

УДК 624.042.7

СЕЙИДОВ Н.Г., ВЕЛИМЕТОВ ДЖ.И.

Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет
cemilvelimetov@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ ОТ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Введение. Зданий и сооружений представляет собой одно из приоритетных направлений современного инженерного проектирования, особенно для территорий, характеризующихся повышенной сейсмической активностью. Активное развитие урбанизации, усложнение архитектурно-конструктивных решений и рост плотности застройки обуславливают необходимость внедрения более совершенных и надежных технологий, направленных на защиту сооружений от разрушительных последствий землетрясений. В этих условиях особое значение приобретает технология сейсмоизоляции, которая в последние десятилетия зарекомендовала себя как один из наиболее эффективных способов повышения устойчивости зданий к динамическим воздействиям [1] [2] [3].

Сейсмоизоляция направлена на снижение передачи сейсмических воздействий от основания к надземной части здания. В отличие от традиционных подходов, основанных на повышении жесткости конструкций, сейсмоизоляционные системы ориентированы на уменьшение влияния землетрясений за счет изменения динамических характеристик сооружения. Это достигается путем применения специальных упругих, демпфирующих или фрикционных элементов, размещаемых между фундаментом и надземной частью здания. Подобное конструктивное решение обеспечивает частичное «разъединение» сооружения с движениями грунта, что позволяет существенно снизить возникающие при сейсмических воздействиях ускорения и перемещения [2] [4].

Современные технологии сейсмоизоляции не только обеспечивают надежную защиту зданий и сооружений от разрушительных последствий землетрясений, но и способствуют значительному снижению затрат, связанных с восстановительными работами после сейсмических воздействий. Практический опыт применения таких систем в Японии, Новой Зеландии, США, Турции и других странах с высокой сейсмической активностью подтверждает их эффективность и долговременную надежность. В результате сейсмоизоляционные решения получают все более широкое распространение в мировой строительной практике и становятся важным элементом проектирования объектов социальной инфраструктуры, жилых зданий и сооружений со сложными конструктивными формами. Современные системы изоляции позволяют не только уменьшать ускорения и перемещения зданий, но и существенно сокращать затраты на их восстановление после землетрясений [5, 6, 7].

Представленная таблица позволяет систематизировать основные разновидности современных сейсмоизоляционных систем и показать их сравнительные особенности. Из приведенных данных видно, что каждая система имеет собственную сферу рационального применения и не может рассматриваться как универсальное решение для всех типов сооружений. Эластомерные системы отличаются конструктивной простотой и надежностью, фрикционные высокой энергоемкостью, маятниковые эффективностью при интенсивных сейсмических воздействиях, а гибридные способ-

ностью сочетать преимущества нескольких инженерных подходов.

Таким образом, уже на этапе общей классификации видно, что выбор системы должен определяться не только уровнем сейсмической опасности, но и назначением здания, его конструктивной схемой,

экономическими условиями проекта и требованиями к дальнейшей эксплуатации. [5] В этом и заключается необходимость аналитического подхода к оценке сейсмоизоляционных технологий, аналогично тому, как это показано в представленной пользователем образцовой статье.

Таблица 1

Основные виды современных сейсмоизоляционных систем, их особенности и эффективность применения

Вид системы	Принцип действия	Преимущества	Ограничения	Область эффективного применения
Эластомерные опоры	Снижение передачи колебаний за счет упругих резинометаллических слоев	Простота, надежность, достаточная гибкость, сравнительно невысокая стоимость	Ограниченная эффективность при очень больших перемещениях	Жилые и общественные здания
Фрикционные скользящие опоры	Рассеивание энергии за счет контролируемого трения между поверхностями	Высокая энергоемкость, снижение нагрузок, возможность регулирования трения	Чувствительность к состоянию рабочих поверхностей, необходимость обслуживания	Объекты с интенсивными горизонтальными смещениями
Маятниковые системы	Перемещение по сферической поверхности с эффектом самоцентрирования	Высокая эффективность при сильных землетрясениях, снижение ускорений	Сложность изготовления и высокая стоимость	Ответственные и стратегические объекты
Демпфирующие системы	Поглощение энергии колебаний с помощью вязких, металлических или иных демпферов	Существенное уменьшение остаточных колебаний, возможность регулирования	Необходимость технического контроля, высокая стоимость отдельных решений	Дополнительная защита зданий и сооружений
Гибридные системы	Сочетание изоляции и демпфирования в одной системе	Комплексная защита, высокая адаптивность, повышенная надежность	Более сложная конструкция и проектирование	Крупные инфраструктурные и уникальные сооружения

Источник: составлено автором на основе обобщения научной литературы по сейсмоизоляции зданий и сооружений.

