

УДК 721.011.12; 699.841

## **Обеспечение сейсмостойкости надстраиваемых зданий**

**Морозова Е.В.**

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Украина

**Аннотация.** В ходе реконструкции типовых жилых зданий необходимо обеспечение их сейсмостойкости. В работе выполнена оценка сейсмостойкости типового пятиэтажного здания с надстройкой. Предлагается обеспечивать сейсмостойкость реконструируемого здания методом установки резинометаллических опор в месте опирания надстройки на существующее здание.

**Анотація.** Під час реконструкції типових житлових будинків необхідно забезпечити їх сейсмостійкість. У роботі виконана оцінка сейсмостійкості типової п'ятиповерхової будівлі з надбудовою. Пропонується забезпечувати сейсмостійкість будівлі, що реконструюється, методом установлення гумометалевих опор у місці спирання надбудови на існуючу будівлю.

**Abstract.** The security of the seismic resistance of typical residential buildings during their reconstruction is necessary. In the article an evaluation of the seismic resistance of a typical five-storey building with a the superstructure is represented. The author proposes to provide the seismic resistance of the reconstructed building by installing rubber-metallic supports at the points of bearing of the superstructure on the existing building.

**Ключевые слова:** сейсмостойкость, резинометаллические опоры, инерционные силы.

**Введение.** Постановка проблемы. Решение проблем сейсмической безопасности является одной из важнейших задач социально-экономического развития сейсмоактивных регионов. Каждая сейсмическая катастрофа характеризуется своими природными параметрами, социально-экономическими и экологическими последствиями. Уровень катастрофы зависит от многих факторов, главными из которых являются: параметры произошедшего землетрясения; степень сейсмостойкости зданий; возможность возникновения вторичных опасных эффектов; готовность государственных органов к незамедлительным спасательным и восстановительным работам. Игнорировать сейсмическую опасность при рассмотрении перспектив социально-экономического развития государства недопустимо.

В связи с введением с 01.02.07 ДБН В.1.1-12:2006 «Строительство в сейсмических районах Украины» [4] возросла актуальность повышения сейсмостойкости зданий и сооружений при их реконструкции. Во-первых, во многих районах повышена расчетная сейсмическая интенсивность на 1 балл (иногда, на 2 балла, например, для г. Керчи и прилегающих к нему территорий), во-вторых, повышены требования к расчету как при опреде-

лени сейсмических нагрузок, так и при оценке несущей способности конструкций. Значительную часть жилого фонда Украины составляют 5-этажные дома первых массовых серий, которые проектировались и строились без учета антисейсмических мероприятий, либо по заниженным требованиям к сейсмостойкости. Основная масса этих зданий имеет достаточный запас прочности на воздействие обычных нагрузок, при практически полном моральном износе. В ходе реконструкции таких зданий возможно применение надстроек, опирающихся на несущие конструкции здания, при условии обеспечения сейсмостойкости после реконструкции.

Одним из наиболее перспективных методов обеспечения заданной сейсмостойкости здания является использование резинометаллических опор (РМО) для его сейсмоизоляции. РМО – упругий элемент, состоящий из слоев полимерного материала и металла, выполненный жестким в вертикальной плоскости и обладающий малой жесткостью в горизонтальной плоскости. Основными производителями таких опор на сегодняшний день являются Китай, Франция, Новая Зеландия. Срок службы опоры, декларируемый фирмами-производителями, достигает приблизительно 50 лет.

Первоначально такие опоры нашли широкое применение при конструировании сейсмостойких опор мостов, а затем с некоторой доработкой стали применяться и для сейсмоизоляции зданий. Обычно РМО используются для сейсмоизоляции вновь возводимых зданий и устанавливают между несущими конструкциями здания и фундаментом. Здания на РМО получили широкое распространение за рубежом: в Японии, Англии, Франции, США, Новой Зеландии.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Известны примеры применения РМО при реконструкции зданий. В работе [2] описан способ повышения сейсмостойкости реконструируемого здания, являющегося объектом незавершенного строительства. Необходимость повышения сейсмостойкости связана с изменением расчетной сейсмичности площадки строительства за время приостановки строительства и несоответствием проектных решений требованиям сейсмостойкости. Обеспечение необходимого уровня сейсмостойкости реконструируемого здания достигается за счет ряда конструктивных мероприятий, одним из которых является установка сейсмоизолирующих РМО фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)» в уровне подвала и отделения надземных конструкций от подземных горизонтальным антисейсмическим швом. Аналогичный метод также был использован при реконструкции Государственного концертного зала в г. Грозном [7]. Проведение перечисленных мероприятий позволило снизить нагрузки на наземные конструкции в 1,5-3 раза, тем самым уменьшив объем работ по усилению наземных конструкций.

