УДК 69.059

докт. техн. наук, профессор Банах В.А.
Федченок А.И., Довбенко Т.В., Нема К.Ф.,
Запорожская государственная инженерная академия

ВЛИЯНИЕ УЧЕТА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ЗДАНИЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРОЧНЫХ РАСЧЕТОВ ПРИ ЕГО РЕКОНСТРУКЦИИ

Проанализированы проблемы, связанные с реконструкцией 9-ти этажных крупнопанельных зданий, построенных по типовым проектам. Рассмотрены вопросы, связанные с применением BIM-технологий при создании информационной модели крупнопанельного здания. Проведен численный эксперимент с применением программного комплекса ЛИРА-САПР. По результатам исследования определено влияние полноты информации о жизненном цикле здания на результаты проверочных расчетов при реконструкции крупнопанельных зданий.

Ключевые слова: крупнопанельное здание, типовой проект, BIM-технологии, расчетная схема, напряженно-деформированное состояние, жизненный цикл, база данных, информационная модель здания

Актуальность проблемы. Практически на 90% территории Украины распространены сложные инженерно-геологические условия, а именно: оползни, карсты, подтопления, подработка территории, просадочные грунты. В частности, просадочные грунты выявлены на 75% территории Украины.

В частности, территория Запорожского региона характеризуется наличием просадочных лессовых грунтов. Величина просадочной толщи в некоторых местах с жилой застройкой достигает 40 метров, а просадка от собственного веса грунта может быть до 100 см.

Этот факт говорит о том, что большинство жилых домов в г. Запорожье эксплуатируются в сложных инженерно-геологических условиях.

Большое количество зданий и сооружений, эксплуатируемых более 20 лет в регионах со сложными грунтовыми условиями, получили деформации, вызванные просадками грунтов. Это касается и зданий, построенных по типовым сериям. Одной из систем жилых зданий, построенных по типовым сериям, является крупнопанельная.

Строительство крупнопанельных зданий массово велось на территории Украины в период с 60-х до 90-х годов XX столетия.

Такие здания в процессе длительной эксплуатации подверглись физическому и моральному износу. Их ограждающие конструкции не отвечают требованиям современных нормативных документов по энергосбережению.

Все эти факторы приводят к тому, что крупнопанельные здания требуют проведения работ по реконструкции и обеспечению дальнейшей нормальной эксплуатации. Также следует учитывать тот факт, что в таких домах часто проводятся перепланировки с целью улучшения условий проживания или в связи с изменением функционального назначения помещений нижних этажей.

При проведении реконструкции здания обязательным является обследование его технического состояния, одним из важных этапов которого является проведение проверочных расчетов для определения несущей способности с учетом пробивки новых проемов, расширения или закладки существующих, а также с учетом введения в систему здания новых конструктивных элементов [1].

Одной из проблем на пути решения данного вопроса становится отсутствие проектной документации, которая в течение срока эксплуатации здания была утеряна либо разукомплектована.

Таким образом затрудняется получение исчерпывающей информации о конструктивных особенностях реконструируемого здания. В этом случае необходимо проводить натурное обследование специализированной организацией для выявления фактического состояния конструкций, а также для восстановления проектной документации по первоначальной конструктивной структуре.

К этому добавляется и то обстоятельство, что недостаточно владеть информацией о конструктивной схеме в определенный момент времени, а необходимо знать хронологию изменений за весь период эксплуатации.

Решению этих проблем может способствовать создание базы данных крупнопанельных зданий с накоплением информации за весь период эксплуатации по каждому объекту. Обоснование и концепция создания такой базы данных для зданий первых массовых серий приведены в [2].

Такой подход является перспективным с учетом развития BIM-технологий, которые предполагают создание виртуальной модели здания либо другого строительного объекта, связанной с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели можно присвоить дополнительные атрибуты.

В качестве объекта базы данных предполагается использовать информационную модель здания, составной частью которой является расчетная схема.

Целью данного исследования является изучение влияния полноты информации о жизненном цикле здания на результаты проверочных расчетов при реконструкции крупнопанельных зданий.

Объект исследования: моделирование жизненного цикла жилого многоэтажного здания и конструкций с перепланировкой квартир на

нескольких этажах, путем создания расчетной модели здания для определения напряженно-деформированного состояния (НДС), с учетом базы данных о техническом состоянии.

