

Б.М. Аубакирова<sup>1\*</sup>, С.Г.Нурбеков<sup>2</sup>, А.А.Нұртай<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>ИП «Сталкер», Алматы, Казахстан

\*Corresponding author: aubakirova.baxyt@mail.ru

#### Информация об авторах:

Аубакирова Бахыт Майнышевна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, МОК (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-3064-5876>, email: [aubakirova.baxyt@mail.ru](mailto:aubakirova.baxyt@mail.ru)

Нурбеков С.Г. – инженер-разработчик, ИП «Сталкер», Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-1354-1191>, email:

Нұртай Айман Айболатқызы - магистрант, Международная образовательная корпорация (кампус КазГАСА), Алматы, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-1887-2670>, email:

## ПОВЫШЕНИЕ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЯ НА ГИБКИХ ОПОРАХ С ФУНДАМЕНТАМИ ДЛЯ УСЛОВИЙ ГОРОДА АЛМАТЫ

**Аннотация.** В данной статье описаны методы усиления фундаментов на гибких опорах такие, как маятниковые, свинцовые сердечники, системы с повышенным демпфированием, конструктивное решение с выключающими связями, сейсмический «плащ-невидимка», включающий в себя создание плаща из 100 концентрических пластиковых и бетонных колец.

**Ключевые слова:** гибкие опоры, виды сейсмоизоляции, заключение.

**Введение.** Антirezонансный режим колебания сооружения на воздействие землетрясения может быть достигнут использованием специальных устройств, таких как скользящие пояса (СП), выключающиеся и включающиеся связи (ВС и ВКС), гасители колебаний (ГК), кинематические фундаменты (КФ) с повышенной диссипацией, свайные фундаменты с фрикционно-связевым ростверком (СФД), рамносвязевые системы с составными диафрагмами жесткости (РССД), резиносталльные цилиндрические опоры (РСЦО) и др. Одним условием эффективности таких систем является удаленность частот их собственных колебаний от доминантной частоты S-кинематического возбуждения колебаний.

**Материалы и методы.** Фоновая сейсмичность города Алматы:  $I_f=9,5$  баллов; расчетное (в долях g) горизонтальное ускорение среднего грунта  $a_g=0,535$ , а вертикального –  $a_{gv}=0,482$ ; (их векторная сумма) = 0,72). С учетом понижения прочности материалов на  $m_{кр}/\gamma_{\tau} \approx 1,12$  и  $q_{1\setminus} = 1,5$ :  $\underline{a}_g = 0,535 \times 1,12 / 1,5 = 0,4$ . Только по максимальной вертикальной компоненте, которая для рассматриваемого случая превышает горизонтальную в  $2,2 \times 0,9 = 2$  раза, усредненный эффект увеличения максимальной комбинации превышает 30%. Используя подраздел 7.9 СП РК с наложением негативов цуги и кручения, получаем в первом приближении обобщенный коэффициент увеличения расчетных усилий в ДКЗ по деформированной схеме в значении  $k_{ДКЗ} \approx 1,5 = q_{1\setminus}$  для рассматриваемой структуры. Поэтому, без учета

коэффициентов адаптации и этажности, ускорение основания  $\underline{a}_g'=0,6$ ; (для  $T=1,5c$ ):  $\beta_{1,5s}=1,6/1,5=1,067$ , а не  $\beta_{\min}=0,6$  для первых норм;  $\beta_{1,5s} \times \underline{a}_{gcp}=1,067 \times 0,6=0,64$ ; относительное увеличение:  $0,64/0,06 \approx 10,7$  раза.

Эффективность комплекса приемов специальной сейсмозащиты определяют по приведенным затратам, согласно регламентам международных кодов. Она конкретна для каждого конструктивного решения объекта, соответствующего его эксплуатационному успеху на участке СМЗ и зависит от его ответственности за сейсмостойчивость района застройки. Правильный учет кратковременности и редкости перегрузочных циклов МРЗ существенно понижает дороговизну применения возможных приемов, защищающих машины от вибраций в технике. Опорная сейсмоизоляция с низким порогом проскальзывания достаточно прочных домов с элементами ВУС предоставляет возможность детерминированной оптимизации расчетного конструирования сейсмостойкости. Следствием этого явится недорогое обеспечение сейсмостойчивости застройки 9-балльных регионов. Достижению оптимальности поспособствуют адаптация к условиям Казахстана международных регламентов и передового опыта, государственное стимулирование новых технологий, поддержка науки и получения углубленных данных в области сейсмостойкого строительства и инженерной сейсмологии.

