

СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ СРЕДНЕЙ ЭТАЖНОСТИ

Елена Морозова

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
Адрес: Украина, 95493, г. Симферополь, ул. Киевская, 181. e-mail: www.napks.edu.ua

Аннотация. С введением в действие нового нормативного документа по строительству в сейсмических районах площади территорий Украины, являющиеся опасными в сейсмическом отношении, значительно расширились. 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.

Ключевые слова: сейсмостойкость, реконструкция, надстройка, резинометаллическая опора

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблем сейсмической безопасности является одной из важнейших задач социально-экономического развития сейсмоактивных регионов [10, 11]. Каждая сейсмическая катастрофа уникальна по своим природным параметрам, социально-экономическим и экологическим последствиям. Уровень катастрофы зависит от многих факторов, главными из которых являются: параметры произошедшего землетрясения; степень сейсмостойкости зданий; возможность возникновения вторичных опасных эффектов (разжижение грунта, цунами, оползни, селевые потоки, изменение дебита и состава водных источников, пожары и выбросы ядовитых веществ); готовность государственных органов к незамедлительным спасательным и восстановительным работам. Игнорировать сейсмическую опасность при рассмотрении перспектив социально-экономического развития государства недопустимо.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Более 120 тыс. км² территории Украины (около 20%) относятся к сейсмически опасным территориям. В них проявляются землетрясения интенсивностью 6-9 баллов по шкале MSK-64. На сейсмоопасных территориях проживает 10,9 млн. человек (около 22% от всего населения страны), в том числе: в зонах 6-бальной сейсмической активности - 7,98 млн. человек (15,5%), 7-бальной - 2,16 млн. человек (4,2%), 8-9 бальной - 0,79 млн. человек (1,5%). Условия современного строительства в сейсмических районах осложняются также наличием опасных геологических процессов (наводнения, оползни, смерчи, карсты и др.). Общая сейсмическая активность Украины характеризуется несколькими сейсмоактивными зонами: Карпатский регион (зона Вранча в Румынии); Крымско-Черноморский регион; Сейсмоактивные зоны юго-запада Восточно-Европейской платформы и дельты Дуная (район

Добруджа). Потенциально-возможные землетрясения интенсивностью от 6 до 9 баллов охватывают АР Крым, Закарпатскую, Черновицкую, Винницкую, Кировоградскую, Львовскую, Одесскую, Тернопольскую и Хмельницкую области Украины.

В связи с введением ДБН В.1.1-12:2006 с 01.02.07 «Строительство в сейсмических районах Украины» 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 Керчи и прилегающих к нему территорий), во-вторых, повышены требования к расчету как при определении сейсмических нагрузок, так и при оценке несущей способности конструкций. Основную массу жилого фонда Украины составляют 5 этажные дома первых массовых серий, которые проектировались и строились без учета антисейсмических мероприятий, либо по заниженным требованиям к сейсмостойкости. Значительная часть этих зданий имеет достаточный запас прочности на воздействие обычных нагрузок, при практически полном моральном износе. В ходе реконструкции таких зданий необходимо рассматривать комплекс вопросов: ликвидацию морального износа; увеличение полезной площади; экономное использование площади застройки; улучшение архитектурной выразительности фасадов; в том числе и обеспечение сейсмостойкости зданий 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 (резины, неопрена и т.д.) и металла. Для предотвращения чрезмерной осадки зданий под нагрузкой от собственного веса опоры выполняют жесткими в вертикальной плоскости. В то же время они обладают малой жесткостью в горизонтальной плоскости (в 100 раз меньше ее жесткости в вертикальной плоскости), чтобы обеспечить возможность упруго-

го бокового перемещения. Упругие свойства резины РМО дает возможность обратного восстановления к первоначальному положению сейсмоизолированного здания при воздействии динамической нагрузки. Основными производителями таких опор на сегодняшний день являются Китай, Франция, Новая Зеландия. Срок службы опоры 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. Их устанавливают между несущими конструкциями здания и фундаментом. Здания на РМО получили широкое распространение за рубежом: в Японии, Англии, Франции, США, Новой Зеландии.

