

УДК 699.841

## ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ СЕЙСМОЗАЩИТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ В Г. МАГАДАН

**Ращектаев И.И., Иванова Ж.В., Богданова Г.А.**

ФГБОУ ВО ПГУПС, г. Санкт-Петербург, [kreed98@mail.ru](mailto:kreed98@mail.ru); [syrmava@mail.ru](mailto:syrmava@mail.ru); [galina\\_zdanya@mail.ru](mailto:galina_zdanya@mail.ru).

*Аннотация:* В статье рассмотрена возможность использования специальных методов сейсмозащиты для повышения сейсмостойкости эксплуатируемых зданий городской застройки. Приведены результаты выполненного расчетно-теоретического исследования. Показана эффективность реализации предложенной системы сейсмоизоляции с применением резинометаллических опор для повышения сейсмостойкости жилых крупнопанельных зданий на территории города Магадана.

## APPLICATION OF SPECIAL SEISMIC PROTECTION METHODS TO INCREASE THE SEISMIC RESISTANCE OF EXISTING BUILDINGS IN MAGADAN

**Rashchektaev I.I., Ivanova Zh.V., Bogdanova G.A.**

PGUPS, Saint Petersburg, [kreed98@mail.ru](mailto:kreed98@mail.ru); [syrmava@mail.ru](mailto:syrmava@mail.ru); [galina\\_zdanya@mail.ru](mailto:galina_zdanya@mail.ru)

*Abstract:* The article considers the possibility of using special methods of seismic protection to increase the seismic resistance of operated buildings of urban development. The results of the performed computational and theoretical study are presented. The effectiveness of the implementation of the proposed seismic isolation system with the use of rubber-metal supports to increase the seismic resistance of residential large-panel buildings in the territory of the city of Magadan is shown.

## МАГАДАН ШААРЫНДА ИШТЕП ЖАТКАН ИМАРАТТАРДЫН ЖЕР ТИТИРӨӨГӨ ТУРУКТУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУ ҮЧҮН ЖЕР ТИТИРӨӨДӨН КОРГООНУН АТАЙЫН ЫКМАЛАРЫН КОЛДОНУУ

**Райщектаев И.И., Иванова Ж.В., Богданова Г.А.**

ПГУПСТАГЫ ФГБУ, Санкт-Петербург, [kreed98@mail.ru](mailto:kreed98@mail.ru); [syrmava@mail.ru](mailto:syrmava@mail.ru); [galina\\_zdanya@mail.ru](mailto:galina_zdanya@mail.ru)

*Аннотация:* Макалада Казакстан Республикасынын сейсмикалык аймактарында көп кабаттуу имараттарды долбоорлоого заманбап ыкмалар берилген. Сейсмотуруштуу бийик имараттарды долбоорлоо стратегиясы алардын өзгөчөлүктөрүн жана катуу жер титирөөлөрдө мүмкүн болгон баш тартуулардын оор социалдык-экономикалык кесепеттерин толук түрдө эске алуусу керек экендиги белгиленген.

Основываясь на данных собранных о землетрясениях за достаточно длительный период времени можно говорить об изменении сейсмичности территории Российской Федерации, свидетельствующая об увеличении площади сейсмических зон и величине ожидаемого сейсмического эффекта и отражается с определенной

периодичностью внесением правок в карты общего сейсмического районирования (ОСР). Все это говорит о необходимости исследования эксплуатируемых объектов, построенных на площадках, подверженных сейсмическим воздействиям, а также введением корректировочных мероприятий, связанных с обеспечением сейсмостойкости данных зданий.

Внесение поправок в ОСР необходимо учитывать не только при проектировании новых зданий, но и при оценке сейсмостойкости существующих зданий, построенных с учетом ранее разработанных карт ОСР, с целью проведения мониторинга технического состояния сейсмостойкости существующей городской застройки и при необходимости разработки мероприятий по усилению данных объектов, направленных на повышение их сейсмостойкости.

