

А.Ф. Булат¹, А.С. Кобец², В.И. Дырда³, В.А. Лапин⁴, Н.Г. Марьенков⁵,
Н.И. Лисица⁶, Г.Н. Агальцов⁷

^{1,3,6,7} Институт геотехнической механики Национальной академии наук Украины,
г.Днепр, Украина,

² Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г.Днепр, Украина,

⁴ АО «Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства
и архитектуры», г.Алматы, Республика Казахстан,

⁵ д.т.н., Государственное предприятие «Государственный научно-исследовательский
институт строительных конструкций», г.Киев, Украина

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВИБРОСЕЙСМОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЗИНОВЫХ БЛОКОВ

Аннотация. Рассматривается основная концепция вибросейсмоизоляции зданий и сооружений на основе использования резиновых сейсмоблоков (РСБ). Концепция сейсмической изоляции сооружений является весьма актуальной. В Японии, Новой Зеландии, Франции, Греции, Англии, США и ряде других стран она успешно использована для защиты от землетрясений таких важных сооружений, как атомные электростанции, школы, мосты, музеи, административные и жилые здания. В Украине концепция развивалась двумя путями: разработка сейсмоизоляционных блоков для защиты от землетрясений жилых зданий; разработка виброизоляционных блоков для защиты от вибраций тяжелого оборудования (вес до 300 т, использовано в России, Украине) и жилых зданий. Для практического применения систем сейсмоизоляции зданий Институтом геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины и ГП НИИСК были выполнены экспериментальные исследования для обоснования параметров РСБ, запатентованы их конструкции, разработана конструкторская документация и изготовлены экспериментальные образцы трех типов резинометаллических сейсмозащитных блоков диаметром 400 мм и 500 мм и общей высотой резинового слоя: 2×120 мм, 2×70 мм и 2×50 мм. Приведены результаты расчета резинометаллической сейсмоопоры, используемой в качестве элемента вибросейсмозащиты многоэтажных жилых домов. Проведено сравнение результатов расчета, полученных приближенными аналитическими методами, с экспериментальными данными для образцов сейсмических опор. Рассматривается конструкция сваи с виброизолирующими резиновыми опорами. Разработанные и испытанные конструкции РСБ были использованы для виброзащиты от поездов метрополитена и автотранспорта жилых домов в г. Киеве: 10-секционного 10-этажного жилого дома по ул. Киквидзе, трех 27-этажных домов по Оболонскому проспекту и жилого комплекса из трех домов в г. Львове. Вибросейсмоизоляция с помощью РСБ обеспечивает собственную частоту колебаний здания в горизонтальной плоскости менее 1 Гц, что соответствует требованиям ДБН и Еврокода 8 к проектированию систем сейсмоизоляции зданий.

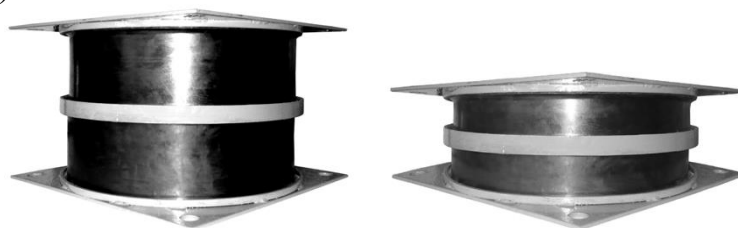
Ключевые слова: виброизоляция, сейсмоизоляция, резинометаллические блоки, сваи с резинометаллическими блоками, резинометаллический виброизолятор, осадка, нагрузка, сжатие.