Известны примеры применения РМО при реконструкции зданий. В работе [8] 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, а именно: разделения сложного в плане здания вертикальными антисейсмическими швами на отдельные блоки; организации горизонтального антисейсмического шва между надземной и подземной частью здания; устройства антисейсмического монолитного железобетонного пояса по стенам подвала под перекрытием; создание жесткой горизонтальной платформы, образованной непрерывным опорным ростверком и монолитной плитой перекрытия на нулевой отметке, служащей опорой для надземной части здания; установки сейсмоизолирующих резинометаллических опор в уровне подвала под антисейсмическим монолитным железобетонным поясом, опирающихся на новые фундаменты; частичное усиление наземных конструкций. Проведение перечисленных мероприятий позволило снизить нагрузки на наземные конструкции в 1,5-3 раза, тем самым уменьшив объем работ по усилению наземных конструкций.

Описанный выше метод также был использован при реконструкции Государственного концертного зала (ГКЗ) в Грозном [6], возведенного в 1952-1958 гг и разрушенного в результате военных действий. Здание ГКЗ 1-4 этажное, кирпичное, в плане имеет форму прямоугольника и состоит из двух блоков разделенных антисейсмическим швом. Сейсмозащита здания осуществлялась путем установки надземной части на резинометаллические сей-

смоизолирующие опоры китайской фирмы «Shantou Vibro Tech Industrial and Development Co Ltd. (VIBRO)» и отделения надземных конструкций от подземных горизонтальным антисейсмическим швом. По РМО устраиваются монолитные железобетонные перекрестные балки, служащие жесткой платформой для надземных конструкций. Резинометаллические изоляторы установлены для снижения горизонтальных сейсмических нагрузок на надфундаментные конструкции здания при помощи податливого соединения между надфундаментными конструкциями и непосредственно фундаментом и обеспечения демпфирующей способности сейсмоизолирующей опоры. Применение системы сейсмоизоляции позволило снизить расчетные сейсмические нагрузки и обеспечить сейсмостойкость надфундаментной части здания с выполнением минимальных конструктивных мероприятий по усилению.

При реконструкции существующего здания Центрального банка, построенного в 1934 г. в Иркутске [9] были применены резинометаллические опоры выпускаемые фирмой «VIBRO-TECH» (г. Шантоу). Реконструируемое здание включает 3-4 существующих этажа. Целью реконструкции является обеспечение сейсмостойкости здания, а также перепланировка помещений и надстройка 1-2 этажей. Необходимый уровень сейсмостойкости обеспечивается за счет установки сейсмоизолирующих резинометаллических опор под всеми стенами, столбами и колонами в уровне цокольного этажа, что обеспечило снижение сейсмичности надземной части здания на 1-2 балла по сравнению с сейсмичностью площадки строительства.

Необходимо отметить, что устройство системы сейсмоизоляции реконструируемых зданий в описанных выше конструктивных решениях требует большого количества РМО (порядка 70-80 под каждым блоком здания) и относится к сложным работам. Требуется значительный объем земляных, демонтажных, монолитных работ и работ по устройству инженерных коммуникаций с гибкими вставками в уровне горизонтального антисейсмического шва. Кроме этого надстраиваемые этажи жестко крепятся к существующим конструкциям реконструируемого здания и передают на них дополнительные вертикальные нагрузки, что соответственно увеличивает сейсмические воздействия на существующее здание и снижает его сейсмостойкость. Всё это значительно усложняет конструкцию реконструируемого здания и повышает трудоёмкость и стоимость реконструкции.