Предмет исследования: расчетная модель крупнопанельного здания, построенного по типовому проекту серии 480 А.

Материалы исследования. Исследование выполнялось по приоритетному направлению «Методи розрахунку та дослідження напружено-деформованого стану, у тому числі при наявності дефектів різного походження», определенного приказом Министерства образования и науки Украины и Национальной академии наук Украины от 26.11.2009 г. № 1066/609 «Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у сфері природничих, технічних та гуманітарних наук на 2009-2013 рр.», а также в рамках госбюджетных исследований Запорожской государственной инженерной академии «Особливості проектування, експлуатації та реконструкції будівель і споруд, методів їх розрахунку та об'ємно-планувальних рішень в складних умовах будівництва».

Для решения задач, поставленных в данном исследовании, выполнен численный эксперимент.

Выполнен расчет рядовой блок-секции (Р-1Б-1Б-1Б-1Б-2Б-2Б) 9-ти этажного крупнопанельного жилого дома, построенного по типовому проекту серии 480А.

Конструктивная схема блок-секции – продольные несущие стены при двух и трех пролетах 5,0; 5,81; 1,62 м и шагом 3,2м с высотой этажа 2,7 м.

Стены наружные – однослойные из керамзитобетона (γ=17 кН/м^3), толщиной 350 мм.

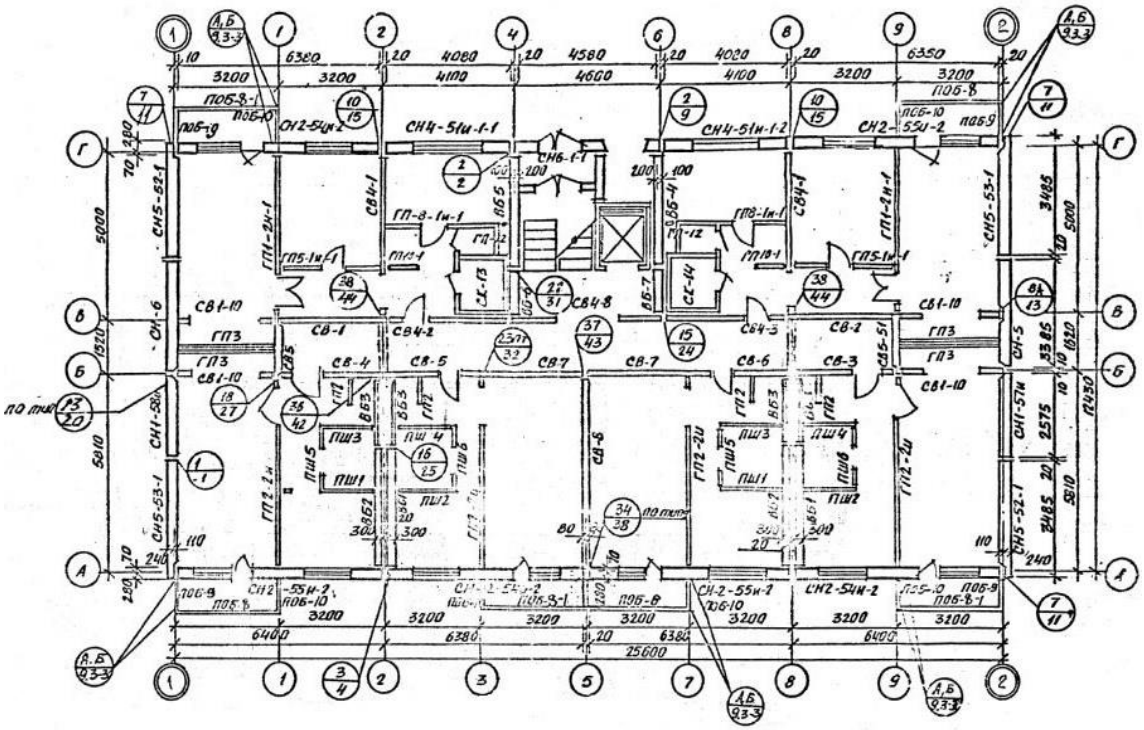
Стены внутренние – из тяжелого бетона (γ=25 кН/м^3), толщиной 180 мм (продольные) и 160 мм (поперечные).

Перекрытия – сборные железобетонные шатровые плиты размером на комнату, опертые по двум сторонам.

