

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию **Бондарева Дмитрия Евгеньевича**

«Метод расчёта сейсмоизолированных зданий на ротационные воздействия, вызванные землетрясением», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

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. Пространственный характер работы необходимо учитывать при оценке сейсмостойкости зданий и сооружений. Однако нормативная база не позволяет пока реализовать такой учет. Для сейсмоизолированных сооружений в России такая задача вовсе не рассматривалась. Сказанное и определяет актуальность темы работы.

Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Степень **достоверности** полученных результатов определяется корректным применением современного аппарата теоретической и прикладной механики. Результаты выполненных расчетов согласуются с данными других исследователей, занимавшихся пространственными колебаниями зданий, и подтверждаются опытом прошлых землетрясений. Безусловно, достоверность результатов подкрепляется тем, что руководитель соискателя один из крупнейших в России специалистов в области сейсмостойкости сооружений.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Диссертант впервые поставил и проанализировал задачу расчета сейсмоизолированных сооружений с учетом их пространственной работы.

В диссертации впервые получены уравнения пространственных колебаний зданий на качающихся стойках и резинометаллических опорных частях (РОЧ).

Новизна имеется и в рекомендациях диссертанта по значимости крутильной компоненты для расчета сейсмоизолированных зданий.

Практическая значимость работы

Методика диссертанта позволяет сравнительно легко проводить оценку сейсмостойкости сейсмоизолированных зданий без привлечения мощных программных средств. Это особенно важно на предварительных этапах проектирования систем сейсмоизоляции.

Кроме того, рекомендации автора целесообразно учесть при разработке нормативной базы для сейсмоизолирующих фундаментов.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность.

Диссертация Бондарева Д.Е. состоит из введения, 4 глав, заключения и списка литературы из 173 наименований, в том числе более 100 иностранных источников. Работа содержит 202 страницы машинописного текста.

Диссертация четко и логично структурирована и представляет собой завершенную работу.

В первой главе приведен обзор литературы, который можно условно разделить на три части. В первой из них приводятся результаты анализа данных о кручении обычных зданий, во второй в части рассмотрены работы по кручению сейсмоизолированных зданий и в третьей части анализируется нормативная база по учету кручения. Следует отметить детальную проработку зарубежной литературы, поскольку в России и бывшем СССР работы по пространственным колебаниям сейсмоизолированных зданий практически отсутствуют.

По нашему мнению, в главе следовало бы увязать известные исследования с развитием современных программных комплексов для пространственного расчета сооружений.

Вторая глава посвящена построению уравнений колебаний сооружений на кинематических опорах и РОЧ, а также анализу колебаний этих сооружений при поступательном возмущении основания. Уравнения движения представляют собой классическое уравнение свободного движения твердого тела. Автор дополнительно учел наличие в системе сейсмоизоляции пластических демпферов. Анализ зданий на РОЧ не вызывает вопросов. Колебания здания на кинематических опорах значительно более сложные и некоторые детали требуют дальнейшего развития работы диссертанта, что отмечается в замечаниях к диссертации.

В третьей главе рассмотрена задача учета крутильной компоненты воздействия на колебания сейсмоизолированных зданий. Диссертант отталкивался от методики задания крутильной компоненты возмущения, предложенной Ю.П.Назаровым и частного случая этой методики в форме Н. Ньюмарка. В целом материал не вызывает возражений, но мне не понравился раздел 3.2, состоящей из одной фразы. Конечно, по рисункам читатель сам может догадаться, что происходит, но следовало бы дать некоторые пояснения.

Четвертая глава посвящена иллюстрации применения разработанных методик к расчету конкретных сооружений. В частности, диссертант проиллюстрировал сопоставление предлагаемой методики и расчета по современному программному комплексу. Им также дано направление развития ЛСМ для расчета систем сейсмоизоляции, в частности, необходимость построения спектров ответа от поворотных колебаний основания. Правда, до нормативного варианта ЛСМ необходимо пройти определенный путь, в том числе анализ корреляции вертикального, горизонтального и поворотного воздействий.

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

Автором сформулировано 8 основных результатов и выводов.

Первый вывод – констатирующий. Диссертант действительно предложил простые модели, позволяющие учесть пространственную работу сейсмоизолированного здания на маятниковых опорах с упругопластическими демпферами. Вывод не вызывает возражений.

Второй вывод - также констатирующий и повторяет первый применительно к зданиям на РОЧ.

Третий вывод указывает на важность при расчете сейсмоизолированных сооружений учета кручения, возникающего при несовпадении центра жёсткости системы сейсмоизоляции с центром масс сооружения для зданий, опирающихся на РОЧ. Вывод не вызывает возражений и обоснован в диссертации.