Рациональные для 9 балльных районов СДС учитывают функциональность и специфику объекта, гидрогеологические особенности и сейсмологические условия строительной площадки, преодолевают трудности, обусловленные неопределенностью характеристик МРЗ. Подобные системы могут обеспечить оптимальную сейсмически надежную застройку региона с «тяжелой сейсмикой». Сегодня стало реальным не дорогое инвариантное ограничение сейсмической реакции ответственных сооружений с оптимальным уровнем. Современные технологии позволяют определиться с синтезом конкретных мер СДС, исключая существенные повреждения устоев здания 9-10 балльными МРЗ, обеспечивая при этом минимизацию затрат на строительство.

**Результаты и обсуждение.** *Маятниковые скользящие опоры.* FPS – это сейсмоизоляционное устройство, состоящее из верхней/нижней сферической пластины со скользящей поверхностью, нанесенной специальным покрытием OILES, и подвижного диска из скользящего материала OILES.

*Действия маятника.* Период маятника определяется длиной струны независимо от массы груза. FPS, используя данный принцип маятника, может установить период с радиусом сферической поверхности скольжения и имеет функцию восстановления. Кроме того, двойные скользящие контакты с верхними/нижними поверхностями могут обеспечить больший ход для перемещения с компактной посадкой.

*Функция скользящего материала OILES.* Превосходные характеристики смазочного скользящего материала, используемого в качестве скользящих деталей, успокоят сильную вибрацию землетрясения, поглощая и демпфируя энергию вибрации, рис. 1. Бывают двухмаятниковые, трехмаятниковые.

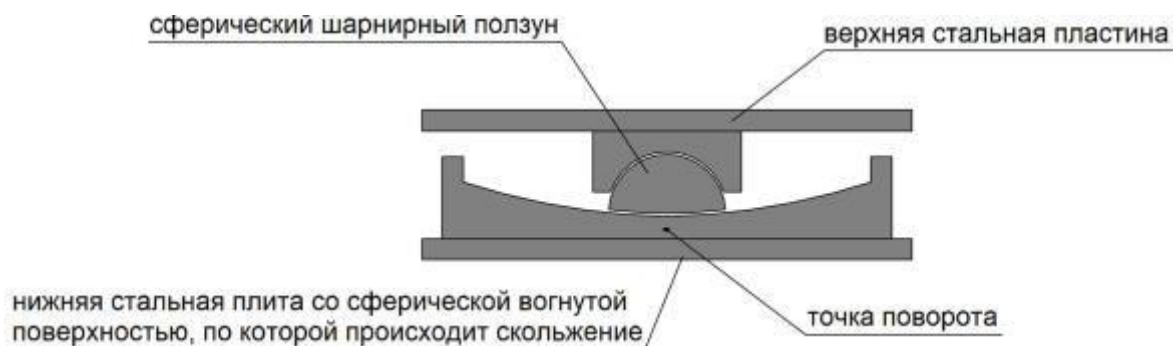


Рисунок 1 – Одномаятниковая скользящая опора

*Эластомерная опора со свинцовым сердечником*, рис. 2. Эта изолирующая система имеет те же компоненты на основе резиновых слоев в сочетании со стальными пластинами, за исключением того, что в нее введен цилиндрический свинцовый сердечник, расположенный в центре, что увеличивает вертикальную жесткость опоры и является также источником рассеивающей энергии. Свинец как металл высокой плотности обеспечивает высокую начальную жесткость, которая снижается во время землетрясения, требующего системы изоляции.