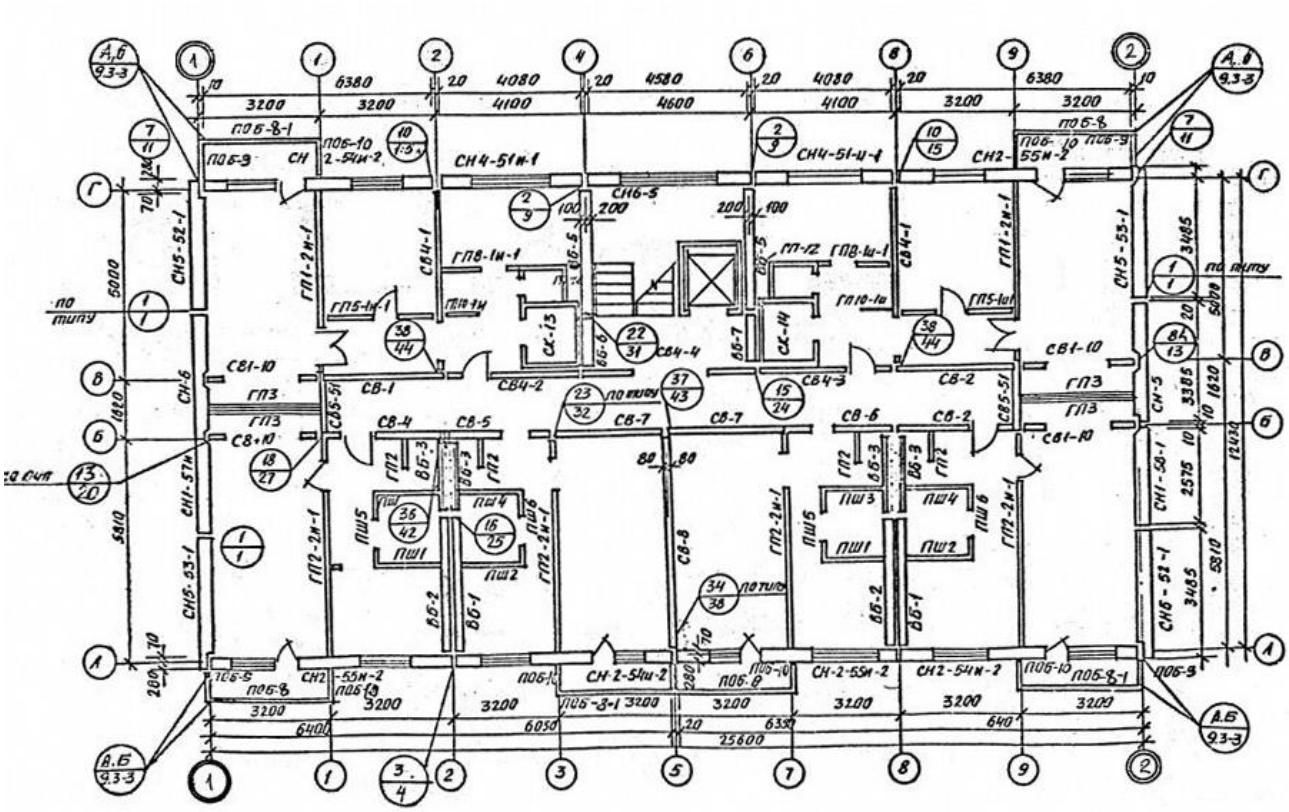
Фундаменты – монолитные железобетонные.

Для обеспечения пространственной жесткости в уровне цоколя выполнен монолитный железобетонный пояс.

В результате численного эксперимента исследовано влияние отсутствия информации о ранее выполненной реконструкции на втором и третьем этаже на результаты проверочного расчета в связи с реконструкцией в пределах первого этажа (см. рис.2).

