

УДК 624.01(082)

ББК 38.1я43

Б90

Б90 Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво) / Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. - Вип. 78: В 2-х кн.: Книга 1. - Київ, ДП НДІБК, 2013.  
Свідectво про державну реєстрацію: серія KB № 8159

ISBN 978-617-676-030-6

ISBN 978-617-676-028-3(к.1)

В збірнику приведено результати досліджень в галузі теорії та розрахунку бетонних та залізобетонних конструкцій, процесів структуроутворення бетонів, їх властивостей, застосування суперпластифікаторів.

Розглянуто питання технології, довговічності, експлуатації та ремонту бетонних та залізобетонних конструкцій.

Призначено для наукових і інженерно-технічних працівників, аспірантів, а також працівників проектних організацій та підприємств будівельної галузі.

УДК 624.01(082)

ББК 38.1я43

*Збірник наукових праць рекомендовано до опублікування науково-технічною радою Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (протокол від 12.04.2013, №3).*

*Збірник включено до переліку наукових фахових видань, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт (Затверджено постановою президії ВАК України від 08.07.2009 р. № 1-05/3).*

### Редакційна колегія:

Головний редактор Кривошеєв П.І., канд. техн. наук, проф.

Бамбура А.М., д-р техн. наук  
Барашиков А.Я., д-р техн. наук, проф.  
Глазкова С.В., канд. техн. наук  
Голишев О.Б., д-р техн. наук, проф.  
Давиденко О.І., д-р техн. наук, проф.  
Зоценко М.Л., д-р техн. наук, проф.  
Калюх Ю.І., д-р техн. наук, проф.  
Клованіч С.Ф., д-р техн. наук, проф.  
Корнієнко М.В., канд. техн. наук, проф.  
Крітов В.О., канд. техн. наук

Матвеев І.В., канд. техн. наук  
Немчинов Ю.І., д-р техн. наук, проф.  
Сенаторов В.М., канд. техн. наук  
Слюсаренко Ю.С., канд. техн. наук  
Тарасюк В.Г., канд. техн. наук  
Фаренюк Г.Г., д-р техн. наук  
Хавкін О.К., канд. техн. наук  
Шейніч Л.О., д-р техн. наук, проф.  
Шокарев В.С., канд. техн. наук

Адреса редколегії: 03680, Київ, вул. Івана Клименка, 5/2, ДП НДІБК

Телефони: 249-37-01, 249-37-03, Факс: 248-89-09

e-mail: [adm-inst@ndibk.kiev.ua](mailto:adm-inst@ndibk.kiev.ua)

ISBN 978-617-676-030-6

ISBN 978-617-676-028-3(к.1)

© Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2013



## О ВОЗМОЖНОСТИ КОНСТРУКТИВНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Шмуклер В.С., Бабаев В.Н., Зинченко В.М.

Харьковская национальная академия городского хозяйства  
г. Харьков, Украина

**АНОТАЦИЯ:** На основе розгляду наслідків вибуху в панельному житловому будинку вивчені особливості його конструктивного рішення і напружено-деформованого стану (НДС) при різних завантаженнях. В результаті проведеного аналізу запропоновані конструктивні рішення стінового обгороджування будівлі, що істотно зменшують його вагу, та поліпшують теплозвукотехнічні характеристики зовнішніх стін.

**АННОТАЦИЯ:** На основе рассмотрения последствий взрыва в панельном жилом доме изучены особенности его конструктивного решения и напряженно-деформированного состояния (НДС) при различных загрузках. В результате проведенного анализа предложены конструктивные решения стенового ограждения, уменьшающие вес здания, улучшающие теплозвукотехнические характеристики наружных стен.

**ABSTRACT:** On the basis of examination the consequences of the explosion in a residential panel house, design features and strain-stress state (SSS) at various loading cases are studied. Wall fence designs which significantly reduce the weight of the building, improve thermal and acoustic characteristics of exterior walls and architectural image of the building in the issue of taken analysis were suggested.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** конечноэлементная модель, стеновые панели и панели перекрытий, напряженно-деформированное состояние.