Аналитическая часть. Анализ современных сейсмоизоляционных систем показывает, что их эффективность определяется не только конструктивным устройством, но и характером взаимодействия сооружения с сейсмическим воздействием. Наиболее распространённые эластомерные опоры обеспечивают увеличение периода собственных колебаний здания и

тем самым уменьшают воздействие высокочастотных сейсмических волн. Их применение особенно эффективно в гражданском строительстве, где требуется оптимальное сочетание надежности, технологичности и стоимости. [1] [8] Однако при экстремально больших горизонтальных перемещениях такие системы могут уступать более совершенным решениям.

Фрикционные скользящие системы характеризуются иным механизмом работы, поскольку их основной эффект связан с рассеиванием энергии за счет контролируемого трения. Это делает их особенно полезными в условиях значительных горизонтальных смещений основания. [11] С инженерной точки зрения такие системы позволяют уменьшить динамическую нагрузку, передаваемую на здание, однако их эффективность во многом зависит от состояния контактных поверхностей и качества эксплуатационного обслуживания. Следовательно, в сравнении с эластомерными системами фрикционные решения обладают более высокой энергоемкостью, но предъявляют большие требования к техническому контролю.

Особое место среди современных решений занимают маятниковые системы. [10] Их анализ показывает, что за счет движения по сферической поверхности достигается не только снижение ускорений, но и эффект самоцентрирования, благодаря которому конструкция после сейсмического воздействия стремится вернуться в исходное положение. Это особенно важно для больниц, мостов, музеев и других объектов, где необходимо сохранить функциональную пригодность здания после землетрясения. Вместе с тем высокая стоимость и технологическая сложность ограничивают возможность их широкого применения в массовом строительстве.

Не менее важным направлением являются демпфирующие и гибридные системы. Их применение свидетельствует о переходе от узкоспециализированных решений к более комплексным подходам в сейсмозащите. [9] Если демпферы в основном служат для дополнительного поглощения энергии колебаний, то гибридные системы позволяют одновременно реализовать функции изоляции, демпфирования и частичного самоцентрирования конструкции. Проведенный анализ показывает, что именно такие решения обладают наибольшим потенциалом в условиях сложных инженерных задач, поскольку обеспечивают

более устойчивое поведение сооружения при различных сценариях землетрясений.

Сравнительная оценка рассматриваемых систем позволяет сделать вывод о том, что наиболее рациональный выбор достигается при учете нескольких факторов одновременно: расчетной сейсмичности района, этажности и назначения здания, допустимых перемещений, экономических возможностей и требований к техническому обслуживанию. [12] В этом аспекте нельзя говорить о безусловном преимуществе одной системы над другой. Более корректно утверждать, что каждая из них эффективна в определенных условиях, тогда как максимальная надежность достигается при индивидуальном подборе системы под конкретный объект.

Результаты проведенного анализа также подтверждают, что современные тенденции развития сейсмоизоляции связаны с созданием адаптивных и управляемых систем, способных изменять свои параметры в зависимости от интенсивности сейсмического воздействия. Это открывает новые возможности для повышения безопасности зданий и снижения материальных потерь. Следовательно, дальнейшее совершенствование сейсмоизоляционных технологий следует рассматривать как одно из наиболее перспективных направлений современного строительного проектирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сейсмоизоляционные системы представляют собой современный и научно обоснованный подход к обеспечению сейсмической устойчивости зданий и сооружений. Применение упругих, демпфирующих и фрикционных элементов позволяет существенно снизить воздействие сейсмических колебаний на конструкции и предотвратить их серьезные повреждения. Использование подобных решений открывает возможности для проектирования безопасных, долговечных и экономически эффективных объектов в районах с повышенной

сейсмической активностью.