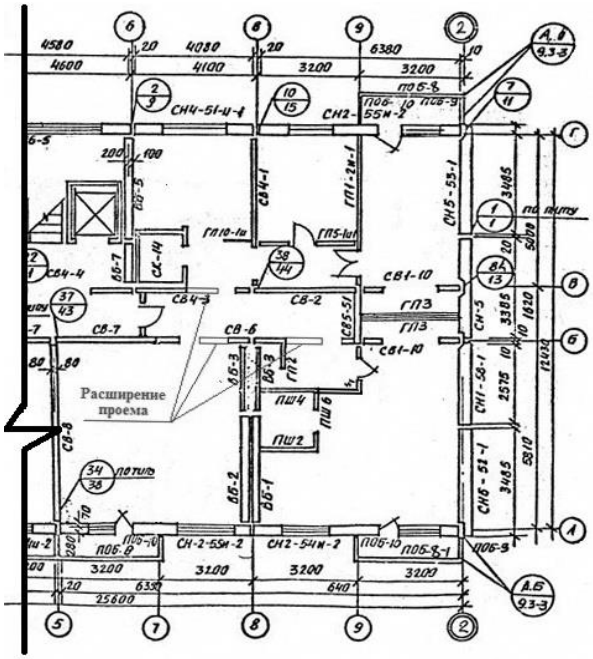


а) план 1-го этажа

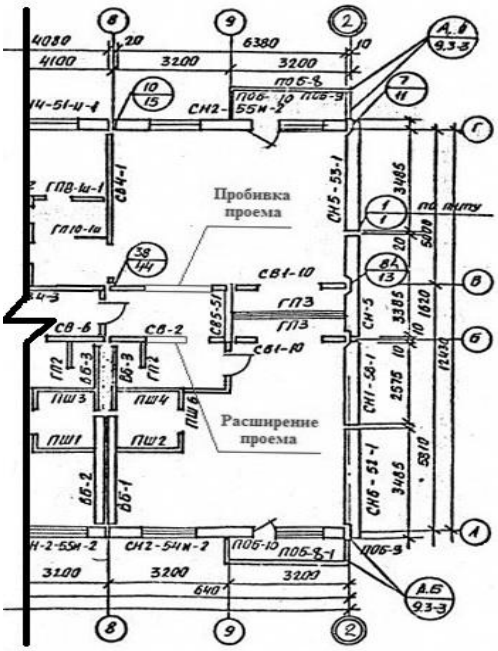


б) план типового этажа

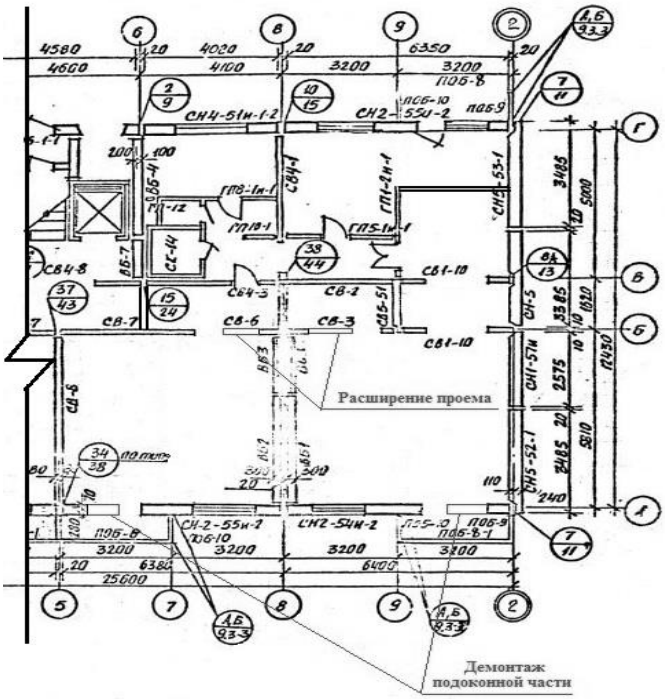
Рис. 1 – План 1-го (а) и типового (б) этажей крупнопанельного здания, построенного по типовому проекту серии 480А



а) реконструкция, выполненная на 2-м этаже



б) реконструкция, выполненная на 3-м этаже



в) реконструкция, выполняемая на 1-м этаже

Рис. 2 – Реконструкция, выполненная на 2-м (а) и 3-м (б) этажах и выполняемая на 1-м (в) этаже

Было выполнено четыре варианта расчета:

- Вариант 1 – здание в нормальных условиях эксплуатации.
- Вариант 2 – здание, деформированное в результате просадки.

- Вариант 3 – вариант 2 с реконструкцией в пределах первого этажа.
- Вариант 4 – вариант 3 с реконструкцией на втором и третьем этажах.

Для всех четырех вариантов использовалась пространственная расчетная схема здания совместно с грунтовым основанием.