Введение

Защита зданий, сооружений, инфраструктурных объектов от пагубного воздействия землетрясений является актуальной, ввиду того, что значительная часть населения земного шара проживает на сейсмоактивной территории. Традиционные системы сейсмозащиты обеспечивают сейсмостойкость объектов путем повышения несущей способности конструкций и их соединений, стимулируя создание более прочных, жестких и монолитных сооружений. При этом стоимость строительства в сейсмических районах по сравнению с несейсмическими увеличивается на 4-12% в зависимости от бальности. Применение нетрадиционных систем виброейсмозащиты позволяет: обеспечить сохранность зданий и сооружений при землетрясениях и техногенных воздействиях, при этом снижается сметная стоимость строительства на 3-6%, а трудоемкость – на 4-6%; уменьшается материалоемкость зданий и сооружений на 5-10%; расширяется область применения типовых конструкций путем застройки районов с повышенной сейсмичностью, увеличивается высота здания при использовании тех же конструкций.

К наиболее перспективным из нетрадиционных способов виброейсмозащиты можно отнести применение виброейсмоизоляторов на основе резинометаллических конструкций [1]. По многим параметрам – простоте изготовления, надежности, габаритам, стоимости и др. – такие конструкции превосходят традиционные системы того же назначения. Они позволяют находить принципиально новые конструктивные решения ответственных узлов современных технических систем. Анализ мировой практики виброейсмозащиты машин, зданий и сооружений показывает, что системы с использованием именно резинометаллических блоков являются наиболее перспективными с точки зрения стоимости и эффективности. Указанные системы виброейсмозащиты позволяют защитить здания при сейсмических воздействиях не только в горизонтальной и вертикальной плоскостях, но и от кручения. Считается, что именно кручение в сочетании с неблагоприятными факторами, в частности с вертикальной составляющей толчков, является основной причиной катастрофических разрушений при землетрясениях. Кроме того, применение резинометаллических слоистых виброизоляторов позволяет защитить здания и находящиеся в них людей от воздействий метрополитена, автомобильного и железнодорожного транспорта [2].

Таковыми виброейсмоизоляторами, предназначенными для сейсмозащиты многоэтажных жилых домов, являются двухслойные сейсмоопоры, разработанные Институтом геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины и Государственным научно-исследовательским институтом строительных конструкций (рис. 1).



а) опора 2×120 мм

б) опора 2×70 мм

Рис. 1 – Двухслойные сейсмоопоры

1. Проектирование системы сейсмоизоляции согласно ДБН В.1.1-12:2014

Общие положения. Раздел ДБН В.1.1-12:2014 [3] содержит общие положения по проектированию системы сейсмоизоляции зданий и сооружений различного назначения. Рассматривается пассивная система сейсмоизоляции зданий и сооружений, не требующая дополнительных источников энергии для обеспечения гашения колебаний.

Область применения. Система сейсмоизоляции применяется в сооружениях различного назначения как при строительстве новых, так и при реконструкции существующих зданий. Систему сейсмоизоляции следует размещать ниже основной массы конструкций, как правило, между фундаментом и верхней частью здания (суперструктурой).

Основные требования к системе сейсмоизоляции.

Системы сейсмоизоляции должны обладать:

- высокой вертикальной жесткостью;
- низкой сдвиговой жесткостью для повышения эффективности сейсмоизоляции в горизонтальном направлении;
- возможностью проявления больших горизонтальных перемещений при землетрясениях;
- большой диссипацией энергии;
- ограниченными перемещениями в горизонтальном направлении при несейсмических нагрузках;
- высокой надежностью и отсутствием возможности отказа;
- высоким уровнем защиты инженерного оборудования и исключать повреждение несущих элементов.

Основные требования при проектировании систем сейсмоизоляции

1. При проектировании системы сейсмоизоляции необходимо выполнить следующие требования:

- центр жесткости системы сейсмоизоляции должен совпадать с центром масс надземных частей здания;
- схема расположения элементов системы в плане должна соответствовать расположению несущих элементов надземной и подземной части здания;
- места установки сейсмоопор должны располагаться равномерно с учетом конфигурации здания и распределения вертикальных нагрузок;
- упругие элементы сопротивления ветровой нагрузке и ограничители перемещений должны быть расположены по периметру здания симметрично и равномерно;
- расстояние между элементами системы сейсмоизоляции под несущими конструкциями здания не должны превышать расчетные.

