



Қазақстан Республикасы инвестициялар және даму министрлігінің Құрылыс және тұрғын-үй коммуналдық шаруашылық істері комитеті

Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан

Ministry for investments and development, Republic of Kazakhstan, the Committee for Construction and housing and Communal Services

# ХАБАРШЫСЫ ВЕСТНИК THE HERALD

№10 (86) 2018

ISSN 2224-9346



9 1772224 934003

"ҚАЗАҚ ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ СӘУЛЕТ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ  
ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ ИНСТИТУТЫ" АҚ

АО "КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ"

JSC "KAZAKH SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE  
OF CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE"



## «ҚазҚСҒЗИ» АҚ хабаршысы ғылыми-техникалық журналы

**Меншік иесі:** Қазақстан Республикасы инвестициялар және даму министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитетінің «Қазақ құрылыс және сәулет ғылыми-зерттеу және жобалау институты» АҚ

**Редакция алқасы:**

**ИОШИНОРИ Ивасаки (YOSHINORY Iwasaki)** – Геотехникалық зерттеу институтының директоры (Жапония)

**ХАКИМОВ Ш.** – «Тошуйжол ЛИТИ» ААҚ, сейсмикаға төзімді құрылыс бөлімінің меңгерушісі, ҰИА және ХИА академигі (Өзбекстан)

**НҮРБАТЫРОВ Қ.** – «Қазақстан Республикасындағы индустриялық және құрылыс технологиялары» қауымдастығының төрағасы, ҚР ҰИА және ХИА академигі, техника ғылымдарының докторы, профессор

**ЖҮСПБЕКОВ А.** – Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің профессоры, техника ғылымдарының докторы

**АБАҚАНОВ М.** – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ техникалық мәселелер бойынша бас директордың кеңесшісі, ҚР ҰИА және ХИА мүше-корреспонденті, техника ғылымдарының докторы.

**ЕРЖАНОВ С.** – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ ғылым жөніндегі бас директордың кеңесшісі, ҚР ҰИА және ХИА мүше-корреспонденті, техника ғылымдарының кандидаты.

**ЛАПИН В.** – ҚСҒЗО директоры, «ҚазҚСҒЗИ» АҚ ғылыми хатшысы, ҚР ҰИА және ХИА мүше-корреспонденті, техника ғылымдарының докторы.

**БЕСПАЕВ А.** – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ Темір-бетон конструкциялар зертханасының меңгерушісі, ҚР ҰИА академигі, техника ғылымдарының докторы

**ШАХНОВИЧ Ю.** – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ Құрылыс конструкцияларын үлгілеу және есептеу зертханасының бас ғылыми қызметкері, техника ғылымдарының кандидаты

**ИЦКОВ И.** – «ҚазҚСҒЗИ» АҚ Көп қабатты ғимараттардың сейсмикалық төзімділігі зертханасының меңгерушісі, техника ғылымдарының кандидаты

**Бас редактор:** Ержанов С.

**Ғылыми редактор:** Лапин В.

**Жауапты редактор:** Родзевич Е.

**Техникалық редактор:** Мергенбаева Г.

**Мемлекеттік тілге аударған:** Қосаева О.

**Бетгеуші:** Мұхамадиева М.

**Собственник:** АО «Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры» Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан

**Редакционная коллегия:**

**ИОШИНОРИ Ивасаки (YOSHINORY Iwasaki)** – Директор Геотехнического исследовательского института (Япония)

**ХАКИМОВ Ш.** – Заведующий отделом сейсмостойкого строительства ОАО «Тошуйжол ЛИТИ», академик НИА и МИА (Узбекистан)

**НҮРБАТУРОВ К.** – Председатель ассоциации «Индустриальные и строительные технологии в РК», академик НИА и МИА РК, доктор технических наук, профессор

**ЖҮСУПБЕКОВ А.** – Профессор Евразийского Национального университета им. Л.Н.Гумилева, доктор технических наук

**АБАКАНОВ М.** – Советник генерального директора по техническим вопросам АО «КазНИИСА», член-корреспондент НИА РК и МИА, доктор технических наук

**ЕРЖАНОВ С.** – Советник генерального директора по науке АО «КазНИИСА», член-корреспондент НИА РК и МИА, кандидат технических наук