ОБЪЕКТ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В Национальной академии природоохранного и курортного строительства запатентовано конструктивное решение сейсмостойкого реконструируемого здания [5], согласно которому сейсмоизо-

лирующие резинометаллические опоры установлены в месте опирания стоек каркаса надстройки на несущие стены существующего здания. Таким образом, реконструируемое здание содержит ограниченное количество сейсмоизолирующих РМО, которые просто устанавливаются и легко могут быть заменены в ходе эксплуатации, что снижает трудоемкость и стоимость реконструкции на 15-20% по сравнению с другими способами обеспечения сейсмостойкости реконструируемых зданий. Надстройка обладает повышенной деформативностью в горизонтальном направлении, что ведет к снижению уровня дополнительного сейсмического воздействия на существующее здание на 50-75%. В случае резонансных колебаний, надстройка включается в совместную работу с существующим зданием и выполняет роль гасителя колебаний для существующего здания, так как обладает динамическими характеристиками отличными от динамических характеристик существующего здания.

Объектом исследования, результаты которого приведены в настоящей работе является стандартная секция пятиэтажного жилого здания. Габаритные размеры в осях здания в плане 12x16,4 м. Высота этажей 3 м. Конструктивная схема – здание с продольными несущими стенами. Стены выполнены из крупных блоков альминского камня – наружные толщиной 0.51м, внутренние – 0.4м. Перегородки – гипсобетонные межкомнатные толщиной 0.12м. Фундамент ленточный из сборных железобетонных блоков. Перекрытия здания выполнены из

многопустотных железобетонных плит толщиной 220 мм.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование напряженно-деформированного состояния основных несущих конструкций и оценка сейсмостойкости здания выполнялась методом численного эксперимента с применением программного комплекса «Лира-Windows», версия 9.6 [3,4]. Была создана пространственная расчетная схема секции здания (рис.1а) с использованием плоского прямоугольного конечного элемента КЭ-41 (пластина). В качестве исходных данных были приняты следующие характеристики кладки из крупных блоков альминского камня: марка блока 200, марка 75; прочность на осевое растяжение $R_t=0,08\text{МПа}$; сопротивление кладки сжатию $R=4,9\text{МПа}$; $\mu=0,1$; $E=5,39\text{МПа}$ [7]. Исследовались напряжения в продольных несущих стенах для основного расчетного сочетаний нагрузок (РСН), включающего постоянные; временные длительные и кратковременные нагрузки на перекрытия; кратковременную снеговую нагрузку на покрытие [2] и для особого (аварийного) РСН где в качестве особой принята сейсмическая нагрузка интенсивностью 7, 8 и 9 баллов [1]. Для анализа напряженно-деформированного состояния основных несущих конструкций и оценки сейсмостойкости из пространственной расчетной схемы был выделен фрагмент с наиболее нагруженным узким простенком (рис.1б).

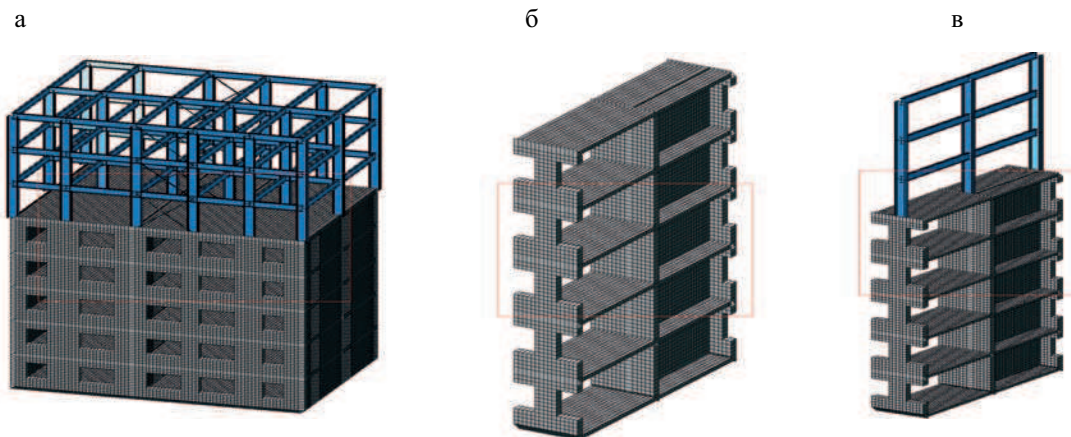


Рис.1. Расчетные схемы реконструируемого здания: а - пространственная расчетная модель здания; б - исследуемый фрагмент реконструируемого здания; в - исследуемый фрагмент здания с надстройкой