2. Для обеспечения равномерного распределения горизонтальной и вертикальной сейсмической нагрузки, которой подвергаются изоляторы, над и под ними необходимо запроектировать жесткую систему из балок. Система верхних балок должна быть жестко связана с надземной частью сооружения.

3. Между фундаментами и верхней частью конструкцией здания должно быть предусмотрено достаточное пространство для обеспечения осмотра, технического обслуживания и замены элементов системы сейсмоизоляции.

Расстояния между сейсмическими изоляторами под несущими стенами не должны превышать 3 м. Рекомендуется размещать вертикальные сейсмоизоляторы на одном горизонтальном уровне.

2. Основные требования при проектировании и расчете элементов системы сейсмоизоляции

1. Резиновые и резинометаллические элементы должны быть спроектированы и рассчитаны с учетом вертикальной и горизонтальной нагрузки, создаваемой сейсмическим воздействием и ветром, с учетом условий окружающей среды, старения резины, внешней температуры и влияния вредных веществ.

2. При проектировании должна быть выполнена проверка несущей способности элементов системы сейсмоизоляции.

3. Механические характеристики упруговязких элементов системы сейсмоизоляции (для случая РСБ – жесткость резиновых блоков на сжатие и сдвиг) не должны отличаться больше чем на 5-10%.

4. Безопасное функционирование элементов системы сейсмоизоляции необходимо оценивать при следующих положениях:

- при максимально возможных вертикальных и горизонтальных усилиях сейсмического воздействия, включая также эффекты опрокидывания;
- суммарное горизонтальное перемещение верхней части здания необходимо рассчитывать с учетом эффектов ползучести, температуры и вертикальной деформации упругих элементов.

5. Устойчивость резиновых и резинометаллических упруго-вязких элементов следует проверять при испытании блоков на горизонтальное смещение; его величина должна соответствовать проектному максимальному перемещению при сейсмическом воздействии.

Применение сейсмозащиты регламентировано европейскими и национальными нормативными документами:

- EN 1998-1:2004 Eurocode 8;
- ДБН В.1.1-12:2014 «Строительство в сейсмических районах Украины», предусматривающие проектирование сейсмостойких конструкций с заданным уровнем обеспечения безопасности, включают в себя раздел «Проектирование систем сейсмоизоляции».

Сейсмическая защита – повышение сейсмостойкости зданий и сооружений с использованием специальных конструктивных элементов для способности противостоять расчетному сейсмическому воздействию без полного разрушения и с минимальными человеческими жертвами.

Сейсмическая защита позволяет:

- обеспечить сохранность зданий и сооружений при землетрясениях и техногенных воздействиях;

- снизить сметную стоимость строительства;
- уменьшить материалоемкость зданий и сооружений;
- снизить трудоемкость строительства;
- расширить область применения типовых серий путем застройки районов с повышенной сейсмичностью, увеличения высоты здания при использовании тех же конструкций.

Методика

Определение параметров напряженно-деформированного состояния сейсмоопор (осадка, прикладываемая нагрузка и т.д.) возможно различными методами – экспериментальными, эмпирическими, приближенными аналитическими, численными – каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки и которые в совокупности дают возможность получить объективные сведения о деформировании конструкции.

Для представленных выше сейсмоопор в ходе статических испытаний была определена жесткость на сжатие при различной величине нагрузки. В результате несложных пересчетов можно определить зависимость между осадкой опоры и прикладываемой нагрузкой (весом строительной конструкции), используя формулу:

$$\Delta = \frac{P}{C_{\text{ст.в}}},$$

где Δ – осадка сейсмоопоры, P – сжимающая нагрузка, $C_{\text{ст.в}}$ – вертикальная жесткость сейсмоопоры.