В данной работе не исследовалось напряженно-деформированное состояние грунтового массива, поэтому он смоделирован однородным, с постоянным модулем деформации (E=70000 кН/м^2) из объемных конечных элементов (КЭ 36). Глубина грунтового массива ограничена отметкой 16 м, на которой условно залегает грунт с модулем деформации на порядок выше, чем у вышележащего грунта. В стороны грунтовый массив получил распространение на 45 метров, что соответствует значению 1,5 высоты здания. Тип граничных условий в узлах конечно-элементной модели грунтового массива на его границе принят в виде закреплений от линейных перемещений.

Расчетная схема здания – пространственная из пластинчатых элементов (КЭ 41) с применением стержневых элементов общего вида (КЭ 10). Пространственная расчетная схема приведена на рис. 3.

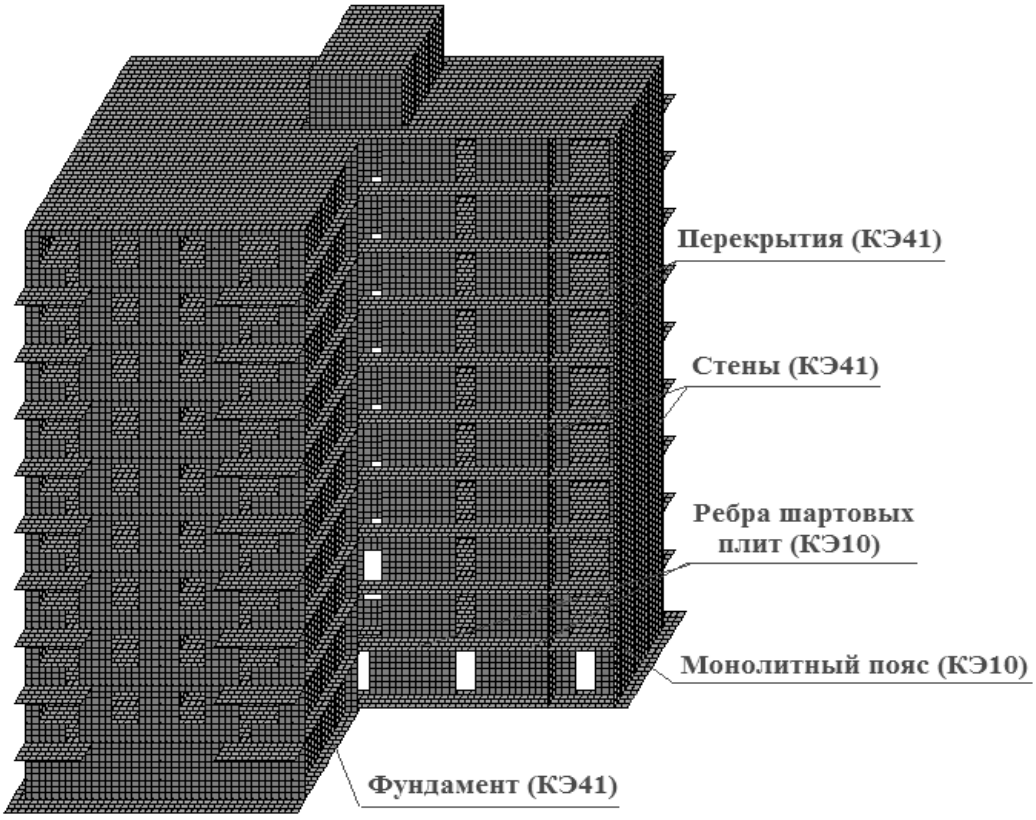


Рис. 3 – Пространственная расчетная схема здания

Для вариантов расчета № 2, 3, и 4 применялась расчетная схема с моделированием замачивания грунта, в результате чего здание подвергалось неравномерным просадочным деформациям.

Область замачивания моделировалась путем уменьшения деформативных характеристик (Е снижалось до значения 7000 кН/м^2) отдельных объемных элементов грунтового массива.

Размеры и расположение области замачивания определялись исходя из анализа данных по результатам обследования технического состояния крупнопанельного здания (серия 480А).