### ВВЕДЕНИЕ

Как известно, сложившийся жилой фонд, в основном, является панельным. Как следствие, теплотехнические характеристики стенового ограждения и покрытия таких зданий не соответствуют современным



нормативным требованиям и требованиям комфортности проживания [3]. Учитывая, что «панельные микрорайоны» имеют значительный удельный вес в общем объеме возведенного жилья, вопросы утепления стен и улучшения архитектурного облика зданий являются весьма актуальными. Можно констатировать, что определенный опыт в этом вопросе накоплен. В конструктивном плане это, как правило, создание многослойной (трехслойной) конструкции, содержащей собственно наружную стеновую панель, слой жесткого (полужесткого) утеплителя и наружный отделочный слой (сайдинг). Термическое сопротивление такой стены в несколько раз превышает этот показатель для однослойной керамзитобетонной (ячеистобетонной) панели. В свою очередь, анализ надежности соединений элементов панельного дома позволяет сделать вывод о том, что наиболее слабым звеном является узел соединения наружных и внутренних стеновых панелей. Совершенно очевидно, что переход к многослойным конструкциям увеличивает вес стенового ограждения и, как следствие, ухудшает техническое состояние упомянутых узлов, подвергавшихся в течение эксплуатационного периода продуванию, промерзанию, замачиванию и т.п. С другой стороны, изучение конструктивных решений панельных зданий показывает, что для многих их типовых серий, наружные панели являются навесными. Последнее обстоятельство, по-видимому, дает основание для проведения трансформации упомянутого конструктивного решения путем замены наружных панелей на новые облегченные конструкции. Перечисленное предопределило построение принципов проведения подобной трансформации. Полигоном для верификации предлагаемых преобразований послужил 16-ти этажный жилой дом комплексной харьковской серии (КХС) в г. Харькове, подвергшийся воздействию взрывной волны. Данная аномалия явилась следствием грубого нарушения правил эксплуатации газовых устройств и приборов [1].

Остановимся на конструктивных особенностях данного здания.

## КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА

Рассматриваемый жилой дом сложной конфигурации в плане, (тип ЗС-16, проект института «Харьковпроект», 1978-1979 гг.) включает шестнадцать жилых этажей, а также цокольный и технический этажи (рис. 1, 2). К основным конструктивным элементам относятся:

- внутренние стеновые панели из тяжелого бетона класса В20, толщиной 180 мм;
- панели перекрытий из тяжелого бетона класса В20, толщиной 140 мм;
- наружные стеновые панели из керамзитобетона, толщиной 320 мм.