Fig.1. The structural model of the reconstructed building: а - spatial structural model of the building; б - an investigated fragment of the reconstructed building; в - an investigated fragment of the reconstructed building with a superstructure

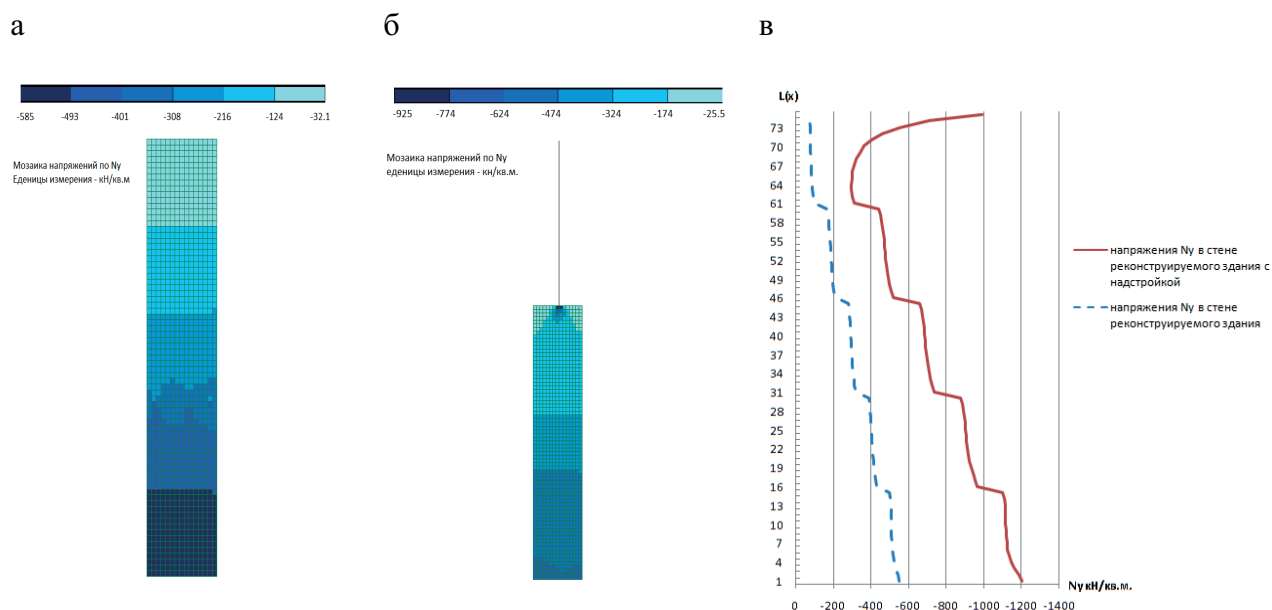


Рис.2. Распределение напряжений во внутренней продольной несущей стене реконструируемого здания при действии основного РСН: а - изополя нормальных напряжений N_y в стене реконструируемого здания; б - изополя нормальных напряжений N_y в стене реконструируемого здания с надстройкой; в - график изменения нормальных напряжений N_y в стене реконструируемого здания

Fig.2. Distribution of stresses in the interior longitudinal load bearing wall of the reconstructed building at action of basic DCL: а - isofields of normal stresses N_y in the wall of the reconstructed building; б - isofields of normal stresses N_y in the wall of the reconstructed building with a superstructure; в - the graph of change of normal stresses N_y in the wall of the reconstructed building