При реконструкції існуючого будинку Центрального банку в г. Іркутське [1] також були застосовані РМО цієї ж фірми. Метою реконструкції є забезпечення сейсмостійкості будинку і перепланування приміщень з надстройкою 1-2 поверхів. Необхідний рівень сейсмостійкості забезпечується за рахунок установки сейсмоізолюючих резинометалічних опор під всіма стінами, стовпами і колонами в рівні цокольного поверху, що забезпечує зниження сейсмічності надземної частини будинку на 1-2 бали порівняно з сейсмічністю площадки будівництва.

Необхідно відзначити, що устрій системи сейсмоізоляції реконструйованих будинків в описаних вище конструктивних рішеннях вимагає великої кількості РМО і відноситься до складних робіт, що значно ускладнює конструкцію реконструйованого будинку і підвищує трудомісткість і вартість реконструкції.

В Національній академії природоохоронного і курортного будівництва запатентовано конструктивне рішення сейсмостійкого реконструйованого будинку [6], згідно з яким сейсмоізолюючі резинометалічні опори встановлюються в місці опирання стоек каркаса надстройки на несучі стіни існуючого будинку. Таким чином, реконструйоване будинку містить обмежену кількість сейсмоізолюючих РМО, які просто встановлюються і легко можуть бути замінені в ході експлуатації.

В роботі [5], опублікованій автором, виконана оцінка сейсмостійкості житлового будинку до і після реконструкції. В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки: значительний запас міцності матеріалу несучих конструкцій типових житлових будинків зі стінами з великих блоків піщаних цеглин на діючі основні комбінації навантажень створює можливість надстройки таких будинків, з опиранням каркаса надстройки на несучі стіни реконструйованого будинку. Корисна площа будинку може бути збільшена на 40-60% (без урахування дефектів несучих конструкцій і несучої спроможності фундаменту); надстройка будинку таким чином знижує сейсмостійкість реконструйованого будинку; ефективним способом підвищення сейсмостійкості будинків, реконструйованих методом надстройки, є установка резинометалічних сейсмоізолюючих опор.

Метою даної роботи є визначення найбільш ефективного способу установки РМО в будинках, реконструйованих методом надстройки.

**Основная часть.** Объектом исследования данной работы является стандартная секция пятиэтажного жилого здания с продольными несущими стенами из крупных блоков альминского камня и перекрытиями из многпустотных железобетонных плит. Габаритные размеры в осях здания в плане 12х16,4 м. Высота этажей 3 м. Надстройка выполнена с тремя эксплуатируемыми жилыми этажами, что позволит увеличить полезную площадь здания на 60%. Конструктивная схема надстройки – рамный металлический каркас. Колонны I 60Ш1. Шаг колонн в продольном направлении 3 м, 3,8 м, 3,6 м и в поперечном направлении 6м. Ригель I 45Б1. Перекрытие – комбинированная плита из монолитного железобетона и стального профилированного настила толщиной 167 мм. Исследование напряженно-деформированного состояния основных несущих конструкций и оценка сейсмостойкости здания выполнялась методом численного эксперимента с применением программного комплекса «Лира-Windows», версия 9.6 [3, 8]. Расчетная модель представлена на рис. 1,а. Для возможности анализа напряженно-деформированного состояния основных несущих конструкций и оценки сейсмостойкости из пространственной расчетной модели был выделен фрагмент с наиболее нагруженным узким простенком (рис. 1,б).