Для обеспечения сейсмостойкости эксплуатируемых зданий в строительной практике используются традиционные и нетрадиционные (специальные) методы повышения сейсмостойкости крупнопанельных зданий.

Традиционные методы повышения сейсмостойкости рассматриваемых зданий описаны в различных литературных источниках [1-3] и основаны на принципе динамической неизменяемости конструкции здания с включением сейсмоусиления как отдельных несущих элементов зданий (простенков, стен, колонн), так и узловых мест сопряжения, путем использования торкрет бетона, инъецирования специальными растворами, устройства дополнительных опор, применение композитных материалов и др.

Однако в настоящее время большее распространение получают нетрадиционные методы, включающие в себя сейсмогашение и сейсмоизоляцию, в основе которых лежит учет динамической работы конструкции. Системы сейсмогашения подразумевают установку демпфирующих устройств и динамических гасителей колебаний. Использование же систем сейсмоизоляции предполагает установку в фундаментной части здания вязких элементов, направленных на увеличение собственного периода колебаний здания и как следствие снижению сейсмических нагрузок.

Примеры реализации данных систем в эксплуатируемых зданиях также освещены в научных источниках [4-6].

Исходя из анализа приведенных материалов можно говорить об важности затрагиваемых вопросов и их актуальности. Однако для более широкого внедрения данных методов в практику строительства, а также получения объективной оценки по повышению сейсмостойкости эксплуатируемых крупнопанельных зданий по-прежнему необходимо дальнейшее изучение затрагиваемых вопросов и сбора необходимой и достоверной информации с последующим анализом, проведением

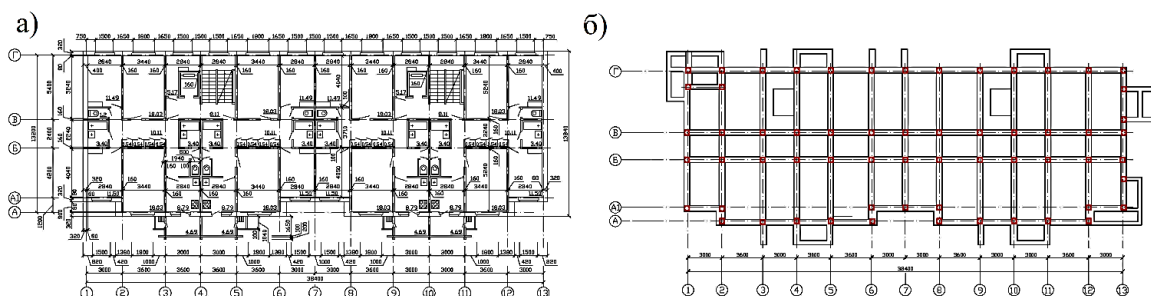
дополнительных исследований, накоплению соответствующего опыта и разработкой рекомендаций.

В данной статье приведены некоторые результаты проведенных исследований.

В качестве площадки исследования принята территория г. Магадана, расположенная в большей части на вершине Магадано-Нагаевского водораздела. Рассматриваемая территория характеризуется сочетанием разных инженерно-геологических условий – наличие большинства видов мерзлых и талых грунтов и повышенной сейсмичностью, местами достигающей 9 баллов. Таким образом, при выборе проектных решений как при проектировании, так и при оценке сейсмостойкости эксплуатируемых зданий необходимо особенно уделять сейсмичности участка строительства.