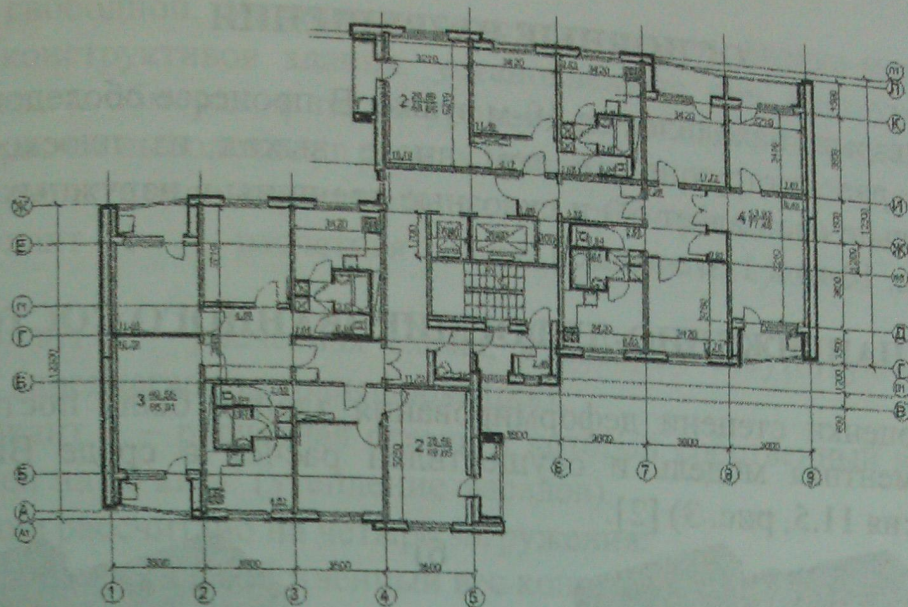


Рис. 1. План типового этажа

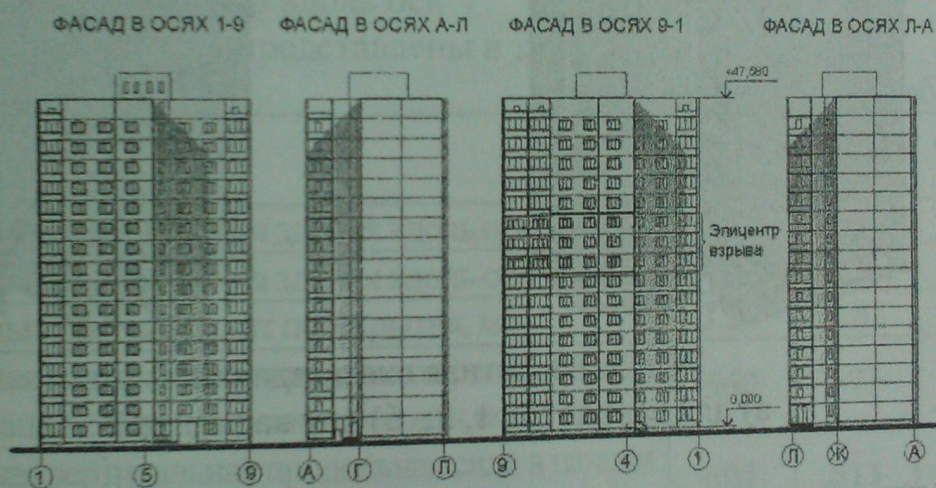


Рис. 2. Фасады здания

При этом, панели перекрытий опираются на три канта, а наружные панели являются навесными, с опиранием на панели перекрытия. Основное соединение внутренних панелей и панелей перекрытия – платформенный стык. Кроме того, объединение панелей всех видов дополнительно реализовано с помощью металлических элементов, привариваемых к закладным деталям панелей.

Фундаменты здания – свайные.

На основании обозначенной информации, конструктивную схему сооружения следует отнести к бескаркасной пространственной пластинчатой составной системе, прочность, устойчивость и жесткость которой обеспечивается за счет внутренних стеновых панелей, панелей перекрытий и узлов их соединения.



## ОСНОВНЫЕ РАЗРУШЕНИЯ

Очаг взрыва находился на 10-м этаже. В процессе обследования был установлен ряд деструкций, в том числе выход из плоскости (угол приблизительно составляет  $5^\circ$ ) и сквозные трещины в наружных стеновых панелях 9-го, 10-го и 11-го этажей.

### АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Для оценки степени деформирования здания была построена его конечноэлементная модель и осуществлен расчет в среде ВК «SCAD office» (версия 11.5, рис. 3) [2].