При действии основных РСН максимальные сжимающие напряжения возникают во внутренней продольной несущей стене здания и составляют менее 15% от расчетного сопротивления сжатию материала стены (рис.2). Таким образом, существует возможность надстройки существующего здания с опиранием несущих конструкций надстройки на продольные стены реконструируемого здания. С целью снижения дополнительной нагрузки на реконструируемое здание каркас надстройки выполнен из легких металлических конструкций, перекрытия комбинированные с профилированным настилом в качестве несъемной опалубки, наружное стеновое заполнение из легковесных блоков с наружным эффективным утеплителем. Надстройка выполнена с двумя эксплуатируемыми жилыми этажами, что позволит увеличить полезную площадь здания на 40% (рис.2в). Максимальные сжимающие напряжения во внутренней продольной несущей стене здания с надстройкой, при действии основных РСН, составляют около 30% от несущей способности. Значительный запас прочности объясняется тем, что не оценивалась несущая способность основания.

Для оценки сейсмостойкости существующего здания анализировались напряжения в наружных продольных стенах при особом РСН (рис.3). При сейсмическом воздействии интенсивностью 7 баллов растягивающие напряжения в стенах здания не

возникают, максимальные сжимающие напряжения не превышают расчетного сопротивления сжатию кладки из крупных блоков. При сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов возникают растягивающие напряжения в стене здания, при этом значения как сжимающих, так и растягивающих напряжений не превышают соответствующих расчетных сопротивлений. Сейсмостойкость здания, описанной выше конструкции, можно считать обеспеченной. При сейсмическом воздействии интенсивностью 9 баллов возникающие растягивающие напряжения в стене здания превышают расчетное сопротивление растяжению кладки из крупных блоков следовательно, сейсмостойкость здания недостаточна.

Для оценки сейсмостойкости здания с надстройкой анализировались напряжения в наружных продольных стенах при особом РСН (рис.4). При сейсмическом воздействии интенсивностью 7 баллов растягивающие напряжения в стенах здания не возникают, максимальные сжимающие напряжения не превышают расчетного сопротивления сжатию кладки из крупных блоков. При сейсмическом воздействии интенсивностью 8 баллов возникают растягивающие напряжения в стене в месте опирания надстройки на здание, которые на 25% превышают расчетное сопротивление растяжению кладки из крупных блоков. Сжимающие напряжения в этом же месте достигают значений расчетных сопротивлений сжа-

тию. При сейсмическом воздействии интенсивностью 9 баллов возникающие растягивающие напряжения в стене здания превышают расчетное сопротивление растяжению кладки из крупных блоков более чем в 3 раза. Сжимающие напряжения на

50% выше расчетных сопротивлений сжатию. Таким образом, при возведении надстройки сейсмостойкость реконструируемого здания снижается и при сейсмическом воздействии интенсивностью 8 сейсмостойкость здания недостаточна.