С другой стороны, в работе [4] для малых деформаций ($\varepsilon < 0,1$) методом Ритца получена аналитическая зависимость между осадкой цилиндрического резинового слоя со свободными торцами и прикладываемой нагрузкой:

$$\Delta = \frac{P_0 h}{3\pi R^2 G} \left[1 - \frac{R}{h\sqrt{6}} \operatorname{th} \frac{h\sqrt{6}}{R} \right], \quad (1)$$

где P_0 – сжимающая нагрузка для резинового слоя со свободными торцами, h – высота резинового слоя, R – радиус резинового слоя, G – модуль сдвига резины.

При одноосном сжатии для малых деформаций ($\varepsilon < 0,1$) зависимость между осадкой резинового слоя и прикладываемой нагрузкой определяется формулой:

$$\Delta = \frac{P_0 h}{3\pi R^2 G'}, \quad (2)$$

При расчете сейсмоопор необходимо учитывать, что торцы резинового слоя привулканизированы к металлическим пластинам, тогда в формулы (2) и (3) вместо нагрузки P_0 необходимо подставить скорректированное значение реальной нагрузки P , которое учитывает увеличение жесткости за счет закрепления торцов:

$$P_0 = \frac{P}{\beta}, \quad (3)$$

где $\beta = 1 + 0,413\rho^2$ – по Пейну; $\beta = 0,92 + 0,5\rho^2$ – по Лавенделу.

В работе [4] предложено вычислять β по формуле:

$$\beta = 1 + 0,83\rho^2, \quad (4)$$

где $\rho = R/h$, β – коэффициент увеличения жесткости за счет закрепления торцов.

Найдем осадку Δ для двухслойной сейсмоопоры диаметром $d = 400$ мм, высотой резинового слоя $h = 240$ мм и модулем упругости $G = 0,63$ МПа от действия нагрузки $P = 50$ кН.

В работе [4-6] решение нелинейной задачи осадки сплошного цилиндра с учетом особенностей ужесточения на торцах было найдено численно методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности. Для этого необходимо было решить задачу Коши при определенных граничных условиях. В результате расчетов было получено значение осадки сейсмоизолятора $\Delta = 0,0127$ м, что хорошо совпадает с экспериментальными исследованиями.

Проведем расчет осадки, используя формулы (1) и (2), с коэффициентом ужесточения β , определяемым по формуле (4). В рассматриваемом случае

$$\beta = 1 + 0,83 \left(\frac{R}{h}\right)^2 = 1 + 0,83 \cdot \left(\frac{200 \cdot 10^{-3}}{120 \cdot 10^{-3}}\right)^2 \approx 2,38.$$

Подставим полученное значение в формулу (3):

$$P_0 = \frac{P}{\beta} = \frac{50 \cdot 10^3}{2,38} \approx 21 \text{ кН.}$$

Найдем осадку одного слоя сейсмоопоры по формуле (1):

$$\Delta = \frac{21 \cdot 10^3 \cdot 0,12}{3 \cdot 3,14 \cdot (0,2)^2 \cdot 6,3 \cdot 10^5} \cdot \left[1 - \frac{0,2}{0,12\sqrt{6}} \operatorname{th} \frac{0,12\sqrt{6}}{0,2}\right] \approx 0,0042 \text{ м.}$$

Далее рассчитаем осадку одного слоя сейсмоопоры по формуле (2):

$$\Delta = \frac{P_0 h}{3\pi R^2 G} \approx \frac{0,0126 \cdot (120 \cdot 10^{-3})}{3 \cdot 3,14 \cdot (200 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 6,3} \approx 0,0064.$$

Все полученные результаты расчета осадки рассматриваемого виброизолятора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета осадки сейсмоопоры

Показатель	Способ расчета осадки		
	экспериментальные исследования	формулы	
		(1)	(2)
Осадка (максимальный прогиб резинового элемента) (м):	0,0127	0,0084	0,0128

Таким образом, наиболее точный результат получается при использовании формулы (2), однако данная формула не дает целостной картины распределения напряженно-деформированного состояния сейсмоопоры в отличие от численного подхода и метода Ритца.