**ЛАПИН В.** – Директор ЦНИСО, ученый секретарь АО «КазНИИСА», член-корреспондент НИА РК и МИА, кандидат технических наук

**БЕСПАЕВ А.** – Заведующий лабораторией железобетонных конструкций АО «КазНИИСА», академик НИА РК, доктор технических наук

**ШАХНОВИЧ Ю.** – Главный научный сотрудник лаборатории моделирования и расчета строительных конструкций АО «КазНИИСА», кандидат технических наук

**ИЦКОВ И.** – Заведующий лабораторией сейсмостойкости зданий повышенной этажности АО «КазНИИСА», кандидат технических наук

**Главный редактор:** Ержанов С.

**Научный редактор:** Лапин В.

**Ответственный редактор:** Родзевич Е.

**Технический редактор:** Мергенбаева Г.

**Переводчик на государственный язык:** Қосаева О.

**Верстка:** Мұхамадиева М.

Редакцияның мекен-жайы:  
Қазақстан Республикасы, 050046, Алматы қаласы,  
Солодовников көшесі, 21  
тел.: +7 (727) 392-75-43, 392-75-39  
E-mail: elena.rodzevich@bk.ru  
Ресми сайт: www.kazniisa.kz  
«ҚазҚСҒЗИ» АҚ Жиынтықтау және шығару  
секторында басып шығарылды.

Журнал Қазақстан Республикасының Мәдениет,  
ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінің  
Ақпарат және мұрағат комитетінде тіркелді  
(15 қаңтар 2013 жылғы  
№13275-Ж есепке алу туралы куәлігі)  
Таралымы: 500 дана  
Шығу жиілігі: ай сайын  
Таралу аумағы: Қазақстан Республикасы

Журналда жарияланған кез келген материалды көшіріп басу үшін редакцияның жазбаша рұқсаты керек.  
Журналдағы фотоматериалдар ғаламтор көздерінен алынған.

УДК 624.15:699.841

*БУЛАТ А.Ф., д.т.н., проф., академик НАН Украины, директор<sup>1</sup>;  
ДЫРДА В.И., д.т.н., проф., зав. отделом; ЛИСИЦА Н.И., к.т.н.<sup>1</sup>;  
АГАЛЬЦОВ Г.Н., инженер<sup>1</sup>;  
НЕМЧИНОВ Ю.И., д.т.н., проф., первый зам. директора по научной работе<sup>2</sup>;  
МАРЬЕНКОВ Н.Г., д.т.н., зав. отделом<sup>2</sup>;  
ЛАПИН В.А., к.т.н., член-корреспондент НИА РК и МИА, директор ЦНИСО<sup>3</sup>;  
КОБЕЦ А.С., д.т.н., проф., ректор<sup>4</sup>; НЕМЧЕНКО В.В., инженер, директор<sup>5</sup>  
(<sup>1</sup> ИГТМ НАНУ, <sup>2</sup> ГП НИИСК, <sup>3</sup> АО «ҚазНИИСА», <sup>4</sup> ДГАЭУ, ООО «Монодит»)*

### **НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИБРАЦИОННОЙ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*АНДАТПА:* Тұрғын ғимараттарды вибросейсмикалық жүктемелерден қорғау үшін резеңке сейсmobлоктарының (РСБ) параметрлік қатарын статикалық және динамикалық зерттеулерінің нәтижелері ұсынылды. Виброоқшаулағыш резеңке тіректері бар қада конструкциялары қарастырылып жатыр. Әзірленген және сыналған РСБ конструкциялары Киев қаласындағы тұрғын үйлерді: Киквидзе көшесі бойынша 10-секциялық 10-қабатты тұрғын үйді және Оболонский даңғылы бойынша 27-қабатты үш үйді, сондай-ақ Львов қаласындағы үш үйді метрополитен пойыздарынан және тұрғын үйлердің автокөліктерінен виброқорғау үшін пайдаланылды. Эластомерлік блоктардың көмегімен виброоқшаулау ғимараттың горизонталды жазықтықтағы тербелісінің кемінде 1 Гц жеке жиілігін қамтамасыз етеді, бұл ғимараттың сейсмикалық оқшаулағыш жүйелерін жобалауға Еурокод 8 тиісті бөлімдерімен үйлестірілген ұлттық стандарттардың талаптарына сәйкес келеді.