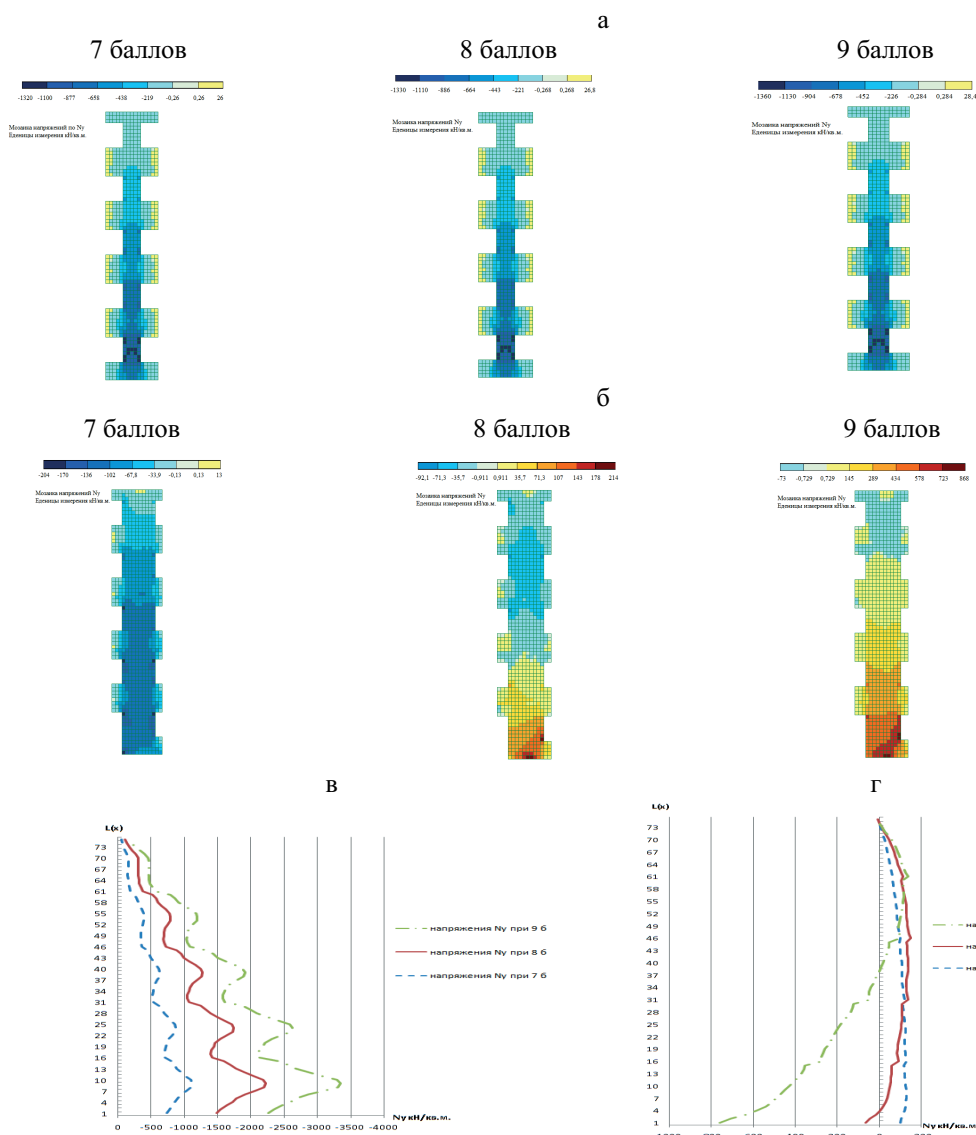


Рис.3. Распределение напряжений в наружных продольных несущих стенах реконструируемого здания при действии особого РСН: а - изополя нормальных напряжений N_y в сжатой стене реконструируемого здания; б - изополя нормальных напряжений N_y в растянутой стене реконструируемого здания; в - график изменения нормальных напряжений N_y в сжатой стене реконструируемого здания; г - график изменения нормальных напряжений N_y в растянутой стене реконструируемого здания

Fig.3. Distribution of stresses in exterior longitudinal load bearing walls of the reconstructed building at action of special DCL: а - isofields of normal stresses N_y in the compressed wall of the reconstructed building; б - isofields of normal stresses N_y in the stretched wall of the reconstructed building; в - the graph of change of normal stresses N_y in the compressed wall of the reconstructed building; г - the graph of change of normal stresses N_y in the stretched wall of the reconstructed building

