

УТВЕРЖДАЮ

И.о. Ректора ФГБОУ ВО



«Волгоградский государственный технический университет», д.х.н., профессор

Навроцкий А.В.

«28» 04 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» на диссертационную работу Валиева Азамата Джониевича на тему «Оценка сейсмостойкости крупнопанельных зданий с учетом физической нелинейности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

1. Актуальность темы исследования

В последние десятилетия наблюдается рост числа и интенсивности сейсмических событий в разных регионах мира. Это делает необходимость оценки сейсмостойкости зданий и сооружений особенно актуальной. Разработка научно обоснованных методов оценки является крайне важным направлением исследований.

В условиях сильных сейсмических нагрузок элементы зданий могут вести себя нелинейно. Это означает, что традиционные методы, основанные на линейной динамике, не всегда способны адекватно предсказать поведение конструкций. Методы расчета, регламентированные в своде правил СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» и СП 335.1325800.2017 «Крупнопанельные конструктивные системы. Правила проектирования», не позволяют в полной мере учесть нелинейную динамическую работу сооружений в результате сейсмического воздействия.

Поскольку многим из этих зданий почти 50 лет и их техническое состояние зачастую бывает неудовлетворительным, актуальным становится вопрос оценки сейсмостойкости крупнопанельного жилого фонда сейсмических районов с учетом отмеченных особенностей. Методы, учитывающие физическую нелинейность, позволят более точно моделировать реальные условия.

Актуальность работы также подтверждается тем, что она выполнялась в рамках проекта № 24-79-00087 «Исследование нелинейной сейсмической реакции крупнопанельных зданий» Российского научного фонда и поддержана грантом «Студенческий стартап» Фонда содействия инновациям (договор № 1463ГССС15-L/88312).

2. Структура и содержание работы

Структура диссертации логична, дает возможность последовательно и полно исследовать предложенные в работе новые научные результаты. В работе обосновывается актуальность, новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования, формируются цели и задачи, методологическая основа, излагаются основные положения, выносимые на защиту.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и пяти приложений. Ее содержание изложено на 187 страницах, проиллюстрировано 95 рисунками и 20 таблицами. Библиографический список литературы содержит 116 наименований.

Во введении диссертационной работы содержится обоснование актуальности темы исследования. Определены цель, задачи, объект и предмет исследования. Изложены результаты анализа современного состояния области исследования, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, приведено описание теоретической и практической значимости сформулирована научная новизна исследования. Показан личный вклад автора и степень достоверности полученных

результатов. Приведены сведения об апробации результатов и основных публикациях по теме диссертации.

В первой главе был проведен анализ развития крупнопанельного домостроения на территории СССР. Были определены получившие наибольшее распространение типовые серии.

Приведены результаты обследований крупнопанельных зданий по прошествии различных землетрясений, включая интенсивность воздействия и повреждение, которые получило здание.

Представлен список целевых программ различного уровня (федерального, регионального и муниципального), а также общий объем средств, направленных на их реализацию.

Произведена предварительная оценка сейсмостойкости существующего жилого фонда Республики Северная Осетия-Алания, из которой определено, что после актуализации строительных норм и правил по строительству в сейсмических районах, вся территория Республики характеризуется дефицитом сейсмостойкости в 2–3 балла.

Был проведен анализ всех крупнопанельных зданий города Владикавказа и выявлена типовая серия, получившая наибольшее распространение в городе, – 92с. Также автором разработана поадресная база данных всех крупнопанельных домов города, включающая 148 многоквартирных домов с их кратким описанием, таким как адрес дома, год постройки, число жителей и др.

Приведены примеры результаты испытаний крупнопанельных зданий и, в частности, горизонтальных стыков панелей. Испытания показали, что замоноличенные шпоночные вертикальные стыки в упругой стадии работы обеспечивают практически монолитное соединение стыкуемых стен.

Проанализированы основные методы расчета зданий и сооружений на сейсмические нагрузки. Рассмотрены теоретические основы линейно-спектрального метода. Также была представлена основная идея нелинейного динамического метода расчета.