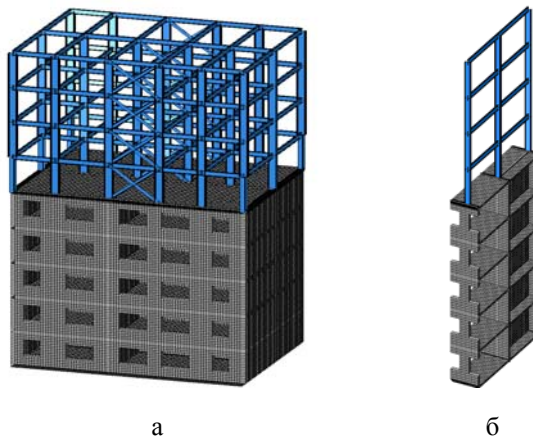
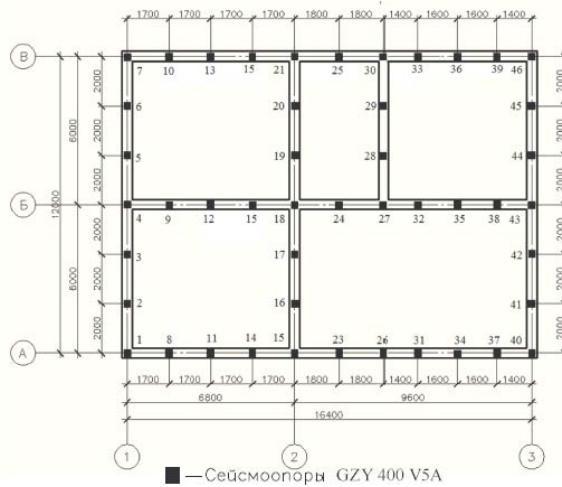


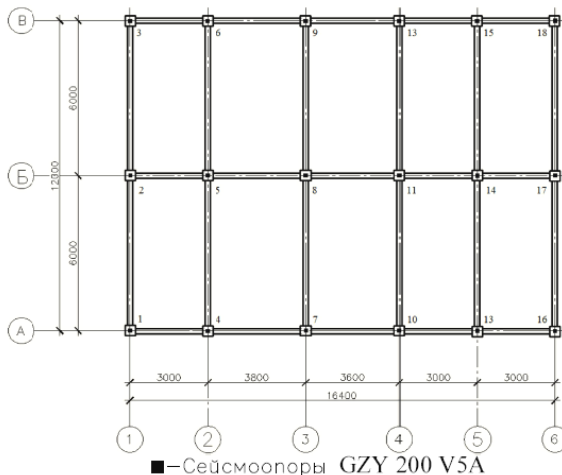
Рис. 1. Расчетные схемы реконструируемого здания:  
а - пространственная расчетная модель; б - исследуемый фрагмент

В работе представлены результаты исследования по определению наиболее эффективного способа установки РМО. Согласно варианту 1 система сейсмоизоляции в реконструируемом здании принята в виде устройства резинометаллических опор со свинцовым сердечником китайской фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)» под несущими стенами в уровне фундамента. Всего устанавливается 48 опор

типа GZY 400 V5A. Каждая опора рассчитана на нагрузку 400 кН. Все опоры квадратные в плане и имеют одинаковые размеры: 420×420 мм и высоту 162,5 мм. Схема расположения сейсмоизолирующих опор в плане приведена на рис. 2,а. Для установки РМО под несущими стенами реконструируемого здания предусматривается устройство непрерывного железобетонного горизонтального антисейсмического пояса толщиной 200 мм. РМО моделировались с помощью КЭ55 со следующими характеристиками: вертикальная жесткость  $R_z = 1890$  кН/мм; горизонтальная жесткость  $R_x = R_y = 1,66$  кН/мм, длина – 162,5 мм.



а



б

Рис. 2. Схема установки РМО: а - вариант 1; б – вариант 2

Согласно варианту 2 система сейсмоизоляции в реконструируемом здании принята в виде устройства резинометаллических опор со свинцовым сердечником китайской фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)» в месте опирания стоек каркаса надстройки на несущие стены реконструируемого здания. Всего устанавливается 18 опор типа GZY 200 V5A. Каждая опора рассчитана на нагрузку 200 кН. Все опоры квадратные в плане и имеют одинаковые размеры: 240×240 мм и высоту 115,5 мм. Схема расположения сейсмоизолирующих опор в плане приведена на рис. 2,б. Для установки РМО под каркасом надстройки вдоль несущих стен реконструируемого здания предусматривается устройство непрерывного железобетонного горизонтального антисейсмического пояса толщиной 200 мм. РМО моделировались с помощью КЭЭ55 со следующими характеристиками: вертикальная жесткость  $R_z = 504$  кН/мм; горизонтальная жесткость  $R_x = R_y = 0,69$  кН/мм, длина – 115,5 мм.