Для каждого из четырех вариантов составлены расчетные схемы по следующему принципу:

- для варианта №1 составлена расчетная схема с максимальной подробностью с учетом реальных физико-механических свойств материалов. Данный вариант является эталонным;
- для варианта №2 за основу взята схема из варианта №1, в которую добавлена область замачивания;
- для варианта №3 за основу взята схема из варианта №2, в которую добавлены изменения, связанные с реконструкцией в пределах первого этажа;
- для варианта №4 за основу взята схема из варианта №3, в которую добавлены изменения, связанные с реконструкцией в пределах второго и третьего этажей.

Каждый вариант рассчитан на пять загружений, а именно: нагрузка от собственного веса частей здания, полезная нагрузка на перекрытия, нагрузка от снега на покрытие, нагрузка от ветра на дворовой фасад, нагрузка от ветра на главный фасад.

Все расчеты выполнены в программном комплексе ЛИРА-САПР.

Среднее время расчета каждого из вариантов составило ~ 3,5 часа.

Создавая компьютерную модель здания всегда необходимо помнить о том, что оно идеализируется и всегда важным является оценка адекватности такой идеализации.

Критерием достоверности для расчетной модели крупнопанельного здания служат параметры эталонной модели, составленной с максимальной подробностью.

В общем случае, адекватность параметров, принимаемых в эталонной модели, может оцениваться следующим образом: во-первых, сравнением результатов экспериментальных исследований отдельных конструкций (плит, стеновых панелей) с результатами расчета их моделей; во-вторых, совпадением расположения дефектов и повреждений конструкций здания по результатам натурных обследований с местами концентрации напряжений в их расчетных схемах.

В данной работе адекватность обеспечена следующим:

- стремление к максимальному соответствию геометрических и физико-механических характеристик исходного объекта и расчетной модели;

- перемещения, полученные в результате расчета деформированной схемы (вариант № 2) приближаются к значениям деформаций, полученных при обследовании технического состояния 9-ти этажного крупнопанельного жилого дома серии 480А. Величины деформаций (кренов) взяты в Лаборатории диагностики деформаций, которая проводит наблюдения за деформированными домами в г. Запорожье.

В результате расчета были получены картины напряженно-деформированного состояния по четырем вариантам. Анализ результатов выполнен по главным напряжениям N1 и N3, которые получены на основе расчетных сочетаний усилий.

Для анализа результатов были выбраны три элемента в различных местах расчетной схемы.

Элемент №1 – в продольной стене по оси «Б» в уровне третьего этажа.

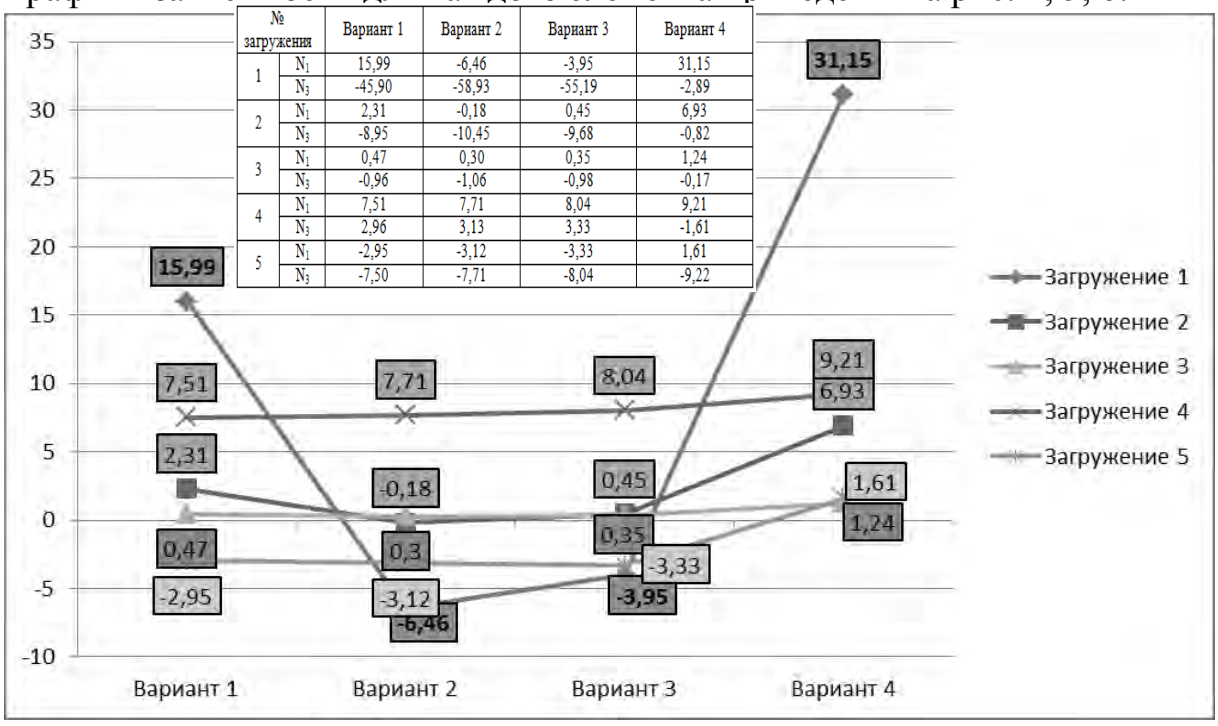
Элемент №2 – в продольной стене по оси «В» в уровне третьего этажа.