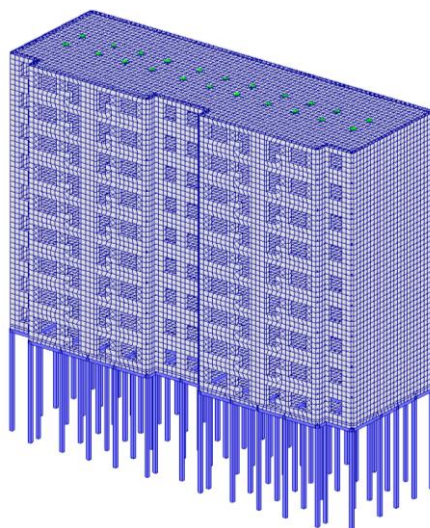
Основываясь на результатах проведенного анализа реализованных проектов существующей застройки в г. Магадан [7-9] установлено отсутствие мониторинга технического состояния сейсмостойкости жилищного фонда г. Магадан и Магаданской области, не позволяющее выявить наиболее сейсмоопасные строения, требующих усиления в первую очередь. Однако изменения требований к учету сейсмических нагрузок, действующих на здание, а также изменения, вызываемые сроками эксплуатации существующей застройки, оказывает влияние на несущую способность зданий в целом и на фактическое проявления резонанса при сейсмических воздействиях, что не может гарантировать безопасной эксплуатации существующей застройки.

В этой связи для проведения расчетно-теоретического исследования в качестве объекта было выбрано 9-ти этажное двухсекционное крупнопанельное здание 1991 года постройки. Основные несущие конструкции: стены из трехслойных панелей, железобетонные плиты перекрытий, фундаменты свайные с монолитным ростверком. На рисунке 1 представлены планы типового этажа и фундамента с расстановкой активной сейсмозащиты в виде сейсмоизолированных резинометаллических опор. Для сейсмоизоляции здания были выбраны резинометаллические опоры отечественного производства типа СВ ДШР-РШ.



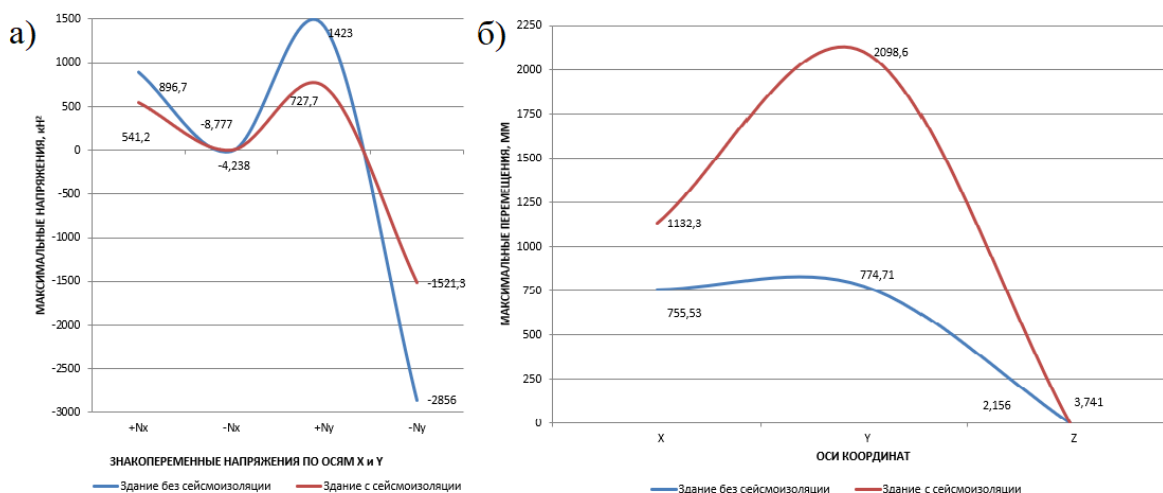
**Рисунок 1** – План этажа на отм. +3,000 (а) и схема расстановки опор (б)

Расчет и оценка эффективности предлагаемого решения, направленного на повышение сейсмостойкости рассматриваемого объекта выполнялись в программно-вычислительном комплексе SCAD Office (версия 21.1). Конструктивные элементы для создания расчетной модели задавались конечными элементами в виде стержней и пластин с определёнными геометрическими параметрами и жесткостными характеристиками. Сейсмическое воздействие задавалось интенсивностью 8 баллов. Общий вид расчетной модели приведен на рисунке 2.