Во второй главе показано, что, используя такие методы, как упрощение геометрии, оптимизация сетки конечных элементов, субструктурирование элементов и выбор эффективных решателей, инженеры могут достичь баланса между точностью и вычислительной эффективностью. Однако очень важно убедиться, что упрощения и сокращения не снижают точности результатов, а любые выброшенные элементы или отверстия должным образом учитываются в анализе.

На примере системы с одной степенью свободы выявлено, что явные методы интегрирования подходят для небольших систем или сценариев, где приоритетом являются вычислительная простота и короткие временные рамки. Неявные методы интегрирования являются предпочтительным выбором для сейсмического анализа, связанного с высокой жесткостью, демпфированием или крупными системами благодаря своей безусловной стабильности. Для нелинейного сейсмического анализа широко используются итеративные методы, такие как Ньюмарка – Бета.

В качестве объекта исследования принят 9-этажный крупнопанельный жилой дом по адресу: г. Владикавказ, проспект Доватора, 31.

Было проведено визуальное обследование зданий, по результатам которого определены основные дефекты:

- расхождение горизонтальных и вертикальных швов здания;
- некачественное заполнение швов бетоном или его полное отсутствие;
- отсутствие сварки закладных деталей.

Были определены основные допущения для расчета крупнопанельных железобетонных зданий:

Предпосылки были верифицированы в программном комплексе ЛИРА-САПР 2022. Для уточнения были смоделированы две расчетные ситуации, при которых поперечное сечение находилось полностью в сжатом состоянии и частично в растянутом. Результаты расчета показали соответствие с расчетными предпосылками.

Стеновые панели моделируются упругими 4-узловым КЭ 44. Элементы стыков моделируются КЭ 259 – нелинейным 4-узловой конечным элементом, работа которого задается би- или трилинейной диаграммой. Элементы закладных деталей моделируются КЭ 255 – двухузловым нелинейным элементом, работа которого задается билинейной диаграммой. Характеристики работы шпонки были определены согласно пунктам А3 и В4 СП 335.1325800.2017.

Была определена оптимальная сетка конечных элементов. Проведены сравнительные расчеты на предварительных моделях с различными размерами сеток конечных элементов. Путем сравнения результатов с референтной моделью с наименьшей сеткой была выбрана сетка конечных элементов КЭ $0,4 \times 0,4$; и элементов стыка $0,4 \times 0,1$.

Проверка корректной работоспособности расчетной модели производилась путем проведения нелинейного динамического анализа во времени на двухкомпонентную запись землетрясения, произошедшего в Спитаке.

Было предложено моделирование дефектов, определенных при визуальном осмотре объекта исследования, путем понижения проектного значения класса бетона с В15 до В7.5.

Результаты расчетов при уменьшении значений класса бетона показали резкое увеличение общего отклика сооружения: максимальный перекося этажей увеличился на 34 %. При уменьшении коэффициента демпфирования были получены более разнящиеся результаты: предельный перекося этажа изменился до 25 %. Настолько разнящиеся результаты указывают на необходимость дальнейшего изучение вопроса учета дефектов заполнений.

В третьей главе был предложен основной критерий работоспособности зданий – максимальный перекося этажей. Также были предложены формулировки уровней работоспособности здания, соответствующие пороговым значениям перекося этажей. Были предложены 3 уровня работоспособности для оценки состояния здания:

- непосредственного пребывания людей (IO – immediate occupancy);
- безопасности жизнедеятельности (LS – life safety);
- предотвращение обрушения (CP – collapse prevention).

Пороговыми значениями перекосов этажей, соответственно, были определены 0,1; 0,2 и 0,35 % для крупнопанельных зданий.

Для оценки сейсмостойкости существующего жилого фонда был предложен инкрементальный динамический анализ, подразумевающий проведение нескольких нелинейных динамических анализов во времени на записи землетрясений, каждая из которых масштабируется от 0,1 g до 0,5 g. Проведение анализа на различные записи землетрясений позволяет получить более полный спектр откликов здания.

Был предложен метод выбора записей землетрясений для проведения анализа рассматриваемой территории: записи землетрясений отбирались согласно наиболее близкорасположенным к г. Владикавказу зонам возникновения очагов землетрясений. Были отобраны 20 различных записей землетрясений.

