

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию **ТРАВИНА Сергея Михайловича**

«СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТДЕЛЬНО СТОЯЩИХ ХРАНИЛИЩ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01- Строительные конструкции, здания и сооружения

Актуальность темы диссертации

Безопасное хранение отработанного ядерного топлива (ОЯТ) является важным вопросом, актуальность которого не подлежит сомнению. Значительная часть хранилищ ОЯТ была запроектирована без учета сейсмических воздействий. С учетом сказанного, вопросы оценки сейсмостойкости эксплуатируемых хранилищ ОЯТ, рассматриваемые в рецензируемой работе, представляются весьма актуальными.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Степень достоверности полученных результатов определяется корректным применением современного аппарата строительной механики и программных средств. Результаты выполненных расчетов согласуются с данными других исследователей, занимавшихся оценкой сейсмостойкости элементов АЭС.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

В работе рассмотрено несколько вопросов, претендующих на новизну.

Во-первых, это всеобъемлющий подход к оценке сейсмостойкости хранилищ ОЯТ мокрого типа.

Во-вторых, оригинальной является сама конечно-элементная модель сооружения, включающая основание, жидкость и отработанное топливо.

В-третьих, элементы новизны имеются в анализе результатов расчетов и рекомендациях автора по влиянию свойств основания и заполненности хранилища на его сейсмостойкость.

В-четвертых автором предложены новые конструктивные решения усиления рассматриваемых хранилищ.

Практическая значимость работы

Методика диссертанта позволяет оценивать сейсмостойкость эксплуатируемых хранилищ АЯТ и проводить их необходимое усиление, что крайне важно для обеспечения экологической безопасности территорий расположения хранилищ.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основные результаты, заключения, списка литературы (91 наименование), содержит 153 страницы машинописного текста, включая 98 рисунков и 25 таблиц.

Диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу.

В первой главе приведен обзор литературы по исследуемому вопросу. Обзор включает 51 страницу из 127 страниц основного текста диссертации, т.е. 40% работы. Диссертант проводит своего рода ликбез по конструкциям АЭС, устройству хранилищ, влиянию различных факторов на колебания хранилищ, общие методы оценки вероятности отказов. Соискатель пытался разъяснить все особенности работы АЭС от элементарных до сложных. Обзор отчасти стал напоминать учебное пособие. При этом до особенностей расчета на сейсмические воздействия соискатель так и не дошел. Но в целом обзор читается нормально и постановка задачи вполне ясна. Методы решения обоснованы позже, в тексте основной части работы.

Вторая глава посвящена оценке влияния различных факторов на колебания хранилища. Прежде всего, рассмотрено влияние грунтовых условий, степени заполненности хранилища и характера размещения заполненных емкостей по

площади хранилища. Полученные автором результаты представляются ценными и дают качественную оценку влияния указанных факторов на сейсмические колебания хранилища. При этом изложение материала, в отличие от обзорной части, довольно скудное. Демпфирование в пружинах, моделирующих грунт, декларируется, но не указывается. Не ясно, как соотносятся частоты возмущения и сооружения. Эти и ряд других вопросов отмечены ниже в замечаниях к работе.

В третьей главе рассматривается задача учета повреждений при расчете хранилища и предлагаются конструктивные решения, позволяющие снизить опасность сейсмического воздействия на объект. В целом глава не вызывает возражений. Технические решения представляются приемлемыми. На одно из них подана заявка на изобретение и, по мнению рецензента, будет подтверждена положительным решением.

Четвертая глава посвящена рассмотрению возможности создания монолитного покрытия хранилища. Проведенный анализ позволил автору установить, что сплошное монолитное покрытие в этом случае не целесообразно, а возможное решение представляет собой двухуровневое покрытие с ребрами жесткости. Далее автор рассмотрел усиление конструкции путем усиления основания. Результаты расчетов показывают, что иногда такой путь может быть вполне приемлемым.

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

В диссертационной работе сформулировано 9 основных выводов, которые достаточно полно отражают основные результаты выполненной работы.

Первый вывод констатирующий. Он утверждает, что автор изучил современные конструкции хранилищ ОЯТ и выявил их слабые места. Это соответствует действительности и подтверждается большой обзорной частью диссертации.

Второй вывод также констатирующий. В нем отмечается, что в диссертации разработана методология системного многофакторного обоснования

сейсмостойкости «мокрых» отдельно стоящих ХОЯТ. Вывод не вызывает возражений.

Третий вывод является содержательным и утверждает, что для рассмотренных хранилищ наиболее неблагоприятной ситуацией будет сочетание слабых грунтов и длиннопериодного воздействия. Вообще это положение представляется очевидным. В диссертации оно подкреплено соответствующими расчетами.

Четвертый вывод обоснован в работе и утверждает, что главной опасностью с точки зрения сейсмостойкости хранилища, является разрушение рамной настройки и ее падение в резервуар.

Пятый вывод содержательный и не такой очевидный. Автор утверждает, что жесткость грунта сильно влияет на вертикальную нагрузку на сооружение и мало влияет на горизонтальную. Этот факт позволяет принимать определенные решения по усилению хранилища, в частности, усилению грунтов.

Шестой вывод очевиден. Действительно, объем отходов надо уменьшать и равномерно распределять их по площади резервуара.