**Рисунок 2** – Сформированная общая модель крупнопанельного здания

Расчет выполнялся по линейно-спектральным методикам для двух видов моделей рассматриваемого здания, без использования сейсмоизоляции и с использованием сейсмоизоляции в виде податливых опорных элементов. Некоторые из полученных результатов представлены на рисунке 3.



**Рисунок 3** – Результаты расчетно-теоретического исследования: а) график изменяемости напряжений в зданиях в зависимости от наличия в нем элементов сейсмоизоляции; б) график изменяемости перемещений с учетом системы сейсмоизоляции и без неё

Выполненные исследования позволяют сделать вывод, что введение резинометаллических опор под здание (общее количество 56 шт.) приводит к снижению напряжений в конструкции рассматриваемого здания примерно в 2 раза, доказывая тем самым эффективность применения сейсмоизоляции для повышения сейсмостойкости жилых крупнопанельных зданий городской застройки. В тоже время для ограничения возникающих перемещений необходимо предусматривать демпфирующие устройства, например введение демпферов сухого трения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Поляков В.С., Килимник Л.Ш., Черкашин А. В.** *Современные методы сейсмозащиты зданий* / В. С. Поляков, Л. Ш. Килимник, А. В. Черкашин. – М.: Стройиздат, 1989. – 320 с. – ISBN 5-274-00256-0. – Текст: непосредственный.
2. **Мартемьянов А.И.,** *Восстановление сооружений в сейсмических районах.* -М.: Стройиздат, 1990. – 264 с.: ил. – Текст: непосредственный.
3. **Демин А. В.** *Применение композитных материалов для сейсмоусиления строительных конструкций зданий и сооружений* / А. В. Демин, Е. К. Салатов, В. А. Шилихин // *Студент-инновации России.* – 2019. – Т. 3. – № 3. – С. 19-23. – EDN MUZHMH.
4. **Акбиев Р.Т.** *Технология сейсмоусиления объектов незавершенного строительства (на примере республики Алтай)* / Р.Т. Акбиев, Ю.А. Сутырин, А.В. Вайдуров // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений.* – 2006. - №3. – С. 37-41.
5. **Смирнов В.И.** *Сейсмоусиление государственного концертного зала в г. Грозном* / В.И. Смирнов, Р.Т. Акбиев, М.Ж. Чубаков // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений.* – 2009. - №3. – С. 55-62.
6. **Saiful Islam M., Mohammed Jameel and Mohd Zamin Jumaat,** *Seismic isolation in buildings to be a practical reality: Behavior of structure and installation technique* *Journal of Engineering and Technology Research* Vol. 3(4) - «Department of Civil Engineering, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia», pp. 99-117, April 2011.
7. *Оценка текущей сейсмостойкости и сейсмической уязвимости строительных сооружений Магаданской области (постановка задачи)* / **Гайдай Н. К., Длинные В. В., Ломакина Н.Е., Курткин С.В.** // *Вестник Северо-Восточного государственного университета.* – 2017. – № 27. – С. 114-116. – EDN YRGQMJ.
8. *Оценка текущей сейсмостойкости и сейсмической уязвимости строительных сооружений Магаданской области* / **Гайдай Н.К., Курткин С.В., Длинные В.В., Ломакина Н.Е.** // *Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России : Материалы Шестой научно-технической конференц, Петропавловск-Камчатский, 01–07 октября 2017 года.* – Петропавловск-Камчатский: Федеральный исследовательский центр "Единая геофизическая служба Российской академии наук", 2017. – С. 111-113. – EDN XNFDPV.
9. **Ломакина Н.Е.,** *Анализ проектных решений зданий в г. Магадане и Магаданской области с целью определения их технического состояния и сейсмостойкости* / Н. Е. Ломакина // *Вестник Северо-Восточного государственного университета.* – 2015. – № 24. – С. 46-52. – EDN UXONIV.