Оценка сейсмостойкости здания с надстройкой для предложенных способов установки РМО выполнялась на основе анализа динамических характеристик и напряженно-деформированного состояния несущих конструкций здания. На рис. 3 представлены периоды собственных колебаний здания по первой форме. Как видно из диаграммы, выполнение надстройки и установка РМО значительно увеличивают период собственных колебаний реконструируемого здания, что ведет к увеличению амплитуды колебаний и снижению способности к затуханию, что может быть опасным для несущих конструкций реконструируемого здания.

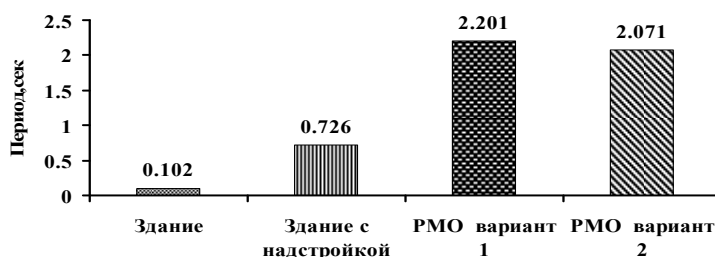


Рис. 3. Периоды собственных колебаний по первой форме

На рис. 4 представлены амплитуды перемещений в уровне перекрытий для расчетной сейсмичности 8 баллов. Необходимо отметить, что надстройка, выполняя роль гасителя колебаний, снижает перемещения реконструируемого здания, максимальные перемещения наблюдаются в уровне верхних этажей надстройки. Применение РМО приводит к значительному увели-

чению перемещений в месте установки последних вследствие их малой жесткости в горизонтальном направлении. В случае варианта 1 установки РМО абсолютные и относительные перемещения здания и надстройки увеличиваются в 10 раз. В случае варианта 2 установки РМО абсолютные и относительные перемещения концентрируются в уровне надстройки, увеличиваясь менее, чем в 2 раза.

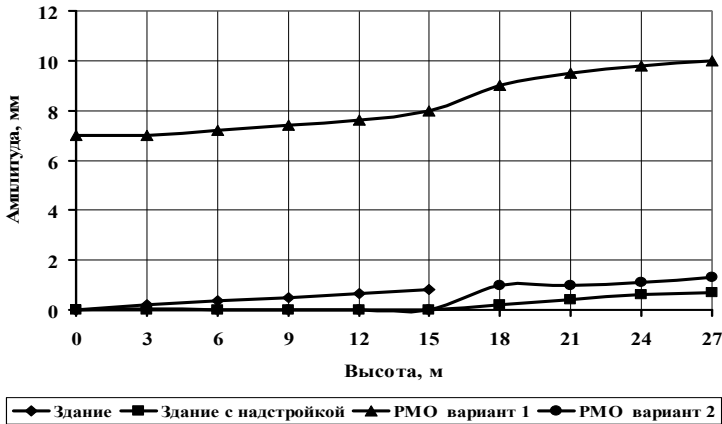


Рис. 4. Амплитуды колебаний реконструируемого здания

На рис. 5 представлены инерционные силы в уровне перекрытий для расчетной сейсмичности 8 баллов. Применение РМО приводит к снижению инерционных сил в уровне перекрытий реконструируемого здания и надстройки в случае 1 варианта установки на 25 %, а в случае 2 варианта установки на 80 %.

На рис. 6 представлены нормальные напряжения в наружной несущей стене реконструируемого здания. При сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов наиболее опасные растягивающие напряжения в исследуемом фрагменте стены возникают в месте опирания надстройки на здание и превышают расчетное сопротивление растяжению кладки из крупных блоков. В случае установки РМО в исследуемом фрагменте растягивающие напряжения не возникают. При варианте 1 установки РМО наблюдается значительная концентрация сжимающих напряжений в месте опирания стены на РМО и в месте опирания надстройки на здание. При варианте 2 установки РМО напряжения в стене распределяются более равномерно, концентрация сжимающих напряжений, не превышающих расчетное сопротивление сжатию кладки из крупных блоков, наблюдается только в месте опирания надстройки на здание.