По результатам, полученным после проведения инкрементального динамического анализа, построены кривые повреждаемости, представляющие собой логнормальное распределение и описывающие вероятность наступления того или иного уровня работоспособности в зависимости от характеристики интенсивности произошедшего землетрясения.

В четвертой главе предложен способ внедрения разрабатываемой системы прогнозирования сейсмической повреждаемости в структуру органов исполнительной власти, служб реагирования при чрезвычайных ситуациях и частных страховых компаний.

Представлены принципы реализации системы мониторинга сейсмической повреждаемости жилых домов.

Разработка системы включала в себя подзадачи по:

- разработке модуля обработки данных расчетных программных комплексов;
- разработке модуля построения кривых повреждаемости крупнопанельных жилых зданий;
- разработке и тестированию прототипа подсистемы прогнозирования сейсмической повреждаемости.

Показаны основные экранные формы, разработанной системы прогнозирования сейсмической повреждаемости.

В заключении подведены итоги проведенного исследования, сформулированы выводы по результатам поставленных задач и проведенного комплексного исследования в рамках диссертационной работы.

3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждается использованием апробированных методов динамики сооружений и опытом сейсмостойкого строительства. Результаты исследований соответствуют данным других авторов, имеющимся по отдельным вопросам, затронутым в диссертации. Верификация результатов исследования проводилась на результаты натурных вибродинамических испытаний крупнопанельного здания типовой серии 92с.

– Работа выполнялась в рамках проекта № 24-79-00087 «Исследование нелинейной сейсмической реакции крупнопанельных зданий») Российского научного фонда в рамках Президентской программы исследовательских проектов, реализуемых ведущими учеными, в том числе молодыми учеными «Проведение инициативных исследований молодыми учеными».

– Работа поддержана премией Главы Республики Северная Осетия-Алания среди молодых ученых и специалистов за 2023 г.

– Работа поддержана грантом «Студенческий стартап» Фонда содействия инновациям (договор № 1463ГССС15-L/88312).

Основные теоретические положения и выводы диссертационной работы подтверждены апробацией на следующих конференциях и семинарах:

– Научно-практической конференции «Пространственные модели и методы расчета сейсмостойкости сооружений», приуроченной к 75-летию профессора Ю. П. Назарова (Москва, 17–18 декабря 2024 г.).

– V-й Международной научно-технической конференции “International Conference on Materials Physics, Building Structures and Technologies in Construction, Industrial and Production Engineering” (Владимир, 2024 г.).

– XV-й Российской национальной конференции по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию с международным участием (Сочи, 2023 г.).

– 7-й Международной научно-технической конференции «Строительство, архитектура и техноферная безопасность» (Сочи, 2023 г.).

– Исследование было отмечено благодарностью Председателя Парламента Республики Северная Осетия-Алания Т. Р. Тускаева (Распоряжение от 06.02.2023 г. № 11/лс).

– Результаты исследования были внедрены в работу администрации местного самоуправления г. Владикавказа (акт о внедрении результатов научного исследования в практику от 22.01.2024 г. № 42) и Министерства строительства и архитектуры Республики Северная Осетия-Алания (акт о внедрении результатов научно-исследовательской работы от 08.12.2023 г. № 01-13/3-61) в рамках реализации государственной программы Республики Северная Осетия-Алания «Обеспечение доступным и комфортным жильем граждан в Республике Северная Осетия-Алания» на 2023–2025 годы.

4. Научная новизна

– Предложена методика моделирования крупнопанельных жилых зданий с учетом физически нелинейной работы элементов сооружений, отличающаяся использованием комбинации нелинейных конечных элементов пластин и 2-узловых нелинейных конечных элементов для моделирования нелинейной работы горизонтальных стыков.

– Разработана методика построения кривых повреждаемости для крупнопанельных жилых зданий на основе инкрементального динамического анализа, отличающаяся выбором записей землетрясений для рассматриваемой строительной площадки и учетом различных интенсивностей сейсмического воздействия.