Технические решения и монтаж РСБ

По результатам расчета сейсмоизолированного здания на сейсмические нагрузки определяются геометрические параметры резиновых элементов, жесткость на сжатие и на сдвиг РСБ. Сейсмоизолирующие блоки устанавливаются между нижней фундаментной плитой (например, на ее ребрах жесткости) и верхней монолитной железобетонной распределительной плитой здания (рис. 2). Возможны варианты установки РСБ в уровне цокольного этажа, а также на оголовках свай. Нижняя опорная пластина с помощью анкеров крепится к ребрам жесткости фундаментной плиты или к оголовку сваи, а верхняя опорная пластина – к верхней распределительной железобетонной плите здания или к монолитным стенам цокольного этажа здания [7].

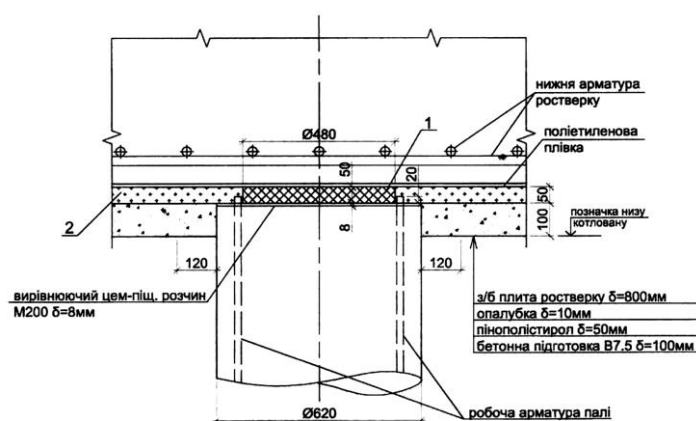


Рис. 2 – Схема размещения РСБ на свае системы виброизоляции секций №1 и №2 жилого дома по ул. Киквидзе в г. Киеве

Заключение

1. Для сейсмоопасных районов Украины применение сейсмоизоляции во вновь проектируемых зданиях различной этажности в сейсмоопасных районах является перспективным направлением, т.к. позволяет повысить сейсмостойкость конструкций и получить экономический эффект.

2. Для более широкого строительства зданий с системами сейсмоизоляции необходимо использовать данные проведенных экспериментальных исследований РСБ запатентованной конструкции. Стоимость выпускаемых в Украине РСБ в 5-7 раз меньше зарубежных аналогов (Китай, Италия, Япония и т.д.).

3. Разработанные и испытанные конструкции РСБ были использованы в 2014-2017 годах для сейсмозащиты и виброзащиты (от поездов метрополитена и автотранспорта) жилых домов в г. Киеве: 10-секционного 10-этажного жилого дома по ул. Киквидзе (рис. 3) и трех 27-этажных жилых домов по Оболонскому проспекту (рис. 4), а также для виброзащиты жилого комплекса в г. Львов.



Рис. 3 – Киев, Оболонский проспект

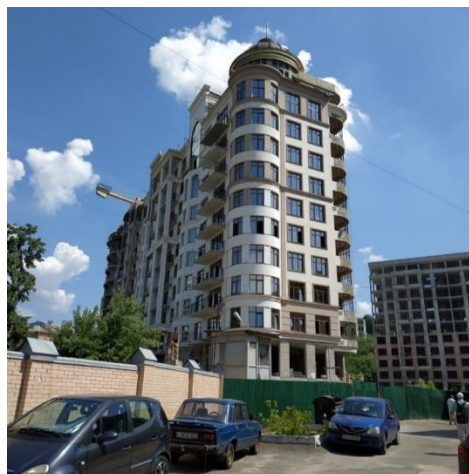


Рис. 4 – Киев, ул. Киквидзе

4. Сейсмоизоляция на основе РСБ обеспечивает собственную частоту колебаний здания в горизонтальной плоскости 1 Гц и менее, что соответствует требованиям ДБН и Еврокода 8 к проектированию систем сейсмоизоляции зданий. Следует отметить, что разработанные конструкции РСБ могут быть также использованы для защиты зданий и сооружений от воздействий наземного (железнодорожного и автомобильного транспорта), подземного (метрополитена), а также для обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений.