Мировой опыт убедительно показывает, что сейсмоизоляция является одной из наиболее перспективных технологий в области инженерной защиты сооружений. Она способствует сохранности конструкций, обеспечивает защиту жизни и здоровья людей, а также позволяет минимизировать значительные материальные потери. В условиях интенсивной урбанизации и усложнения городской инфраструктуры значение данных технологий будет неуклонно возрастать, а их внедрение станет важной составляющей устойчивого развития территорий.

Современные системы сейсмоизоляции играют ключевую роль в повышении надежности зданий в сейсмоопасных регионах. [4] [5] Наиболее эффективными считаются гибридные и маятниковые системы, сочетающие в себе свойства изоляции и демпфирования. Перспективы дальнейшего развития данной области связаны с созданием адаптивных управляемых систем, способных автоматически изменять свои характеристики, такие как жесткость и коэффициент трения, в зависимости от интенсивности сейсмических воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rakhimov, Abduaziz; Madiev, Farrukh; Beknazarov, Murod; Rakhimov, Laziz; Xudayberdiyev, Ab'erkul; Khaydarov, Shokhbozjon; Achildiev, Rasul; „Dynamic testing of the pile-in-pipe seismic isolation system with disengaging ties, AIP Conference Proceedings, 3304.
2. Rakhimov, Abduaziz; Rakhimov, Laziz; Khaydarov, Shokhbozjon; Beknazarov, Murod; Achildiev, Rasul; Madiev, Farrukh; „Experimental studies of the pile-in-pipe seismic isolation system with disconnecting connections, AIP Conference Proceedings, 3244, 1, 040020.
3. Rakhimov, A., Khaidarov, S. (2023). Theoretical and Experimental Studies of Seismic Protection Systems with Disconnecting Connections. Trends and Prospects of Urban Development, 1(1), 234-236. Retrieved from <https://inlibrary.uz/index.php/prospects-ur>.
4. Naeim F., Kelly J.M. Design of Seismic Isolated Structures. – Wiley, 1999.
5. Raximov A.R., Shukurlaev D.D. (2023). Adaptivniye sistemi seysmozashiti soorujeni. Problems of architecture and construction (scientific technical journal), 1(2), 679-681. (in Russian). (б.д.).
6. Khaydarov, Shokhbozjon; Madiev, Farrukh; Achildiev, Rasul; Beknazarov, Murod; „Settlement planning project. Types of population centers and their development factors. Ways of planning and development of settlements, AIP Conference Proceedings, 3244, 1, 04001.
7. Kelly J.M. Base Isolation: A Review. – Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2012.
8. Muysinovich, Madiev Farrukh; intersection driving opportunities, „journal of engineering, mechanics and modern architecture”, 2, 458-460, 2023,.
9. Madiev, Farrukh; Navruza, Saidova; Creation of Road Plans for Various Terrains Using the Modern Credo Software Complex, American Journal of Technology and Applied Sciences, 25, 22-26, 2024.
10. Madiev, F.M., & Khaydarov, S.Z. (2020). Shakhrisabz city–architectural historical responsibilities. FM Madiev, & SZ
11. Khaydarov (Muh.), Zbiór artykułów naukowych recenzowanych. da, 6, 58-61.
12. Кузнецов Е.Н. Сейсмоизоляция зданий и сооружений. – СПб.: Лань, 2021.
13. Mosa, A.A. Z.H. (2023). Ko'p qatlamli pcb ning tebranish n-xususiyatlari: model-lashtirish va eksperimental tadqiqotlar. Ilmiy forum: innovatsion fan, 32.
14. Федоров А. П. *Современные системы защиты зданий от землетрясений.* – М.: АСВ, 2020.
15. Tulakov, E., Kurbonov, A., Inoyatov, D., Eshatov, I., & Abdullayeva, S. (2024). Study on the heat and vapor transfer resistance of the basement's outer walls and calculation of moisture regime: A case study of Uzbekistan. In E3S Web of Conferences (Vol. 5).