*Түйінді сөздер:* виброоқшаулау, сейсмикалық оқшаулау, резеңкеметал блогы

*АННОТАЦИЯ:* Изложены результаты статических и динамических испытаний параметрического ряда резиновых сейсmobлоков (РСБ) для защиты жилых зданий от вибросейсмонагрузок. 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: 10секционного 10этажного жилого дома по ул. Киквидзе и трёх 27-этажных домов по Оболонскому проспекту, а также трёх домов в г. Львове. Вибросейсмоизоляция с помощью эластомерных блоков обеспечивает собственную частоту колебаний здания в горизонтальной плоскости менее 1 Гц, что соответствует требованиям национальных стандартов, которые гармонизированы с соответствующими частями Еврокода 8 к проектированию систем сейсмоизоляции зданий.

*Ключевые слова:* виброизоляция, сейсмоизоляция, резинометаллический блок

*ABSTRACT:* Results of static and dynamic tests of parametric series of rubber seismic blocks (RSB) for protecting residential buildings against vibration and seismic loads are presented. Design of a pile with anti-vibration rubber mounts is considered. The designed and tested RSB structures were used for protecting apartment houses in Kiev (10 sectional 10-storey apartment house in the Kikvidze street and three 27-storey houses in Obolonsky avenue) and three houses in Lvov against vibration caused by motor vehicles and underground trains. Vibration and seismic isolation with the

*help of elastomeric blocks ensures less than 1 Hz of natural oscillation frequency of the building in the horizontal plane, hence, meeting the requirements of the national standards that are harmonized with corresponding parts of Eurocode 8 for designing of seismic isolation systems for buildings.*

**Keywords:** *vibration isolation, seismic isolation, rubber-metal block.*

### Введение

Вибросейсмоизоляция – это перспективное направление, которое развивается в последние годы в разных странах. В России, например, на 2010 г. построено уже более 300 сейсмоизолированных зданий и более 70 сейсмоизолированных мостов. В последние годы все большее число сейсмоизолированных зданий, мостов и других сооружений возводятся в различных странах на разных континентах. Наибольшее применение сейсмоизоляция получила в Японии, Китае, США, РФ, Канаде, Армении, Новой Зеландии и Италии. Широкое распространение при реконструкции и возведении новых зданий получили системы сейсмоизоляции на основе резинометаллических сейсмоизолирующих блоков.

В Республике Казахстан используются несколько типов сейсмоизолирующих фундаментов – кинематические фундаменты, фундаменты с прокладками из фторопласта, фрикционные со сферическими поверхностями скольжения, а также комбинированные опоры итальянской фирмы «FIP INDUSTRIALE». Отметим также на уровне предложения применение платформенного робота SHOLCOR в системе активной сейсмозащиты здания. Построено свыше 20 зданий различной этажности в г. Алматы. Первое вибрационное испытание пятиэтажного дома на кинематических фундаментах выполнено в 1978 году Ю.Д. Черепинским.

### Нерешённые задачи

В Украине данное направление развивается пока медленными темпами, что связано как с отсутствием необходимого финансирования, так и с необходимостью экспериментальной проверки систем сейсмоизоляции на натурных фрагментах зданий.

Согласно ДБН В.1.1-12:2014 [1] и Еврокода 8 при проектировании зданий, оснащённых сейсмоизоляцией, необходимо, помимо спектрального метода расчёта, выполнять прямой динамический расчёт с использованием инструментально зарегистрированных записей ускорений грунта при землетрясениях на площадке строительства или же сгенерированных акселерограмм на основе результатов работ по сейсмомикрорайонированию.

Основное различие между деформированием конструкций неизолированного здания и сейсмоизолированного здания с применением РСБ заключается в существенном различии относительных горизонтальных перемещений междуэтажных перекрытий при землетрясении. Вследствие более высокой горизонтальной жёсткости этажей верхнего строения здания по сравнению с горизонтальной жёсткостью сейсмоизолирующих блоков, относительные горизонтальные перемещения перекрытий этажей, расположенных выше сейсмоопор системы сейсмоизоляции, существенно ниже по сравнению с перемещениями здания без сейсмоизоляции.

