

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель генерального директора
по научной работе

АО «НИЦ «Строительство»
доктор техн. наук, профессор
А.И. Звездов
«18» апреля 2024 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации
акционерного общества «Научно-исследовательский центр «Строительство»
на диссертационную работу **Назаровой Шохисты Шукурулла кизи** на тему
«Оценка сейсмостойкости сооружений при проектировании сценариев
накопления повреждений», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по научной специальности
2.1.9. Строительная механика.

Представленная на рассмотрение диссертационная работа Назаровой Шохисты Шукурулла кизи на тему «Оценка сейсмостойкости сооружений при проектировании сценариев накопления повреждений» посвящена разработке методов оценки сейсмостойкости сооружений при многоуровневом проектировании и построении сценариев накопления повреждений от землетрясений различной силы и повторяемости.

Диссертация содержит 120 страниц текста и состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 85 наименований (21 на иностранном языке) и приложения (акт внедрения), включает 20 таблиц и 38 рисунков.

Акционерное общество «Научно-исследовательский центр «Строительство» рассмотрело результаты, изложенные в диссертации Назаровой Шохисты Шукурулла кизи, и отмечает, что соискателем были исследованы актуальные вопросы, посвященные оценке сейсмостойкости сооружений при их многоуровневом проектировании:

– предложен новый подход к заданию сейсмического воздействия,

- исключающий использование карт сейсмического районирования и использующий дробные баллы;
- сформулированы критерии для оценки сейсмостойкости сооружений при землетрясениях различной силы и повторяемости;
 - разработаны практические рекомендации по обеспечению многоуровневого проектирования и проектирования сценариев накопления повреждений за счет использования сооружений с заданными параметрами предельных состояний.

Актуальность исследования

В мировой практике сейсмостойкого строительства осуществляется переход от проектирования сейсмостойких сооружений к проектированию сценариев накопления повреждений при землетрясениях различной силы и повторяемости. Такой подход получил название многоуровневого проектирования или performance based design (PBD). Европа уже перешла на такое проектирование, но до настоящего момента нет ясности по вопросам задания сейсмического воздействия и регламентации предельных состояний для воздействий различного уровня.

Таким образом, имеется основание утверждать, что научная задача, поставленная в диссертации, является актуальной, а полученные в ходе исследования диссертации результаты значимы для дальнейшего развития науки.

Во **Введении** к диссертационной работе представлено современное состояние строительной науки по тематике исследования (степень разработанности темы), приведено обоснование актуальности работы, определены объект и предмет, цель и задачи исследования, перечислены основные научные и практические результаты.

Первая глава содержит подробный обзор работ, посвященных развитию современной теории сейсмостойкости и необходимости перехода к многоуровневому проектированию сейсмостойких сооружений. Объем

изученных соискателем работ по тематике исследования положительно характеризует рассматриваемую диссертацию, а выполненный автором анализ подчеркивают актуальность проведенного исследования.

Во второй главе приведены детальные исследования по заданию уровня расчетного сейсмического воздействия, то есть по заданию расчетных ускорений основания. Соискатель предлагает исходить из допустимых повторяемостей рассматриваемых предельных состояний. По этой повторяемости на основе формул, применяемых сейсмологами при построении карт общего сейсмического районирования (ОСР), определяется расчетный балл, который не является целочисленным. На этой основе, согласно инструментальной части ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» вычисляются пиковые ускорения. При проведении исследований соискатель уточнила связь повторяемости с расчетным баллом и предложила поправку к ускорениям, приведенным в ГОСТ Р 57546-2017, учитывающую спектральный состав воздействия. Все предложения автора доведены до возможности их практического применения, в частности, получены значения расчетных ускорений для землетрясений различной повторяемости для регионов с различной ситуационной сейсмичностью.

В третьей главе рассмотрены особенности расчета сооружений на действие слабых землетрясений, которые объединены одним термином проектные, или ПЗ. Эта терминология соответствует отечественным нормам расчета больших плотин и АЭС и объединяет, выделенные ранее предельные состояния SLS (serviceability limit state) и DLS (damaged limit state). Проблема является новой для отечественного проектирования. За рубежом, в рамках ISO имеется комиссия, занимающаяся этим вопросом. Автор получил ряд новых предложений и результатов, полезных для науки и практики. В частности, в диссертации установлены районы с ситуационной сейсмичностью, которая требует усиления несущих конструкций для

восприятия нагрузок от ПЗ. Однако, для большинства районов требуется обеспечить работу систем жизнеобеспечения.

Новым является требование ограничения виброскоростей в определенном частотном диапазоне, что должно способствовать исключению паники среди жителей.

Также интерес представляет обоснование необходимости сейсмоизоляции в госпиталях именно по условию работоспособности при землетрясениях типа проектных.

Материал главы является пионерным и требует дальнейшего развития.

В четвертой главе приведена методика расчета сооружений на действие максимальных расчетных землетрясений (МРЗ). Здесь собраны основные положения такого расчета без достаточной детализации. Проблема, конечно, очень сложна. Автор затронул все основные аспекты проблемы, подлежащие решению: задание воздействия и критерии сейсмостойкости.