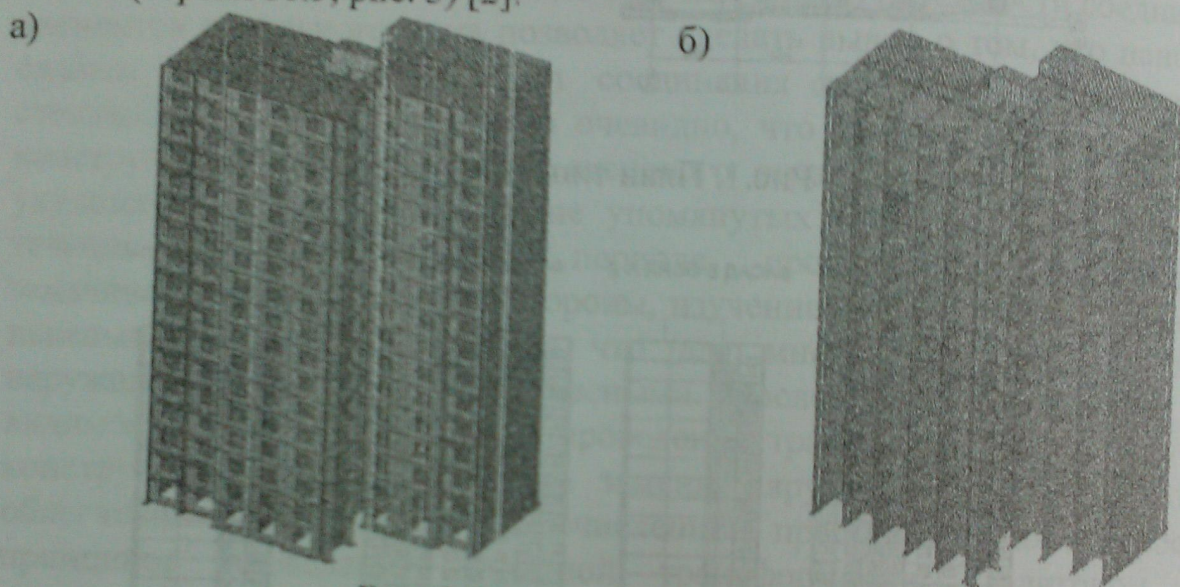


Рис. 3. Расчетная схема здания:  
а) для вариантов 1, 3; б) для варианта 2

Аппроксимация конструктивных элементов сооружения (внутренние стеновые панели, панели перекрытия, наружные стеновые панели) реализована с использованием конечных элементов оболочки нулевой гауссовой кривизны. Связи между внутренними панелями исключены, что идет в запас. Данное обстоятельство продиктовано также тем, что при взрыве могло быть нарушено сцепление между анкерными стержнями закладных связевых деталей и бетоном панелей. Кроме того, именно подобное представление скелета сооружения реализует идеологию замены тяжелых однослойных наружных панелей на эффективные, многослойные. Платформенные стыки моделировались пространственно шарнирными, допускающими повороты опорных сечений панелей перекрытий. Подобная гипотеза подтверждена схемой, установленного при обследовании, излома панелей (квазиконверт). Крепление навесных (на этаж) стеновых панелей к торцам перекрытий и к внутренним стеновым панелям принято шарнирным, трехкантовым. При этом, верхняя кромка наружных панелей (НС)



считалась свободной. Учитывая геометрические и физико-механические атрибуты конструктивов здания, установленные при инструментальном обследовании и обмерах, а также уровень напряженно-деформированного состояния, расчет выполнялся в рамках принятия справедливости закона Гука.

При расчете здания рассматривалось три варианта расчетных схем:

- вариант 1 – расчетная схема, соответствующая проектному решению;

- вариант 2 – расчетная схема, в которой отсутствуют наружные панели НС (предлагаемая трансформация);

- вариант 3 – расчетная схема, в которой собственный вес панелей НС увеличен на  $70 \text{ кг/м}^2$  (утепление фасадов).

Здание рассчитано на четыре загрузки:

- загрузка 1 - собственный вес конструкций;

- загрузка 2 - полезная нагрузка на перекрытиях, величиной  $400 \text{ кг/м}^2$ ;

- загрузка 3 - ветер вдоль оси X;

- загрузка 4 - ветер вдоль оси Y.