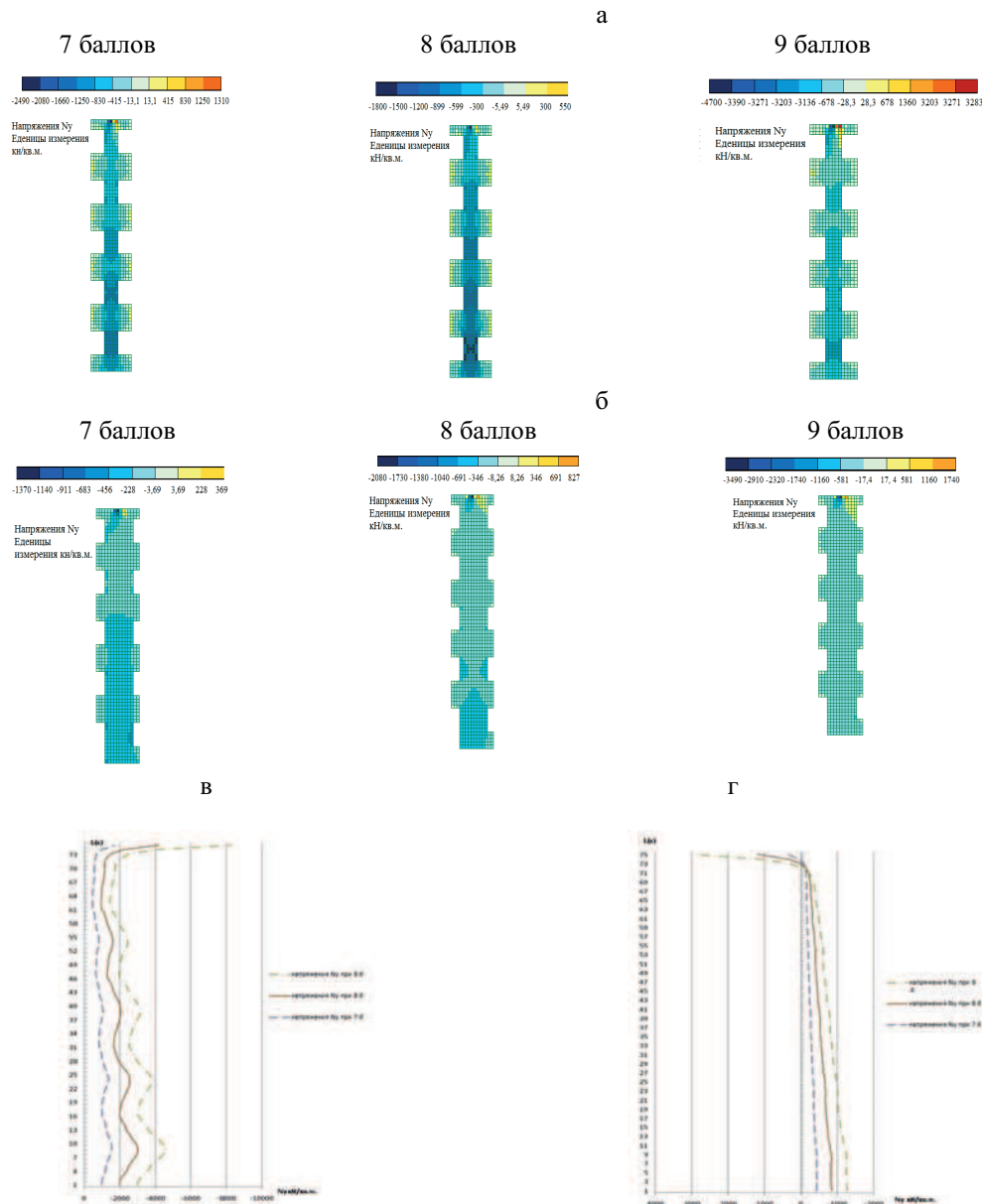


Рис.4. Распределение напряжений в наружных продольных несущих стенах реконструируемого здания с надстройкой при действии особого РСН: а - изополя нормальных напряжений N_y в сжатой стене реконструируемого здания с надстройкой; б - изополя нормальных напряжений N_y в растянутой стене реконструируемого здания с надстройкой; в - график изменения нормальных напряжений N_y в сжатой стене реконструируемого здания с надстройкой; г - график изменения нормальных напряжений N_y в растянутой стене реконструируемого здания с надстройкой