Четвертый вывод отмечает важность сейсмических ротаций, которые значительно влияют на динамику сейсмоизолированного сооружения, расположенного на мягких грунтах. Этот вывод следует из диссертационной работы и не вызывает возражений.

Пятый вывод отмечает соответствие предлагаемых и сложных конечноэлементных моделей для оценки кручения здания. Вывод не вызывает возражений.

Шестой вывод, вообще говоря, важен с практической точки зрения. Он указывает на недостаточность требований нормативной базы для учета крутильной компоненты сейсмических колебаний. Результаты диссертанта действительно указывают на такой факт, однако, по нашему мнению, объем расчетов (состав и количество расчетных акселерограмм) пока не достаточен для корректировки норм.

Седьмой вывод касается метода учёта крутильных форм сейсмоизолированных сооружений по линейно-спектральной методике (ЛСМ) с помощью ротационного спектра. Здесь рецензент не вполне согласен с диссертантом. Если понимать под ЛСМ решение с разложением по формам

колебаний, то диссертант прав. Если же понимать ЛСМ так, как он трактуется в нормативных документах и учебниках, то здесь автор только наметил путь развития ЛСМ с построением спектров ответа от крутильной компоненты воздействия. Далее необходимо построение огибающих спектров всех компонент воздействия и решение задачи об их корреляции.

Восьмой вывод констатирует факт выполнения расчета реального объекта, только с учетом замечания к выводу 7, я бы сказал, что расчет сделан не по ЛСМ, а с разложением по формам колебаний.

По работе необходимо высказать ряд замечаний.

1. Диссертант не позиционировал свои исследования в общей проблеме пространственных расчетов сооружений. Об этом уже говорилось при анализе первой главы диссертации. Пространственный расчет можно сделать по любой современной программе. Разница состоит в том, что у диссертанта модель включает 3 или 4 степени свободы, а конечно-элементная модель минимум 300-400. В результате по методике автора необходимые расчеты можно выполнить за несколько часов, а конечно-элементные – за несколько месяцев. Это делает разработки диссертанта незаменимыми при подборе параметров сейсмоизоляции и предварительном расчете сооружения.

2. Диссертант не учитывает в модели свойств основания. В исследованиях второго оппонента, А.А.Долгой показано, что сейсмоизолированная система при правильном подборе сейсмоизоляции не должна чувствовать основания. Тем не менее, для зданий на маятниковых опорах сильносжимаемое основание может привести к вертикальным и поворотным колебаниям сооружения на грунте, что не учитывается в диссертации.

3. Если для фундаментов на РОЧ модель диссертанта не вызывает вопросов, то для фундамента на маятниковых опорах такие вопросы есть. Хотелось бы выделить два:

3.1. При повороте маятниковой опоры здание приподнимается пропорционально углу поворота опоры. Например, здание на опорах В. В. Назина

высотой около двух метров при МРЗ имеет смещение около 40 см и подъем около 4 см. При кручении крайние опоры будут иметь подъем около 5 см, а средние – 3 см. Они могут просто вывалиться. Этот эффект был обнаружен еще Ю. Д. Черепинским и он снабдил свои опоры штырем, исключаящим их падение. При разгрузке опор меняется жесткость маятникового фундамента. Этот вопрос, к сожалению, мало исследован и не затронут в работе.

3.2. Наличие вертикальной компоненты приводит к разгрузке или перегрузке маятниковых опор. Это проявляется в уравнениях колебаний тем, что вместо ускорения силы тяжести в них входит величина $(g - \ddot{z}_0)$. Это обстоятельство отмечается во многих исследованиях, в частности, в статьях Ю. Л. Рутмана. Соответствующий член имеется в уравнении (37) диссертации. Но потом он исчез. Между тем, при наличии этого члена классические уравнения колебаний превращаются в уравнения Матье-Хилла и для системы теоретически возможен параметрический резонанс.

4. Предложенный в диссертации метод разложения уравнений по формам колебаний еще далек от той ЛСМ, которую применяют для расчета сооружений. Его надо развивать в соответствии с замечаниями к выводу 7 диссертации.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением ВАК.

Диссертация Бондарева Дмитрия Евгеньевича «Метод расчёта сейсмоизолированных зданий на ротационные воздействия, вызванные землетрясением», на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области расчета сейсмоизолированных сооружений, соответствует критериям, установленным в "Положении о порядке присуждения ученых степеней", утвержденном Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, а ее автор,

Бондарев Дмитрий Евгеньевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

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

Уздин
Александр
Моисеевич

04.12.2019

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