Результаты расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Максимальные перемещения здания вдоль оси X, мм *)	14,8	14,8	14,8
Максимальные перемещения здания вдоль оси Y, мм	30,52	30,52	30,52
Максимальные прогибы плит перекрытия, мм	3,23	5,82	3,49
Максимальная вертикальная продольная сила в панели ВС. Комбинация с ветровым нагружением по X, т/м <sup>2</sup>	560	571	570
Максимальная вертикальная продольная сила в панели ВС. Комбинация с ветровым нагружением по Y, т/м <sup>2</sup>	601	613	612
Максимальный пролетный момент по оси X, т·м/м	1,73	2,8	1,72
Максимальный пролетный момент по оси Y, т·м/м	0,0	0,0	0,0
Максимальный опорный момент по оси X, т·м/м	0,6	0,6	0,6
Максимальный опорный момент по оси Y, т·м/м	0,0	0,0	0,0
Максимальная поперечная сила по оси X, т/м	0,75- 1,53	1,19- 1,56	1,22- 2,04
Максимальная поперечная сила по оси Y, т/м	0,3	0,42	0,24
Максимальные сдвигающие напряжения в плитах перекрытия, т/м <sup>2</sup>	35,83	38,22	37,5
Максимальные сдвигающие напряжения в стеновых панелях ВС, т/м <sup>2</sup>	56,08	59,68	60,1

\*) В данной таблице приведены основные характеристики НДС (максимальные)



Как видно из таблицы, различия в ее показателях находятся в пределах точности инженерных расчетов ( $\leq 10\%$ ), т.е. проведенный анализ показывает достаточность несущей способности отдельных элементов (сечений) и ограниченность деформаций (прогибов) здания в целом.

### ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ

При усилении конструкций предусмотрено восстановление жесткостного и прочностного ресурса. В рамках этих работ произведены демонтаж шести наружных стеновых панелей, обустройство новых дисков перекрытий в сборно-монолитном исполнении, работающих совместно с восстановленными (также сборно-монолитный вариант) внутренними стеновыми панелями. Армирование перечисленных конструктивов реализовано в виде комбинированной системы, состоящей из жесткой (прокатные профили), гибкой и локально предварительно напряженной арматуры. Новое стеновое ограждение 9,10 и 11 этажей запроектировано в виде жестких металлических рам, заполненных пеногазосиликатными блоками. Поверх блоков обустроена эффективная оболочка из листов утеплителя типа «Термолайф» и штукатурный слой по сетке (рис. 4).

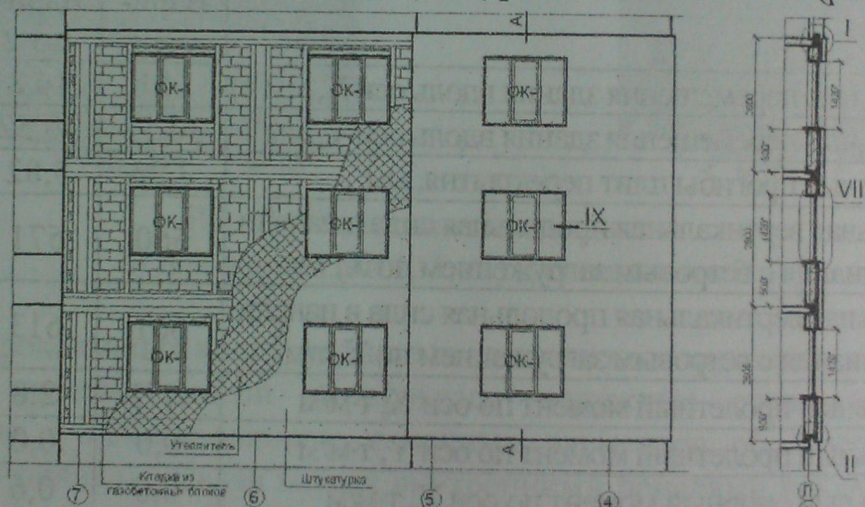


Рис. 4. Фрагмент фасада (предлагаемое решение)