Литература:

1. Булат А.Ф. Некоторые проблемы обеспечения вибрационной и сейсмической безопасности зданий и сооружений / А.Ф. Булат, В.И. Дырда, Н.И. Лисица, Г.Н. Агальцов, Ю.И. Немчинов, Н.Г. Марьенков, В.А. Лапин, А.С. Кобец, В.В. Немченко // Вестник АО «КазНИИСА». – 2018. – № 10 (86). – С. 13-19.
2. Булат А.Ф. Некоторые проблемы защиты зданий и сооружений от техногенного воздействия железнодорожного транспорта / А.Ф. Булат, А.С. Кобец, В.И. Дырда, В.А. Лапин, Н.Г. Марьенков, Н.И. Лисица, Г.Н. Агальцов // Вестник АО «КазНИИСА». – 2019. – №9(97). – С. 6-13.
3. Будівництво у сейсмічних районах України. ДБН В.1.1-12:2014. [Чинний від 2014-10-01] / – К.: Мінрегіон України, 2014. – 110 с.
4. Булат А.Ф. К расчету резиновых элементов системы вибросейсмоизоляции зданий и сооружений / А.Ф. Булат, В.И. Дырда, Н.И. Лисица, Г.Н. Агальцов, В.А. Лапин, А.С. Кобец, С.Н. Гребенюк, А.В. Новикова // Вестник АО «КазНИИСА». – 2019. – № 4(92). – С. 6-21.
5. Vibroseismic protection of heavy mining machines, buildings and structures / V. Dyrda, A. Kobets, Ie. Bulat, V. Lapin, N. Lysytsia, H. Ahaltsov, S. Sokol // E3S Web Conf., 109 (2019), 00022. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900022>
6. Bulat, A.F. Methods for Evaluating the Characteristics of the Stress-Strain State of Seismic Blocks Under Operating Conditions / A.F. Bulat, V.I. Dyrda, S.N. Grebenyuk, G.N. Agal'tsov // Strength Mater (2019) 51: 715. <https://doi.org/10.1007/s11223-019-00129-x>
7. Пат. № 58418 UA МПК (2011.01) F16F 1/36 (2006.01) F16F 3/00. Антисейсмічна опора / В.І. Дирда, Ю.І. Немчинов, М.І. Лисиця, М.Г. Мар'єнков, А.М. Пугач, Л.О. Жарко. – и201011644; заявл. 30.09.2010; опубл. 11.04.2011, Бюл. № 7.

References:

1. Bulat A.F. Some problems of ensuring vibration and seismic safety of buildings and structures / A.F. Bulat, V.I. Dyrda, N.I. Lisitsa, G.N. Agaltsov, Yu.I. Nemchinov, N.G. Maryenkov, V.A. Lapin, A.S. Kobets, V.V. Nemchenko // Bulletin of «KazRDICA». – 2018. – № 10 (86). – Pp. 13-19.
2. Bulat A.F. Some problems of protection of buildings and structures from industrial cart-action of the railway transport / A.F. Bulat, A.S. Kobets, V.I. Dyrda, V.A. Lapin, N.G. Merenkov, N. And. Fox, G.N. Agaltsov // Bulletin of «KazRDICA». – 2019. – № 9(97). – Pp. 6-13.
3. Construction in seismic areas of Ukraine. DBN V. 1. 1-12: 2014. [valid from 2014-10-01] / – to: Ministry of regional development of Ukraine, 2014. – 110 p.
4. Bulat A.F. To the calculation of rubber elements of the system of vibration and seismic insulation of buildings and structures / A.F. Bulat, V.I. Dyrda, N.I. Lisitsa, G.N. Agaltsov, V.A. Lapin, A.S. Kobets, S.N. Grebenyuk, A.V. Novikova // Bulletin of «KazRDICA JSC». – 2019. – № 4(92). – Pp. 6-21.
5. Vibroseismic protection of heavy mining machines, buildings and structures / V. Dyrda, A. Kobets, Ie. Bulat, V. Lapin, N. Lysytsia, H. Ahaltsov, S. Sokol // E3S Web Conf., 109 (2019), 00022. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900022>.
6. Bulat, A.F. Methods for Evaluating the Characteristics of the Stress-Strain State of Seismic Blocks Under Operating Conditions / A.F. Bulat, V.I. Dyrda, S.N. Grebenyuk, G.N. Agal'tsov // Strength Mater (2019) 51: 715. <https://doi.org/10.1007/s11223-019-00129-x>
7. Pat. NO. 58418 UA IPC (2011.01) F16F 1/36 (2006.01) F16F 3/00. Anti-seismic support / V.I. Dyrda, Yu.I. Nemchinov, M.I. Lisitsa, M.G. Marienkov, A.M. Pugach, L.O. Zharko. – u201011644; application form. 30.09.2010; publ. 11.04.2011, Bul. № 7.