Значительные допустимые (равные высоте сейсмоизолирующего блока) горизонтальные перемещения верха РСБ обеспечиваются физическими свойствами резиновых элементов. В настоящее время наибольшее распространение получили сейсмоизолирующие слоистые резинометаллические блоки, которые обеспечивают эффективное гашение энергии при землетрясении.

Относительные горизонтальные перемещения перекрытий смежных этажей в сейсмоизолированных зданиях могут снижаться в несколько раз, в сравнении с перемещениями в неизолированных зданиях.



На основе выполненного анализа нормативных документов и исследований по проблеме сейсмозащиты зданий с помощью устройства систем сейсмоизоляции можно сделать следующие выводы и предложения:

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 от 300 до 700 тысяч грн. на одно здание высотой от 9 до 16 этажей (данные расчётов лаборатории экономических исследований НИИСК на 2006 г.).

2. С целью снижения стоимости строительства зданий проектным и исследовательским организациям необходимо внедрять в больших объёмах системы сейсмоизоляции и виброзащиты от наземного и подземного транспорта при строительстве многоэтажных зданий.

3. Для более широкого строительства зданий с системами сейсмоизоляции необходимо использовать данные проведенных экспериментальных исследований РСБ запатентованной конструкции [2] (рис. 1). Стоимость выпускаемых в Украине РСБ в 5-7 раз меньше зарубежных аналогов (Китай, Италия, Япония и т.д.).

#### Результаты численных и экспериментальных исследований

Для практического применения систем сейсмоизоляции зданий были выполнены экспериментальные исследования для обоснования параметров РСБ, запатентованы их конструкции, разработана конструкторская документация и изготовлены экспериментальные образцы трёх типов резинометаллических сейсмозащитных блоков диаметром 340 мм, 400 мм, 500 мм и общей высотой резинового слоя: 2×120 мм, 2×70 мм, 2×50 мм и 1×50 мм (рис. 2).

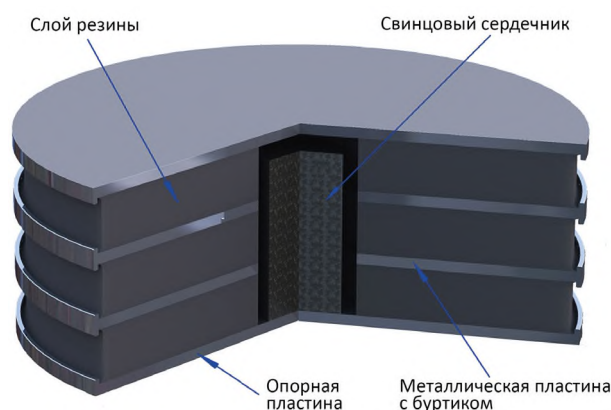


Рис. 1 – Общий вид резинометаллической высокодемпфирующей вибро-сейсмоизолирующей опоры со свинцовым сердечником



а – сейсмозащитный блок 1-го типа (высота резиновых элементов 2×120 мм, диаметр 400 мм); б – сейсмозащитный блок 2-го типа (высота резиновых элементов 2×70 мм, диаметр 400 мм); в – сейсмозащитный блок 3-го типа (высота резиновых элементов 2×50 мм, диаметром 480 мм и 500 мм)

Рисунок 2 – Общий вид конструкций РСБ на натуральном каучуке, выпускаемых в Украине.

Для экспериментального определения фактических жесткостных и демпфирующих характеристик РСБ были проведены лабораторные испытания трёх типов разработанных конструкций при статических и динамических нагрузках в соответствии с требованиями Еврокода 8, европейского и международного стандартов [3].

Испытания РСБ проводились в два этапа: сначала динамические – определение частот колебаний и демпфирующих характеристик опор, а затем статические – определение жесткостных характеристик опор на сжатие и сдвиг.

При динамических испытаниях на четырёх одинаковых РСБ устанавливался железобетонный блок массой 5100 кг. Колебания блока в горизонтальной и вертикальной плоскостях задавались специальным устройством и регистрировались восьмиканальной системой сейсмомониторинга и двухканальным спектроанализатором марки 2148 фирмы «Брюль и Кьер» (Дания).