При задании воздействия соискатель опирается на давно сформулированный принцип моделирования воздействий: оно должно давать результат в запас прочности, не приводить к излишнему удорожанию принимаемых конструктивных решений и обеспечивать возможность проведения инженерных расчетов. При этом нет требования похожести расчетного воздействия на реальное. Последние 15 лет по этому поводу ведутся дискуссии. Они связаны с принципиальным решением о передаче генерации воздействий сейсмологам, которые не могут обеспечить первый принцип задания воздействия – в запас прочности, поскольку выполняют работу для площадки строительства, не зная ничего о сооружении.

В диссертации для генерации воздействия использован подход и программное обеспечение А.А. Долгой, разработанное под руководством О.А. Савинова и А.М. Уздина. В качестве исходной информации соискатель использовал полученные в первой главе пиковые ускорения, а также заимствованные в научной литературе энергетические и кинематические характеристики реальных воздействий.

При анализе предельных состояний соискатель обращает внимание на кинематические и энергетические характеристики воздействия и сооружения. Кроме известных энергетических характеристик (интенсивности по Ариасу и абсолютной кумулятивной скорости) в работе использован спектр работ сил пластического деформирования и предложена новая характеристика – спектр повреждаемости.

Глава представляет научный интерес, но результаты автора легко применить пока только к одномассной системе.

Пятая глава диссертации посвящена проектированию сооружений с заданными параметрами предельных состояний. Принципы такого проектирования были предложены в середине 70-х годов прошлого века в СССР в ЦНИИСК Л.Ш. Килимником и Я.М. Айзенбергом, а за рубежом в это же время – новозеландскими учеными Р. Порком и Д. Довриком. Однако их практическое внедрение логически связано с внедрением многоуровневого проектирования и проектирования сценариев накопления повреждений. Соискатель удачно соединила указанные направления теории сейсмостойкости и привела два интересных примера. Правда, первый пример реализован ранее в институте Ленгипротрансмост и ЗАО «Стройкомплекс-5». Он просто удачно иллюстрирует предложения автора. А второй пример причального сооружения выполнен при непосредственном участии автора в ЗАО «Стройкомплекс-5». В будущем это направление может получить активное развитие.

Научная новизна рецензируемой диссертации заключается в следующем:

Впервые предложена последовательная методика многоуровневого проектирования сейсмостойких сооружений, обеспечивающая заданный сценарий накопления повреждений в сооружении. Методика не использует непосредственно карты сейсмического районирования и оперирует дробными расчетными баллами.

В процессе разработки методики в диссертации уточнена зависимость повторяемости землетрясения от его интенсивности, а также зависимость пиковых ускорений от расчетного балла.

Для анализа поведения сооружений при сильных землетрясениях сформулированы требования к формированию расчетных акселерограмм и предложено использовать дополнительные энергетические характеристики воздействий. К ним относятся спектр работы сил пластического деформирования и впервые введенный соискателем спектр повреждаемости.

Впервые предложены требования к сейсмостойкости сооружений при действии ПЗ. Показано, что условие прочности при ПЗ актуально только для небольшой группы районов с высокой ситуационной сейсмичностью. Вместе с тем, предлагаются дополнительные требования к сохранению работоспособности систем жизнеобеспечения и исключения паники людей.

Соискатель впервые наглядно проиллюстрировала связь многоуровневого проектирования и проектирования систем с заданными параметрами предельных состояний.

Практическая значимость работы заключается в следующем

- предложена методика реализации многоуровневого проектирования для нормирования сейсмостойкого строительства;
- методика задания расчетных ускорений, на основе действующего ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности» доведена до практического применения;
- сформулированы практические требования к сооружениям в расчетах на действие проектных землетрясений;
- предложенный в работе подход к расчету и проектированию приведет к развитию подходов к страхованию сейсмостойких зданий и сооружений.

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов и выводов обеспечивается применением строгих и корректных математических постановок и решений задач динамики сооружений и теории

сейсмостойкости, применением современных автоматизированных средств для научных исследований, использованием сертифицированного программного обеспечения, реализующего апробированные численные методы исследования, а также соответствием результатов исследований имеющимся литературным данным по вопросам расчета сейсмостойкости сооружений. В частности, результаты автора хорошо согласуются с исследованиями, представленными в статье «Некоторые особенности моделирования расчетных акселерограмм», авторы: Смирнова Л.Н., Уздин А.М., Прокопович С.В., опубликованной в журнале «Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений», № 1 за 2019 год.

Значимость полученных соискателем результатов исследования для практики, подтверждается тем, что:

предложения автора по расчету и проектированию сооружений с заданными параметрами предельных состояний защищены авторским свидетельством и внедрены при проектировании портового сооружения в ЗАО «Стройкомплекс-5»

все представленные в диссертации практические рекомендации позволят инженерам-строителям, занимающимся расчетами сейсмических объектов, повысить надежность проектируемых конструкций.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДОВ, ПРИВЕДЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Сформулированные теоретические и практические результаты можно рекомендовать к использованию:

1. При разработке нормативной базы сейсмостойкого строительства.
2. В проектных институтах и научно-исследовательских организациях, выполняющих комплексное проектирование различного рода сооружений.
3. В курсах лекций по динамике сооружений и теории сейсмостойкого строительства для студентов и аспирантов строительных вузов.