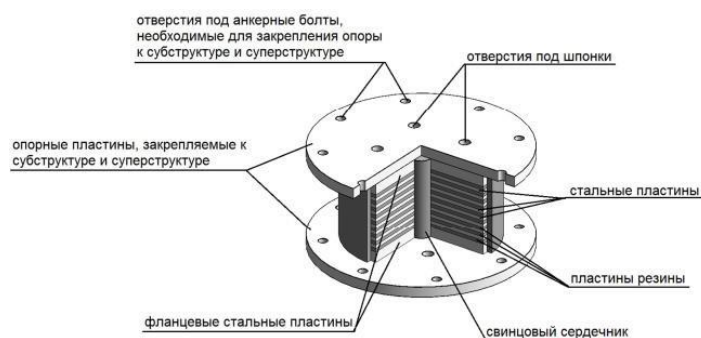


Рисунок 2 – Схематическое представление эластомерной опоры свинцового сердечника

*Выключающие связевые конструкции* приведены на рис. 3. В нижней части здания устанавливаются панели связи между опорными столбами нижнего этажа, они отключаются при интенсивных сейсмических ударах, при спектральном воздействии преобладающих S-колебаний, однородных к периоду свободных колебаний конструкции, рис. 3. После выключения панелей уменьшается частота свободных колебаний, а период колебаний увеличивается, сейсмическая нагрузка уменьшается. Воздействие низкой частоты, периода колебаний природных зданий с панелями значительно меньше, чем значения преобладающих периодов колебаний почвы, т.к. резонансные явления проявляют себя слабо и связанные панели не разрушаются.

Использование несвязанных связей наиболее эффективно и частотный состав ожидаемого S-воздействия прогнозируется с уверенностью. В качестве недостатков следует отметить, что после разрушения соединений во время зем-

летрясения следует их возобновление, Помимо этого, равно как установлено, в определенных вариантах в ходе землетрясения в его завершающем периоде наблюдается сокращение доминирующей частоты влияния. При этом допустимо появление повторного отклика, также утрата несущей способности систем сооружения. В данном случае необходимо использование полезных характеристик, то, что приводит к дополнительным расходам в строительстве.

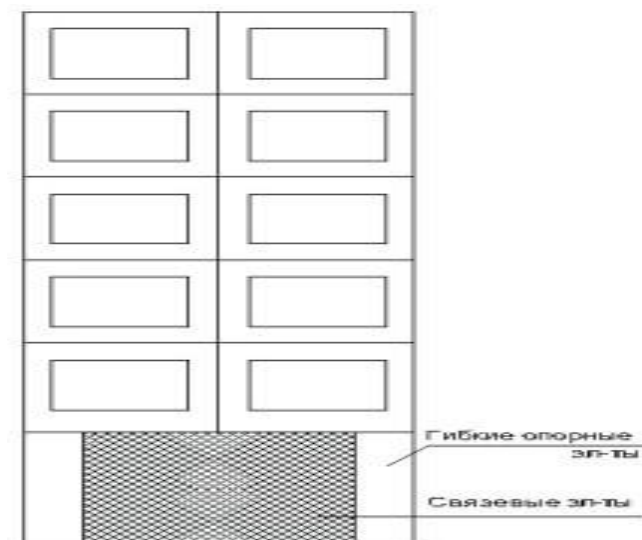


Рисунок 3 – Конструктивное решения здания с выключающими связями

*Защита зданий от вибраций.* Вместо того чтобы просто противодействовать силам, исследователи экспериментируют с тем, как здания могут отклоняться и перенаправлять энергию от землетрясений в целом. Эта инновация (рис. 4), получившая название «сейсмический плащ-невидимка», включает в себя создание плаща из 100 концентрических пластиковых и бетонных колец и заглубление его по крайней мере на три метра под фундаментом здания.



Рисунок 4 – Бетонные и пластиковые кольца вокруг здания

**Заключение.** Несмотря на значительное количество публикаций, посвященных ДГК различных конструктивных типов и форм, данные по выбору рациональных настроек параметров ДГК в технической литературе противоречивы. Причинами этого являются применение упрощенных (одномассовых) моделей рассматриваемых зданий (такое упрощение недопустимо для систем, имеющих достаточно густой спектр собственных частот), недостаточность информации о начальных динамических параметрах зданий и, особенно, об их изменениях в процессе эксплуатации и в результате сейсмического воздействия, специфический случайный нестационарный характер самого сейсмического воздействия, различия в определении параметров оценки гашения колебаний и др. Практически не решались задачи по выбору параметров ДГК с дополнительными демпферными устройствами. Требуется дополнительное уточнение выбора параметров настройки и демпфирования динамического гасителя колебаний «средней» массы (в пределах от 3-5 до 15% от массы защищаемого сооружения), с одной стороны, являющихся наиболее рациональными при сейсмозащите эксплуатируемых зданий, а с другой стороны, практически выпавших из исследований других авторов.