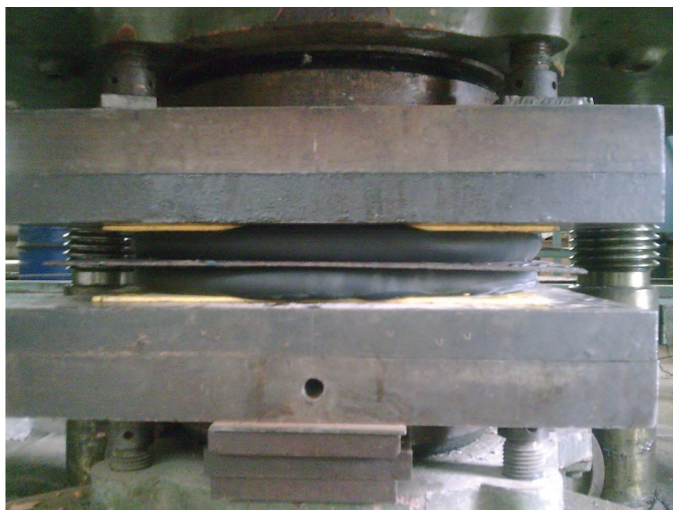
На основе инструментальных записей сигналов виброускорений при собственных колебаниях динамической системы «бетонный блок-РСБ» определены динамические вертикальная и горизонтальная (сдвиговая) жёсткости и параметры затухания испытанных РСБ.

При статических испытаниях опор на сжатие нагружение осуществлялось гидравлическими домкратами ступенями по 50-300 кН на специальном стенде (рис. 3) и на прессе ступенями до максимальной нагрузки 9000 кН, в зависимости от типа опоры с выдержкой 5 мин на каждой ступени, после чего снимались показания вертикальных перемещений.

Испытания опор на сдвиг проводились на специальном стенде, оборудованном гидравлическими домкратами для создания вертикальных и сдвиговых нагрузок. Измерения сдвиговых перемещений верха сейсмоопоры выполнялись при вертикальных нагрузках 300; 500; 600; 1000 кН. Для возможности горизонтальных перемещений сейсмоопоры на сдвиг при фиксированных вертикальных нагрузках между верхней пластиной опоры и нагрузочной плитой были установлены две фторопластовые пластины. При обработке данных учитывались изменения коэффициента трения между пластинами в зависимости от вертикального давления на опору.

С целью определения влияния свинцового сердечника на жесткостные и демпфирующие характеристики РСБ (испытывались резиновые элементы диаметром 500 мм) были проведены циклические испытания на сжатие и на сдвиг двух опор без свинцовых сердечников и двух – со свинцовыми сердечниками. Сердечники были изготовлены в виде сплошных цилиндров высотой 100 мм и диаметром 70 мм (14% от диаметра резинового элемента опоры).

На рис. 4 приведены зависимости «горизонтальная нагрузка – перемещение» для РСБ (резиновые элементы диаметром 500 мм) со свинцовым сердечником (кривая 1) и без сердечника



**Рисунок 3 – Испытания РСБ на сжатие на специальном стенде**

(кривая 2) при вертикальной нагрузке на опору 1000 кН. Анализ графиков показывает, что наличие свинцового сердечника существенно влияет на жесткостные и диссипативные характеристики РСБ при сдвиге.

Испытания опор на сжатие выполнены для трёх типов опор – диаметр 400 мм, высота: 2×70 мм и 2×120 мм; диаметр 500 мм, высота 2×50 мм.

В соответствии с требованиями стандарта ISO и европейского стандарта для определения состояния конструкции РСБ при вертикальных максимальных нагрузках, превышающих проектные в 4 раза, один образец РСБ (вариант со средней рифлёной пластиной без кольца и без сердечника) был испытан циклическими вертикальными нагрузками на прессе по такой специальной программе: 3 полуцикла «нагрузка-разгрузка» ступенями по 300 кН (выдержка на каждой ступени 5 минут) до 3000 кН; 2 полуцикла «нагрузка-разгрузка» ступенями по 500 кН (выдержка на каждой ступени 2 минуты) до 5000 кН; 1 полуцикл «нагрузка-разгрузка» ступенями по 1000 кН (выдержка на каждой ступени 5 минут) до 9000 кН.