Fig.4. Distribution of stresses in external longitudinal load bearing walls of the reconstructed building with a superstructure at action of special DCL: а - isofields of normal stresses N_y in the compressed wall of the reconstructed building with a superstructure; б - isofields of normal stresses N_y in the stretched wall of the reconstructed building with a superstructure; the graph of change of normal stresses N_y in the compressed wall of the reconstructed building with a superstructure; г - the graph of change of normal stresses N_y in the stretched wall of the reconstructed building with a superstructure

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- Значительный запас прочности материала несущих конструкций типовых жилых зданий со стена-

ми из крупных блоков пильного известняка на действие основных сочетаний нагрузок создает возможность надстройки таких зданий, с опиранием каркаса надстройки на несущие стены реконструируемого здания. Полезная площадь здания может быть увеличена на 40-60% (без учета дефектов не-

сущих конструкций и несущей способности основания);

- Надстройка здания таким способом снижает сейсмостойкость реконструируемого здания;

- Эффективным способом повышения сейсмостойкости зданий, реконструируемых методом надстройки, является установка резинометаллических сейсмоизолирующих опор.

Планируются дальнейшие исследования по определению наиболее эффективного способа установки РМО. Предлагается оценить следующие способы установки: РМО устанавливаются в стене реконструируемого здания между фундаментом и надземной частью; РМО устанавливаются в месте опирания стоек каркаса надстройки на стены реконструируемого здания. Планируется выполнить оценку сейсмостойкости здания с надстройкой для предложенных способов на основе анализа динамических характеристик и напряженно-деформированного состояния несущих конструкций здания и надстройки, а также трудоемкости и стоимости способов сейсмоизоляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-12:2006.: Строительство в сейсмических районах Украины. Нормы проектирования. – К.: ГП «Укрархбудинформ». – 84.
2. ДБН В.1.2-2:2006.: Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. – К.: Минстрой Украины, 2006г. – 78 с.
3. ЛИРА 9.4. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. Боговис В.Е., Гензерский Ю.Д., Гераймович Ю.Д., Куценко А.Н., Марченко Д.В., Медведко Д.В., Слободян Я.Е., Титок В.П. – К.: «Факт», 2008. – 208 с.
4. ЛИРА 9.4., 2004.: Руководство пользователя. Основы.: учебное пособие. Стрелец-Стрелецкий Е. и др. – К.: Факт. – 164.
5. Пат. України №56415, Е04Н 9/02, 2011.: Сейсмостійка будівля, яка реконструюється/ Ажермачов Г., Морозова О. – Бюл. №12.
6. Сейсмоусиление государственного концертного зала в г. Грозном, 2009.: / Смирнов В., Акбиев Р., Чубаков М. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №3, 55 – 62.
7. СНиП П-22-81, 1983.: Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат. – 40.
8. Технология сейсмоусиления объектов незавершенного строительства (на примере республики Алтай), 2006.: / Акбиев Р., Сутырин Ю., Вайдуров А. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – №2, 37 – 41.
9. Эффективные системы сейсмоизоляции. Исследование проектирование, строительство, 2002.: / Айзенберг Я., Смирнов В., Бычков С., Су-

тырин Ю. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – №1, 31 – 37.

10. Куликов Г., Казьмина А., Кондратьева Н., 2011. Взаимосвязь предпроектных исследований и характера реконструкции жилища. // MOTROL. – №13С, 145 – 149.

11. Морозова Е., 2009.: Обеспечение сейсмостойкости системы «здание-надстройка» // MOTROL. – №11А, 149 – 153.

EARTHQUAKE FIRMNESS OF THE RECONSTRUCTED BUILDINGS OF MIDDLE FLOOR

Summary. With introduction to the action of new normative document on building in seismic districts the areas of territories of Ukraine, being dangerous in a seismic relation, broadened considerably. During reconstruction of model dwellings buildings providing of their earthquake firmness is needed. The estimation of earthquake firmness of model four floor building is in-process executed with building on. It is suggested to provide earthquake firmness of the reconstructed building of setting of rubber and metallic supports a method in a place

Key words: earthquake firmness, reconstruction, building on, rubber and metallic support