– Впервые разработаны кривые повреждаемости для крупнопанельных жилых зданий, представляющие собой графические отображения вероятности превышения определенного уровня повреждений при сейсмическом событии определенной интенсивности.

– Разработаны рекомендации и предложения, позволяющие повысить эффективность оценки сейсмического риска крупнопанельных жилых зданий в сейсмических районах, отличающиеся использованием кривых повреждаемости в рамках текущей практики снижения последствий сейсмических событий.

5. Научная и практическая ценность диссертации

Научная и практическая значимость работы заключается в следующем:

– Предлагаемые решения позволяют обеспечить более точную и надежную оценку сейсмической уязвимости существующих крупнопанельных жилых зданий и предоставят ценную информацию о стратегиях снижения риска и сейсмоусиления.

– Потенциальный вклад в разработку научно обоснованной политики и нормативных актов по строительству, оценке сейсмостойкости и сейсмоусилению зданий в сейсмических районах.

6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Значимость полученных автором диссертации результатов заключается в развитии методов механики с точки зрения оценки сейсмостойкости существующих крупнопанельных зданий, в исследовании разработки методов и критериев для оценки сейсмостойкости сооружений, выборе пороговых значения для уровней работоспособности, выборе записей

землетрясений для инкрементального динамического анализа для рассматриваемой площадки строительства, разработке кривых повреждаемости для трех крупнопанельного здания, в разработке методов интегрирования системы прогнозирования сейсмической повреждаемости в структуру органов исполнительной власти и органов местного самоуправления.

Результаты, полученные А. Д. Валиевым в диссертации, позволяют увеличить объем знаний в соответствующей отрасли науки – сейсмостойкого строительства, а предложенная методика разработки кривых повреждаемости крупнопанельных жилых зданий имеет важное значение для обеспечения сейсмической безопасности Российской Федерации.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Результаты выполненного диссертационного исследования рекомендуется использовать при оценке сейсмостойкости существующего жилого фонда и также при проектировании нового строительства.

Полученные результаты рекомендованы к практическому внедрению в учебном процессе и могут быть использованы органами исполнительной власти и органами местного самоуправления в их деятельности, строительными организациями на производстве, в проектных организациях и испытательных лабораториях, занимающихся проектированием зданий и сооружений.

8. Замечания

1. В работе недостаточно отражены различия между существующими методами оценки сейсмостойкости крупнопанельных зданий и предлагаемыми автором. Было бы целесообразно привести больше примеров и сравнений.

2. Взаимодействие «здание – основание» является критически важным при сейсмическом воздействии. Не привело ли допущение о

жестком фундаменте к занижению значений напряженно-деформированного состояния?

3. В работе дефекты заполнений швов были учтены путем занижения класса бетона до В7.5. Чем обоснован выбор такого класса бетона?

4. В работе не представлено, как определялись жесткости КЭ 255 и КЭ 259 из плоскости.

5. Было бы целесообразно представить пример проверки прочности горизонтального стыка в соответствии с нормативной документацией для элементов с максимальным перекосом этажа.

6. Из работы неясно, как связаны предлагаемые автором уровни работоспособности с категориями технического состояния, представленными в нормативной документации.

7. Из автореферата недостаточно ясно, как именно происходит внедрение предлагаемых решений в деятельность всех потенциальных выгодополучателей и какова эффективность от их внедрения.

8. Недостаточно полно раскрыты особенности работы предлагаемой системы прогнозирования сейсмической повреждаемости.

Приведенные замечания по работе не влияют на общую положительную оценку работы и скорее могут быть отнесены к дальнейшему развитию исследований.

9. Заключение

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация Валиева Азамата Джониевича на тему «Оценка сейсмостойкости крупнопанельных зданий с учетом физической нелинейности» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. Диссертационная работа полностью соответствует критериям,

установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Валиев Азамат Джониевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» «28» апреля 2025 года. Протокол заседания № 8 от «28» апреля 2025 г.

Заведующий кафедрой «Строительные конструкции, основания и надежность сооружений» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор

Пшеничкина
Валерия Александровна

Адрес: 400005, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 28

E-mail: rector@vstu.ru

Тел.: +7 (8442) 24-81-15