При сжимающих многоцикловых нагрузках от 3000 кН до 9000 кН после полной разгрузки РСБ в течение 10 минут резиновые элементы полностью принимали первоначальную форму. При этом трещины ни в одном из 12-ти испытанных резиновых элементов, изготовленных на натуральном каучуке, не обнаружены.

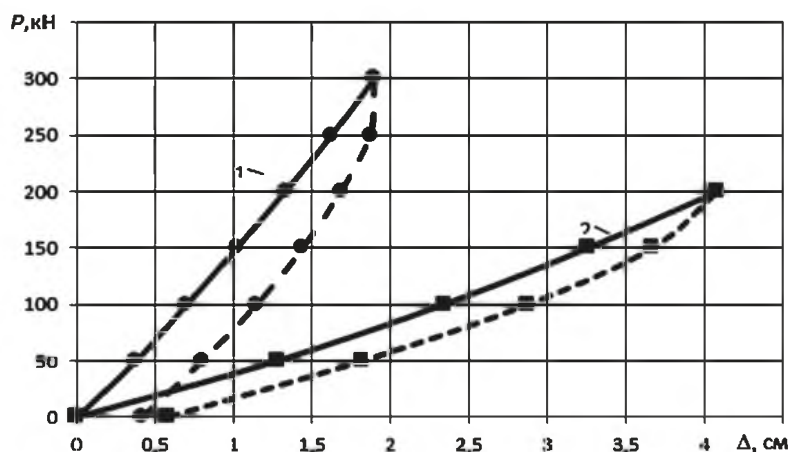


Рисунок 4 – Зависимости «нагрузка – перемещение» для РСБ диаметром 500 мм

### Технические решения и монтаж РСБ

Сейсмоизолирующие блоки изготавливаются на основе стандартных резиновых элементов заданных размеров (в Украине были испытаны РСБ с диаметрами резиновых элементов от 340 мм до 500 мм, которые использовались при устройстве сейсмоизоляции многоэтажных зданий). РСБ изготавливались предприятием ООО «Монодит» (Украина) из резины на основе натурального каучука.

По результатам расчёта сейсмоизолированного здания на сейсмические нагрузки определяются геометрические параметры резиновых элементов, жёсткость на сжатие и на сдвиг РСБ. Сейсмоизолирующие блоки устанавливаются между нижней фундаментной плитой (например, на её рёбрах жёсткости) и верхней монолитной железобетонной распределительной плитой здания (рис. 5). Возможны варианты установки РСБ в уровне цокольного этажа, а также на оголовках свай. Нижняя опорная пластина с помощью анкеров крепится к рёбрам жёсткости фундаментной плиты или к оголовку сваи, а верхняя опорная пластина – к верхней распределительной железобетонной плите здания или к монолитным стенам цокольного этажа здания.