**А.Ф. Булат¹, А. С. Кобец², В.И. Дырда³, В.А. Лапин⁴, Н.Г. Марьенков⁵,
Н.И. Түлкі⁶, Г.Н. Агальцов⁷**

^{1,3,6,7} Украина Ұлттық Ғылым академиясы Геотехникалық механика институты,
Днепр қ., Украина,

²Днепр мемлекеттік аграрлық-экономикалық университеті, Днепр қ., Украина,

⁴"Қазақ Құрылыс және сәулет ғылыми-зерттеу және жобалау институты" АҚ,
Алматы қ., Қазақстан Республикасы,

⁵Т. Ғ. Д., "Құрылыс конструкцияларының мемлекеттік ғылыми-зерттеу институты"
Мемлекеттік кәсіпорны, Киев қ., Украина

КЕЙБІР МӘСЕЛЕЛЕР РЕЗЕҢКЕ БЛОКТАРДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ҒИМАРАТТАР МЕН ҚҰРЫЛЫСТАРДЫ ВИБРОСЕЙСМИКАЛЫҚ ҚОРҒАУ

Аңдатпа. Резеңке сейсmobлоктарды (РСБ) пайдалану негізінде ғимараттар мен қару-жарақтардың вибросейсмооқшаулауының негізгі тұжырымдамасы қарастырылады. Құрылыстарды сейсмикалық оқшаулау тұжырымдамасы өте өзекті. Жапонияда, Жаңа Зеландияда, Францияда, Грецияда, Англияда, АҚШ-та және басқа да бірқатар елдерде ол атом электр станциялары, мектептер, көпірлер, мұражайлар, әкімшілік және тұрғын үйлер сияқты маңызды құрылыстарды жер сілкіністерінен қорғау үшін сәтті қолданылды. Украинада Тұжырымдама екі жолмен дамыды: тұрғын үйлерді жер сілкіністерінен қорғау үшін сейсмикалық оқшаулау блоктарын дамыту; ауыр жабдықтың (салмағы 300 тоннаға дейін, Ресейде, Украинада қолданылған) және тұрғын үйлердің дірілінен қорғау үшін діріл оқшаулау блоктарын әзірлеу. Геотехникалық механика институты ғимараттардың сейсмикалық оқшаулау жүйелерін практикалық қолдану үшін. Н. Полякова, Украина ҰҒА және НИИСК МК РСБ параметрлерін негіздеу үшін эксперименттік зерттеулер жүргізілді, олардың конструкциялары патенттелді, жобалық құжаттама жасалды және диаметрі 400 мм және 500 мм резеңке сейсмикалық блоктардың үш түрінің тәжірибелік үлгілері жасалды және резеңке қабаттың жалпы биіктігі: 2 ст. 120 мм, 2 ст. 70 мм және 2 ст. 50 мм. көп қабатты тұрғын