#### **Литература:**

1. Маркус. В.Я. Особенности расчетно-конструктивного проектирования сейсмостойких зданий города Алматы // 2012. – 384с. ISBN 978-601-278-346-9
2. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры Ромашкина М.А., Титок В.П. /Под ред. акад. РААСН А.С. Городецкого. Электронное издание, 2018. – 254 с.
3. СП РК 2.03-30-2017. «Строительство в сейсмических зонах», нормативная документация РК. – Астана, 2017.
4. Оценка сейсмической площадки строительства высотных зданий в г. Алматы. – КазНИИССА, 2012.
5. СП РК 1.04-110-2017 Обследование, оценка технического состояния и сейсмоусиление зданий и сооружений.

#### **References:**

1. V. I. Markus. Features of computational and constructive design of earthquake-resistant buildings in the city of Almaty //2012.- 384p. ISBN 978-601-278-346-9
2. SOFTWARE COMPLEX LIRA-SAPR. User's manual. Educational examples Romashkina M.A., Titok V.P. Edited by Academician of RAASN A.S. Gorodetsky Electronic edition, 2018. – 254 p.
3. SP RK 2.03-30-2017. "Construction in seismic zones", regulatory documentation of the Republic of Kazakhstan. – Astana, 2017.
4. Evaluation of the seismic site for the construction of high-rise buildings in Almaty city. KazNISSA, 2012.
5. SP RK 1.04-110-2017 Inspection, technical assessment condition and seismic strengthening of buildings and structures.

**Б.М.Аубакирова<sup>1\*</sup>, С.Г.Нурбеков<sup>2</sup>, А.А.Нұртай<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup> «Сталкер» ЖК, есептеу инженері, Алматы, Қазақстан

\*Corresponding author: aubakirova.baxyt@mail.ru

**Авторлар жайлы ақпарат:**

Аубакирова Бахыт Майнышевна – т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-3064-5876>, email: aubakirova.baxyt@mail.ru

Нурбеков С.Г. – есептеу инженері, «Сталкер» ЖК Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0003-1354-1191>

Нұртай Айман Айболатқызы - магистрант, Халықаралық білім беру корпорациясы (ҚазБСҚА кампусы), Алматы, Қазақстан

<https://orcid.org/0000-0002-1887-2670>

**Аңдатпа.** Бұл мақалада, яғни қорғасын өзегі бар, демпферлік байланысты, ажыратқыш байланыстары бар конструктивті шешімі, 100 концентрлік пластикалық және бетон сақиналарынан жағдай жасауды қамтитын сейсмикалық «көрінбейтін кеудеше» сияқты икемді тіректердегі іргетастарды нығайту әдістері сипатталған.

**Түйін сөздер:** иілгіш тіректер, сейсмикалық оқшаулау түрлері, қорытынды.

**B.M. Aubakirova<sup>1\*</sup>, S.G.Nurbekov<sup>2</sup>, A.A.Nurtay<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>International Educational Corporation (campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Individual entrepreneur «Stalker», Almaty, Kazakhstan

\*Corresponding author: aubakirova.baxyt@mail.ru

**Information about authors:**

Aubakirova Bakhyt – Candidate of Technical Sciences, Associate Prof., IEC (campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-3064-5876>, email: aubakirova.baxyt@mail.ru

Nurbekov S.G.. – Calculation engineer, individual entrepreneur «Stalker», Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-1354-1191>

Nurtay Aiman - Master's student, IEC (campus KazGASA), Almaty, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0002-1887-2670>

**Abstract.** This article describes the methods of strengthening foundations on flexible supports, such as pendulum, lead cores, damping connection, a design solution with switching connections, a seismic «invisibility cloak», which includes the creation of a cloak of 100 concentric plastic and concrete rings.

**Keywords:** flexible supports, types of seismic isolation, conclusion.