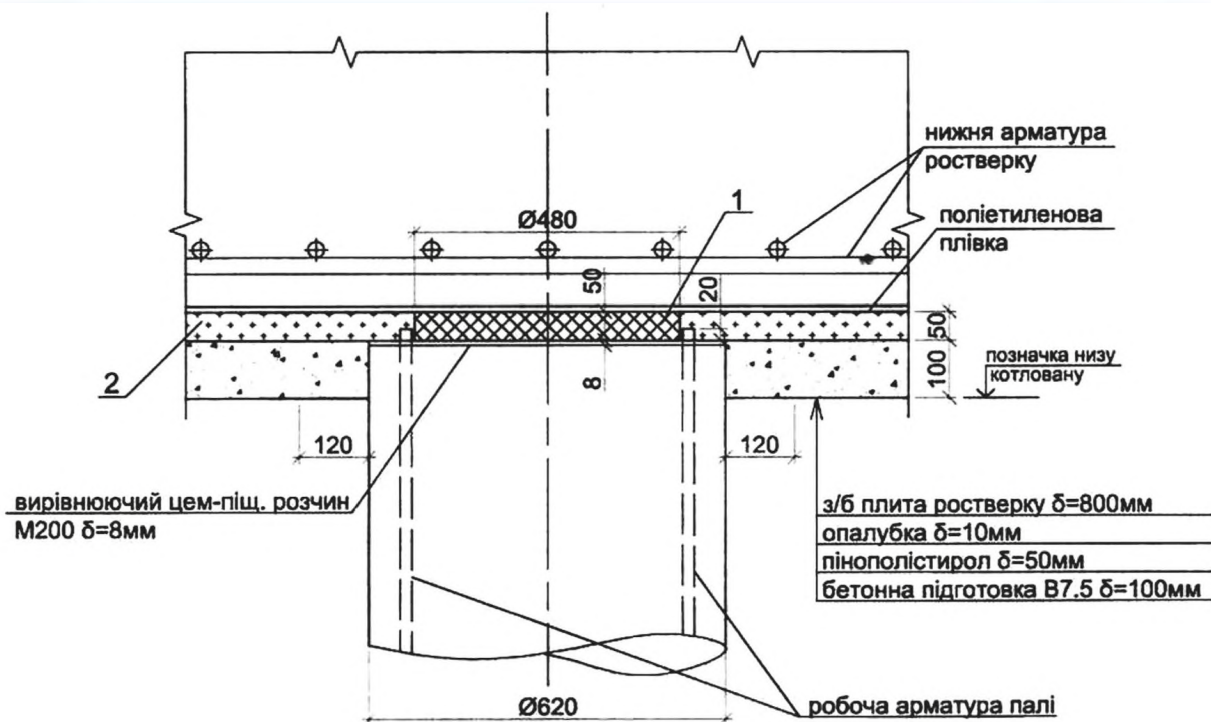


Рисунок 5 – Схема размещения РСБ на свае системы виброизоляции секций № 1 и № 2 жилого дома по ул. Киквидзе в г. Киеве.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Суммарные горизонтальные сейсмические нагрузки в уровне перекрытий крупнопанельных 10-этажных зданий с сейсмоизоляцией меньше до 2-х раз по сравнению с типовым решением (при отсутствии изоляции). Устойчивость здания против опрокидывания с учётом сейсмических нагрузок обеспечена (удерживающий момент больше опрокидывающего в 2,2 раза).

2. Процент армирования несущих стен зданий на нижних этажах с сейсмоизоляцией уменьшается в 1,5...2,0 раза по сравнению с вариантом отсутствия сейсмоизоляции. Эти данные подтверждают эффективность применения сейсмоизоляции для рассмотренных объектов проектирования – жилых домов высотой от 9 до 27 этажей.

3. Разработанные и испытанные конструкции РСБ были использованы в 2014-2018 гг. для сейсмозащиты и виброзащиты (от поездов метрополитена и автотранспорта) жилых домов в г. Киеве: 10-секционного 10-этажного жилого дома по ул. Киквидзе, трёх 27-этажных жилых домов по Оболонскому проспекту (рис. 6) и трёх домов в г. Львове для защиты от воздействия железнодорожного транспорта.

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 виброизоляции тяжёлых машин различного технологического назначения для обеспечения безопасной эксплуатации зданий и сооружений.





**Рисунок 6 – Общий вид 27-этажных жилых домов по Оболонскому проспекту в г. Киеве с системой виброизоляции (расположением на расстоянии 100 м от линии метрополитена мелкого заложения)**

#### Литература:

1. ДБН В.1.1-12: 2014. «Будівництво у сейсмічних районах України» / Мінрегіон України. – Київ: 2014. -110 с.
2. Патент № 58418 на корисну модель. Антисейсмічна опора / [В. І. Дирда, Ю.І. Немчинов, М. І. Лисиця, М. Г. Мар'єнков та ін.] (Україна). - № 58418; заявл. 30.09.2010; дата публ. 11.04.2011, бюл. № 7.
3. Исследование систем вибро- и сейсмоизоляции зданий на основе резинометаллических блоков / Ю.И. Немчинов, Н.Г. Марьенков, Л.А. Жарко, А.Ф. Булат, В.И. Дырда, Н.И. Лисица // Будівельні конструкції. Вип. 82. Будівництво в сейсмічних районах України. Київ. ДП НДІБК. 2015, С. 176-194.