Седьмой вывод достаточно объемный. Он содержит две констатирующие части. Автор действительно проанализировал влияние повреждений на поведение хранилища при землетрясениях и предложил конструкцию усиления сооружения. Кроме того вывод содержит рекомендацию следить в процессе эксплуатации за отклонениями колонн и наружных стен от вертикального положения. В целом вывод обоснован в работе.

Восьмой вывод касается предложенных автором сдвоенных плит для защиты хранилища. Вывод обоснован в диссертации.

Девятый вывод утверждает, что повышение жесткости основания повышает сейсмостойкость хранилища. Это вывод не всегда справедлив. Например, если на площадке строительства наблюдаются высокочастотные воздействия, как, например, для Кольской и Армянской АЭС. Кроме того, автор не учитывает, что при повышении жесткости грунта уменьшается отток энергии в основание, что увеличит нагрузки по некоторым формам.

По работе необходимо высказать ряд замечаний.

1. Автор несколько раз говорит о модели основания в виде пружины с демпфером. В демпфере должна рассеиваться энергия, равная излученной в основание упругими волнами. При этом не дано количественное значение величины демпфирования в пружине, моделирующий грунт, что затрудняет оценку результатов работы. Жесткость пружины тоже требует дополнительного обоснования. Принятые автором формулы исходят из теории упругого полупространства, а нормативные формулы гражданских норм из анализа колебаний фундаментов. Они построены С.К.Лапиным по данным колебаний более 700 фундаментов площадью от 2 до 2000 м². Опыт автора по расчету мостовых опор показывает, что модель упругого полупространства удовлетворительно работает для скальных и полускальных оснований, а для сильносжимаемых оснований лучшие результаты дает формула гражданских СП.

2. Автор достаточно свободно оперирует с демпфированием, не информируя об этом в своей работе. В металлическом каркасе затухание составляет 2-3% от критического, в теле бетонного короба это 4-6% критического, а в грунте при вертикальных колебаниях до 25% критического. Как из этих данных строится матрица вязкого демпфирования в уравнении (2.5) в диссертации не сообщается.

3. Для рассматриваемой неоднородной конструкции матрица демпфирования \mathbf{B} не является пропорциональной, т.е. собственные векторы матрицы $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R}$ и $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}$ не совпадают. Естественно возникает вопрос, на каком основании в диссертации перемещения демпфированной системы разложены по собственным векторам недемпфированной системы.

4. Подбор воздействия, как по частоте, так и по амплитуде носит очень качественный характер. По частоте просто рассмотрено длиннопериодное и высокочастотное воздействие. Даже при расчете мостов используется пакет из 40-60 воздействий. Если такого нет, то воздействие настраивается на собственную частоту колебаний сооружения. Это легко сделать, чуть сжимая или растягивая акселерограмму путем изменения шага цифровки. По амплитуде автор

ориентируется на устаревшую шкалу MSK. Она давно отменена. В Европе задание величины PGA передается проектировщику. Ему задается только повторяемость расчетного землетрясения. В России уже 3 года действует новая шкала балльности, согласно которой для 8-балльных воздействий $PGA=2.8 \text{ м/с}^2$, а не 2 м/с^2 , как принято в диссертации. Кроме того, принятые в шкалах балльности значения PGA относятся к диапазону частот от 0.3 до 0.5 с. Хорошо известно (впервые на это указали О.А.Савинов и руководитель соискателя), что пиковые ускорения для длиннопериодных воздействий существенно меньше, чем для высокочастотных. Например, 9-балльное Бухарестское землетрясение имело ускорение 2 м/с^2 при преобладающем периоде колебаний $T=1.5 \text{ с}$, а высокочастотное 9-балльное Тобасское землетрясение имело ускорение 9 м/с^2 при $T=0.2 \text{ с}$. В связи со сказанным, разница в нагрузках на слабых и скальных грунтах будет заметно меньше, чем получилось в рассматриваемой работе.

5. В силу высказанных замечаний необходимо отметить ограниченность последнего вывода диссертанта. Он совершенно не приемлем, например, для Армении, Кольского полуострова, Ташкента. Там превалируют жесткие воздействия, и повышение жесткости основания приближает систему к резонансу.

Если рассматривать замечания в целом, то хотелось бы отметить, что они указывают на снижение достоверности полученных расчетных усилий и смещений. Но указанные неточности одинаково влияют на все варианты конструктивных решений. Это позволяет положительно оценить основные предложения диссертанта. Таким образом, высказанные выше замечания по диссертации не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением ВАК.

Диссертация Травина Сергея Михайловича «Сейсмостойкость эксплуатируемых строительных конструкций отдельно стоящих хранилищ отработавшего ядерного топлива», 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, разработаны предложения по оценке сейсмостойкости и способам усиления мокрых хранилищ ОЯТ.

Результаты работы соответствуют пункту 2 паспорта специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Диссертационная работа Травина С.М. соответствует критериям, установленным в "Положении о порядке присуждения ученых степеней", утвержденном Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а ее автор, ТРАВИН Сергей Михайлович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения.

Согласна на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя учёной степени кандидата технических наук Травина С.М. и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент
кандидат технических наук,
инженер-проектировщик I категории
сектора разработки программных
средств
АО «Трансмост»



Анжелика Александровна Долгая

«27» апреля 2021 г.

Подпись 

заверяю:

Начальник
отдела кадров




Адрес: 190013, г. Санкт-Петербург, Подъездной пер.,

Тел.: +7(812)645-35-16.

E-mail: anzhelika-dolgaya@yandex.ru,

ОАО «Трансмост»