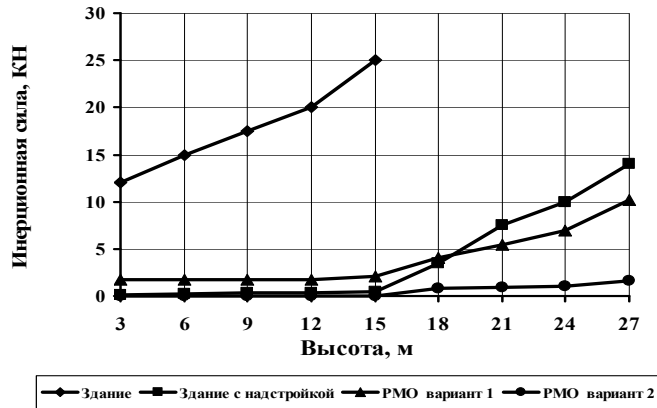


Рис. 5. Инерционные силы в уровне перекрытий здания и надстройки.

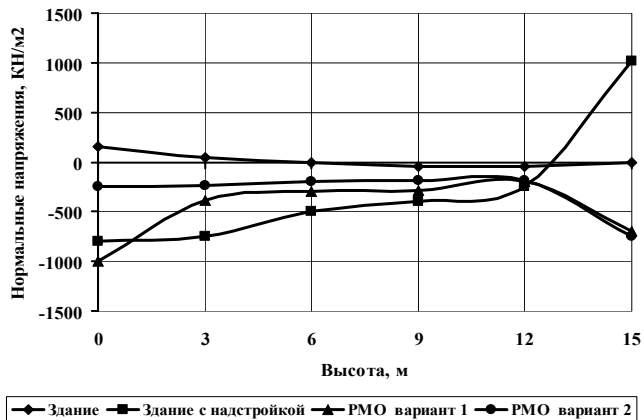


Рис. 6. Нормальные напряжения в наружной несущей стене реконструируемого здания

## Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что эффективным способом повышения сейсмостойкости зданий, реконструируемых методом надстройки, является установка резинометаллических сейсмоизолирующих опор в месте опирания надстройки на здание. Такой способ позволяет изменить динамические характеристики реконструируемого здания, уменьшить инерционные силы в уровне перекрытий, снизить концентрацию напряжений в несущих стенах и, кроме этого является более простым и менее трудоемким по сравнению с известными ранее способами.



## **Литература**

- [1] Айзенберг Я.М., Смирнов В.И., Бычков С.И., Сутырин Ю.А. Эффективные системы сейсмоизоляции. Исследование проектирование, строительство. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2002 г., №1 – ФГУП «ВНИИТПИ» – С. 31–37.
- [2] Акбиев Р.Т., Сутырин Ю.А., Вайдуров А.В. Технология сейсмоусиления объектов незавершенного строительства (на примере республики Алтай). // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2006 г, №3 - ФГУП «ВНИИТПИ» – С. 37-41.
- [3] Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Куценко А.Н., Марченко Д.В., Медведко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. – К.: «Факт». – 2008. – 208 с.
- [4] ДБН В.1.1-12:2006 Строительство в сейсмических районах Украины. Нормы проектирования. – К.: ГП «Укрархбудинформ», 2006 – 84 с.
- [5] Морозова Е.В., Овчаренко В.Н. Применение резинометаллических опор при реконструкции методом надстройки. // Сборник научных трудов «Строительство и техногенная безопасность». – Выпуск 35. – Симферополь: НАПКС, 2011 – С. 132–140.
- [6] Патент на корисну модель № 56415 от 10.01.2011 МПК (2011.01) «Сейсмостійка будівля, яка реконструюється» E04H 9/02. Автори: Ажермачов Г.А. Морозова О.В.
- [7] Смирнов В.И., Акбиев Р.Т., Чубаков М.Ж. Сейсмоусиление государственного концертного зала в г. Грозном. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2009, № 3 – ФГУП «ВНИИТПИ» – С. 55–62.
- [8] Стрелец-Стрелецкий Е.Б., Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Марченко Д.В., Титок В.П. ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. Основы. Учебное пособие. под редакцией Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. Городецкого А.С. – К.: «Факт». – 2008. – 164 с.

*Надійшла до редколегії 03.07.2012 р.*