы соответствуют пунктам 2 и 3 паспорта специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство»: (технические науки); пункт 2: «Научное обоснование новых методов расчетов, проектирования, возведения и эксплуатации бетонных водоподпорных сооружений речных гидроузлов; совершенствование 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 гидроузлов, здания и машинные залы гидроэлектростанций; обоснование путей повышения надежности и долговечности конструкций водно-транспортных сооружений».



Диссертационная работа Федорова И.В. соответствует критериям, установленным в "Положении о порядке присуждения ученых степеней", утвержденном Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а ее автор, Федоров Илья Владиславович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.23.07. – Гидротехническое строительство

Согласен на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя учёной степени кандидата технических наук Федорова И.В. и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент
 профессор кафедры "Механика и прочность материалов и конструкций"
 ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет путей
 сообщения Императора Александра I"
 доктор технических наук, профессор

А.М. Уздин


 17.11.20

Подпись руки	
удостоверено.	
Начальник Службы управления персоналом университета	
	Г.Е. Егоров
« 23 »	11 2020



Сведения об официальном оппоненте:

Уздин Александр Моисеевич, доктор технических, профессор, профессор кафедры «Механика и прочность материалов и конструкций» Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук на тему «Развитие теории сейсмостойкости мостов и других инженерных сооружений с учетом динамического взаимодействия фундамента с основанием» по специальности 05.23.15 защищена в 1992 г.

E-mail: dou@pgups.ru

Тел. +7(812)457-82-49, 457-89-25

Адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9