16. Raximov, A.R., Shukurlaev, D.D. (2023). Adaptive systems of seismic protection of equipment. Problems of architecture and construction (scientific technical journal), 1(2), 679-681. (in Russian).
17. Rakhimov, A.R., Madiev, F.M. (2023). Application of seismic isolation systems for buildings in seismic areas. Problems of architecture and construction (scientific technical journal), 1(2), 675-678. (in Russian).
18. Мадиев, Фаррух; Implementation of international standards in trade regulation by the state, Новый Узбекистан: успешный международный опыт внедрения международных стандартов финансовой отчетности, 1,5,31-34, 2022.
19. Рахимов, Абдуазиз Рахмонович; Мадиев, Фаррух Муйсинович; применение систем сейсмоизоляции зданий в сейсмических районах, problems of architecture and construction (scientific technical journal), 1,2,675-678, 2023.
20. Muysinovich, Madiev Farrukh; Features of optimal planning of traffic in historical cities of Uzbekistan, problems of architecture and construction, 1,1,7-15, 2024.
21. Рахимов, А., & Хайдаров, Ш. (2023). Теоретические и экспериментальные исследования систем сейсмозащиты с выключаяющимися связями. Тенденции и перспективы развития городов, 1(1), 234–236. извлечено от [https:// inlibrary.uz/index. Php /prospects-urban-developmen](https://inlibrary.uz/index.php/prospects-urban-developmen).

УДК 624.042.7

Сейидов Н.Г., Велиметов Дж.И.

*Азербайджанский Архитектурно-
Строительный Университет
cemilvelimetov@mail.ru*

Современные сейсмоизоляционные системы в строительстве и их эффективность при защите зданий от сейсмических воздействий

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматриваются современные сейсмоизоляционные системы, применяемые в строительстве с целью повышения устойчивости зданий и сооружений к землетрясениям. Особое внимание уделяется анализу принципов действия эластомерных, фрикционных, маятниковых и гибридных систем, а также оценке их эффективности в зависимости от характера сейсмического воздействия и конструктивных особенностей объектов. Проведен сравнительный анализ основных типов сейсмоизоляции с точки зрения их надежности, энергоемкости, эксплуатационных преимуществ и ограничений.

В исследовании обобщены основные направления применения сейсмоизоляционных технологий в современной инженерной практике. Рассмотрены преимущества использования демпфирующих и комбинированных решений, обеспечивающих снижение ускорений, уменьшение деформаций несущих элементов и повышение общей безопасности сооружений. Показано, что наиболее перспективными являются системы, сочетающие функции изоляции и рассеивания энергии.

Ключевые слова: *строительство, сейсмическая защита, сейсмоизоляция, эластомерные опоры, фрикционные системы, маятниковые опоры, демпферы, гибридные системы.*

UDC 624.042.7

Seyidov N.H., Velimetov J.I.

*Azerbaijan University of Architecture
and Construction
cemilvelimetov@mail.ru*

Modern seismic isolation systems in construction and their effectiveness in protecting buildings from seismic impacts

ABSTRACT

This paper examines modern seismic

isolation systems used in construction to enhance the resistance of buildings and structures to earthquakes. Particular attention is given to analyzing the operating principles of elastomeric, frictional, pendulum, and hybrid systems, as well as evaluating their effectiveness depending on the nature of seismic impacts and structural characteristics. A comparative analysis of the main types of seismic isolation is carried out in terms of reliability, energy dissipation capacity, operational advantages, and limitations.

The study summarizes the key directions in the application of seismic isolation technologies in contemporary engineering practice. The advantages of using damping and combined solutions are discussed, including their

ability to reduce accelerations, minimize deformations in load-bearing elements, and improve overall structural safety. It is shown that the most promising systems are those that integrate both isolation and energy dissipation functions.

Keywords: *construction, seismic protection, seismic isolation, elastomeric bearings, friction systems, pendulum bearings, dampers, hybrid systems.*

Məqaləyə AzMIU-nun "İnşaat konstruksiyaları" kafedrasının dosenti, t.ü.f.d. C.V.Əsgərov rəy vermişdir.

Redaksiyaya daxil olma/Received 28.04.2026

Çapa qəbul olunma/Accepted for publication 26.05.2026