үйлердің вибро-сейсмикалық қорғаныс элементі ретінде қолданылатын резеңке-металл сейсмикалық тіректерді есептеу нәтижелері келтірілген. Жуық аналитикалық әдістермен алынған есептеу нәтижелерін сейсмикалық тіректердің үлгілері үшін эксперименттік деректермен салыстыру жүргізілді. Дірілді оқишаулайтын резеңке тіректері бар қадалардың дизайны қарастырылады. Әзірленген және сыналған РСБ конструкциялары Киевтегі тұрғын үйлердің метрополитендері мен автокөліктерінен дірілден қорғау үшін пайдаланылды: Киквидзе көшесіндегі 10-секциялық 10-қабатты тұрғын үй, Оболонский даңғылындағы 27-қабатты үш үй және Львов қаласындағы үш үйден тұратын тұрғын үй кешені. РСБ көмегімен дірілді сейсмикалық оқишаулау ғимараттың көлденең жазықтықтағы 1 Гц-тен кем тербеліс жиілігін қамтамасыз етеді, бұл ДБН және Еурокод 8 ғимараттардың сейсмикалық оқишаулау жүйелерін жобалауға қойылатын талаптарына сәйкес келеді.

Түйін сөздер: дірілді оқишаулау, сейсмикалық оқишаулау, резинометаллдық блоктар, резинометаллдық блоктары бар қадалар, резинометаллдық виброизоляция, тұнба, жүктеме, қысу.

**A.F. Bulat¹, A.S. Kobets², V. I. Dyrda³, V.A. Lapin⁴, N.G. Marienkov⁵,
N.I. Lisitsa⁶, G.N. Agaltsov⁷**

^{1,3,6,7} Institute of Geotechnical Mechanics National Academy of Sciences of Ukraine,
Dnipro, Ukraine,

² Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine,

⁴ JSC "Kazakh Research and Design Institute of Construction and Architecture",
Almaty, Republic of Kazakhstan,

⁵ Doctor of Technical Sciences, State Enterprise "State Research Institute
of Building Structures", Kiev, Ukraine

SOME PROBLEMS VIBRATION AND SEISMIC PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES USING RUBBER BLOCKS

Abstract. *The basic concept of vibration and seismic insulation of buildings and structures based on the use of rubber seismic blocks (RSB) is considered. The concept of seismic isolation of structures is very relevant. In Japan, New Zealand, France, Greece, England, the United States and a number of other countries, it has been successfully used to protect such important structures as nuclear power plants, schools, bridges, museums, administrative and residential buildings from earthquakes. In Ukraine, the concept developed in two ways: the development of seismic isolation blocks for earthquake protection of residential buildings; development of vibration isolation blocks for vibration protection of heavy equipment (weight up to 300 tons, used in Russia, Ukraine) and residential buildings. For the practical application of building seismic isolation systems by the N. S. Geotechnical Mechanics Institute. Experimental studies were carried out to substantiate the RSB parameters, their designs were patented, design documentation was developed and experimental samples of three types of rubber-metal seismic protection blocks with a diameter of 400 mm and 500 mm and a total height of the rubber layer: 2 120 120 mm, 2x70 mm and 2x50 mm were made. The results of the calculation of a rubber-metal seismic support used as an element of vibration-seismic protection of multi-storey residential buildings are presented. The calculation results obtained by approximate analytical methods are compared with experimental data for samples of seismic supports. The design of a pile with vibration-insulating rubber supports is considered. The developed and tested RSB structures were used for vibration protection against metro trains and vehicles of residential buildings in Kiev: a 10-section 10-storey residential building on Kikvidze Street, three 27-storey buildings on Obolonsky Avenue and a residential complex of three houses in Lviv. Vibration and seismic isolation with the help of RSB provides the natural vibration frequency of the building in the horizontal plane of less than 1 Hz, which meets the requirements of the DBN and Eurocode 8 for the design of building seismic isolation systems.*

Keywords: *vibration isolation, seismic isolation, rubber-metal blocks, piles with rubber-metal blocks, rubber-metal vibration isolator, sediment, load, compression.*