Апробация работы осуществлена в достаточной степени. Основные результаты были доложены и обсуждены на шести российских и международных конференциях. Основные результаты исследования опубликованы в достаточном количестве научных статей, в том числе в восьми статьях в различных журналах из актуального перечня рецензируемых научных изданий ВАК РФ, и пяти статьях в журналах, индексируемых в международных наукометрических базах данных SCOPUS и WoS.

Автореферат полноценно отражает содержание диссертации.

По существу, диссертационной работы имеются следующие замечания и вопросы:

1. По степени проработки главы не равноценны. Вторая глава может использоваться на практике непосредственно без привлечения дополнительных материалов. Третья глава может служить основой для нормирования расчетов на действие проектного землетрясения. А четвертую и пятую главы следует связывать. Многие особенности расчетов на действие максимального расчетного землетрясения исключаются при использовании систем с заданными параметрами предельных состояний.

2. Для предложенного автором спектра повреждаемости необходимо задать предельное смещение и соответствующее ему затухание. Как это сделать, не совсем ясно из текста диссертации?

3. Раздел, посвященный расчетам на МРЗ, ориентирован на одномассовую систему. Даже задание опасного резонансного воздействия не однозначно. Например, для двухмассовой системы, моделирующей сооружение с динамическим гасителем колебаний опасные воздействия для расчета основного сооружения и пружины гасителя должны быть различными.

4. Рекомендации автора по применению линейно-спектрального метода для расчетов на сильные и слабые землетрясения все же ограничены принципиальной возможностью спектрального разложения уравнений

движения. Для нелинейных систем, например, нелинейных систем сейсмоизоляции на фундаментах А.В. Курзанова и Ю.Д. Черепинского, применение линейно-спектральной методики в принципе невозможно.

5. В работе много говорится о коэффициенте гармоничности k , но нет рекомендаций по его назначению.

6. Работа написана хорошим языком, но имеются недочеты в оформлении и орфографические ошибки. Например, в формулу (4.14) попало случайное выражение. Должно быть $\sum \delta_i^2$. На рис.5.3 звездочки, указывающие на моменты выключения свай, смещены в сторону от кривой нагружения; в таблицах данных для генерации расчетных воздействий фигурирует коэффициент динамичности β , но автор о нем ничего не говорит и, видимо, не использует.

7. Автор ссылается на карты общего сейсмического районирования ОСР-97, отмечая их как действующие. Данный документ перестал действовать в конце 2015 года. Что касается комплекта карт ОСР-2012, вероятно соискатель имела ввиду карты ОСР-97*? В настоящее время следует руководствоваться картами ОСР-2015, утвержденными Минстроем РФ в составе строительных норм (№844/пр от 23.11.2015 г.).

Отмеченные замечания не снижают теоретической и практической значимости работы и не влияют на ее общую положительную оценку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Назаровой Шохисты Шукурулла кизи «Оценка сейсмостойкости сооружений при проектировании сценариев накопления повреждений» – актуальное, законченное и оригинальное исследование, вносящее вклад в науку и в направление строительство, соответствует заявленной научной специальности 2.1.9. Строительная механика, удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г.

№842 в действующей редакции с изменениями от 20 марта 2021 г. №426), предъявляемым к кандидатским диссертациям, поскольку является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, а ее автор Назарова заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9 Строительная механика.

Диссертация, автореферат на диссертацию и отзыв на диссертацию Назаровой Шохисты Шукуриллы кизи на тему «Оценка сейсмостойкости сооружений при проектировании сценариев накопления повреждений» рассмотрены, обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы» акционерного общества «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство»), протокол №6/2023-2024 от «10» апреля 2024г.

Результаты голосования «за» - 10, «против» - 0, «воздержалось» - 0.

Учёный секретарь
канд. техн. наук, доцент кафедры
«Строительные сооружения,
конструкции и материалы»

 Смирнова Любовь Николаевна

Сведения о ведущей организации:

Акционерное общество «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство»)

Юридический адрес: 141367, Московская область, город Сергиев Посад, пос. Загорские Дали, д.6-11

Почтовый адрес: 109428, Москва, ул. 2-я Институтская, д.6

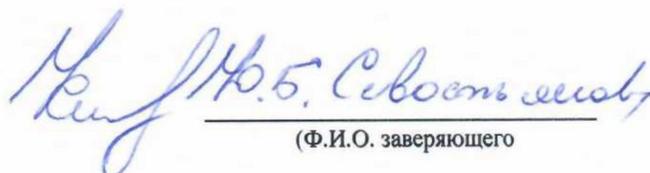
Телефон: +7(495)602-0070

e-mail: inf@cstroy.ru

Официальный сайт: <http://www.cstroy.ru/>

Заверено:


(должность)


(Ф.И.О. заверяющего)