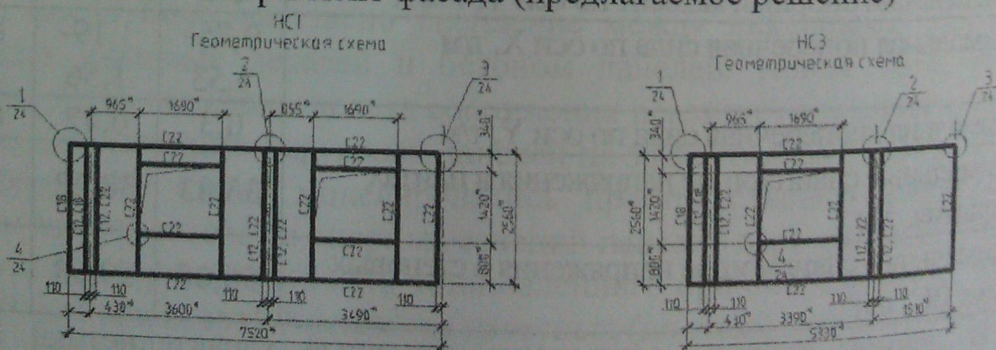


Рис. 5. Каркасы эффективных стеновых панелей





Рис. 6. Каркасы эффективных стеновых панелей

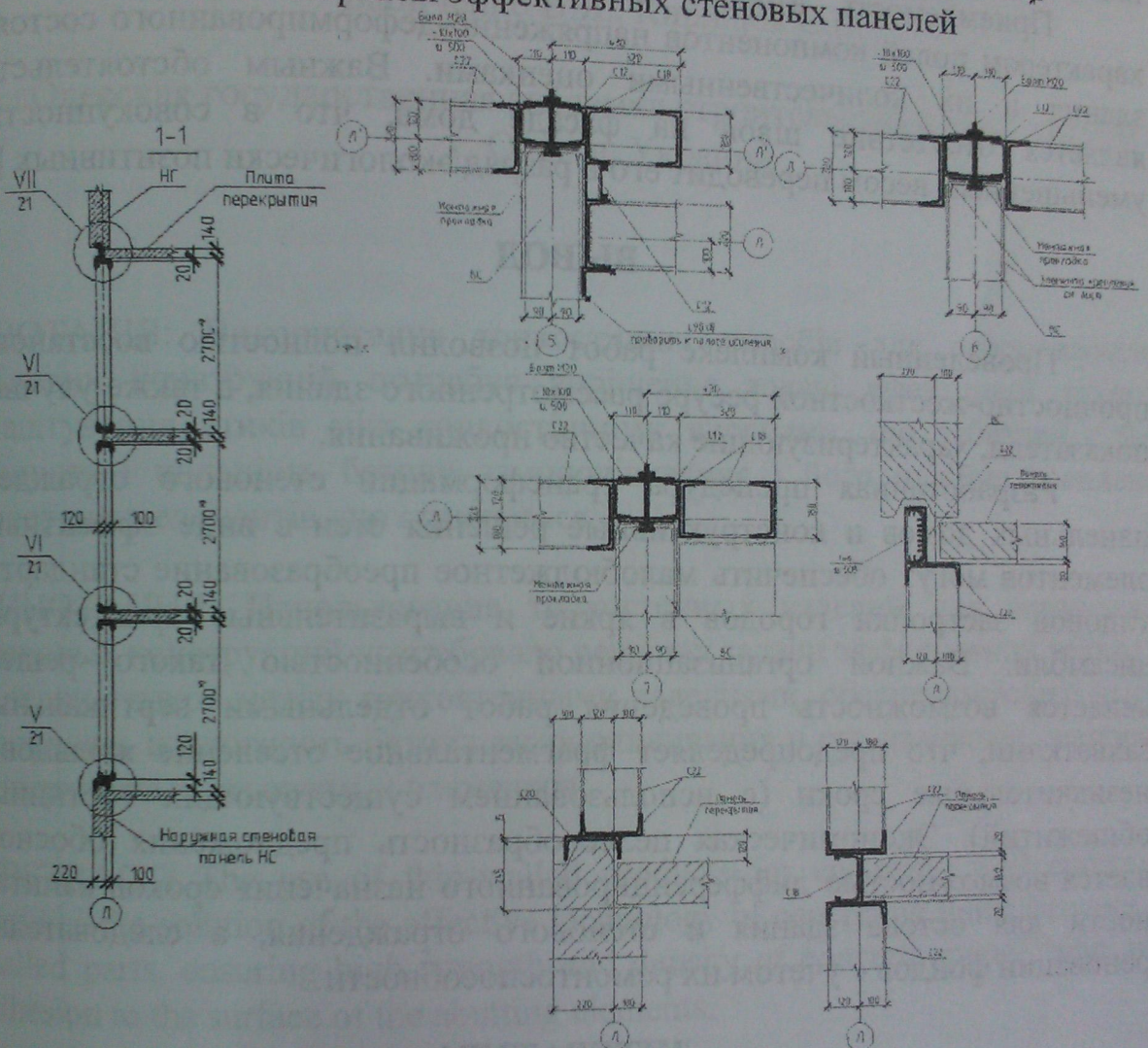


Рис. 7. Узлы стенового ограждения

Окончательный анализ проектных решений и напряженно-деформированного состояния (табл. 1), проведенный на основе построенной модели, predetermined выбор решения ограждения дома в виде легкой многослойной конструкции (рис. 4, 5, 6, 7). При этом, стеновое заполнение проектируется навесным, облегченного типа. Как следует из полученной информации, прогибы здания и перекосы его ячеек при наличии и отсутствии стеновых панелей практически не отличаются. В связи с этим, допустимы минимум два варианта конструктива наружной стены:



- с использованием металлической рамы с жесткими узлами, обеспечивающей минимизацию перекосов; заполнение - облегченные блоки, утеплитель и сайдинг;

- облегченная многослойная панель без металлического каркаса [3]. Эта конструкция формируется с использованием листовых материалов типа цементно-стружечных плит, влагостойкой фанеры, магнезитовых плит, а также утеплителя и сайдинга.

Приемлемость второго варианта обосновывается качественным характером полей компонентов напряженно-деформированного состояния здания и их количественными оценками. Важным обстоятельством является отсутствие швов на фасаде дома, что в совокупности с уменьшенным весом переводит его в разряд экологически позитивных [3].

## ВЫВОД

Проведенный комплекс работ позволил полностью восстановить прочностно-жесткостной ресурс рассмотренного здания, а также улучшить показатели, характеризующие качество проживания.

Разработанная процедура трансформации стенового ограждения панельных домов и конструктивные решения стен в виде эффективных элементов могут обеспечить малобюджетное преобразование стандартной типовой застройки городов в яркие и выразительные архитектурные ансамбли. Важной организационной особенностью такого решения является возможность проведения работ отдельными вертикальными захватками, что предопределяет фрагментальное отселение жильцов на незначительные сроки (с использованием существующих гостиниц и общежитий). Экономическая целесообразность предложения обосновывается возможностью дифференцированного назначения сроков капитальности для остова здания и стенового ограждения, а следовательно, реновации фондов с учетом их ремонтоспособности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий, сооружений, строительных конструкций и оснований: ДБН В.1.2-14-2009.
2. Городецкий А.С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций / Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. - 889 с.
3. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / Шмуклер В.С., Климов Ю.А., Бурак Н.П. - Харьков: Золотые страницы, 2008. - 336 с.

Статья поступила в редакцию 27. 02.2013 г.