Элемент №3 – в продольной стене по оси «В» в уровне второго этажа.

Места расположения элементов были приняты в результате анализа изополей главных напряжений N1 и N3.

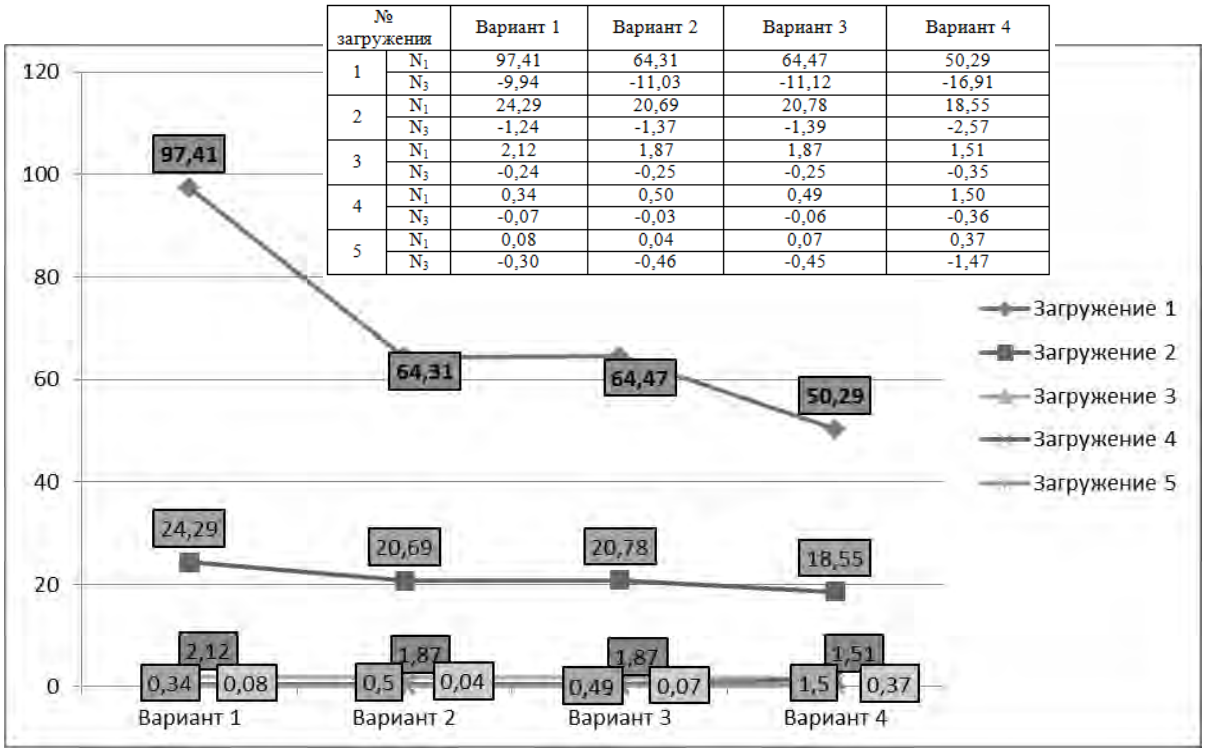
Также по результатам расчета для каждого элемента были построены графики зависимости величины напряжения N1 от варианта расчета.

Графики зависимости для каждого элемента приведены на рис. 4, 5, 6.



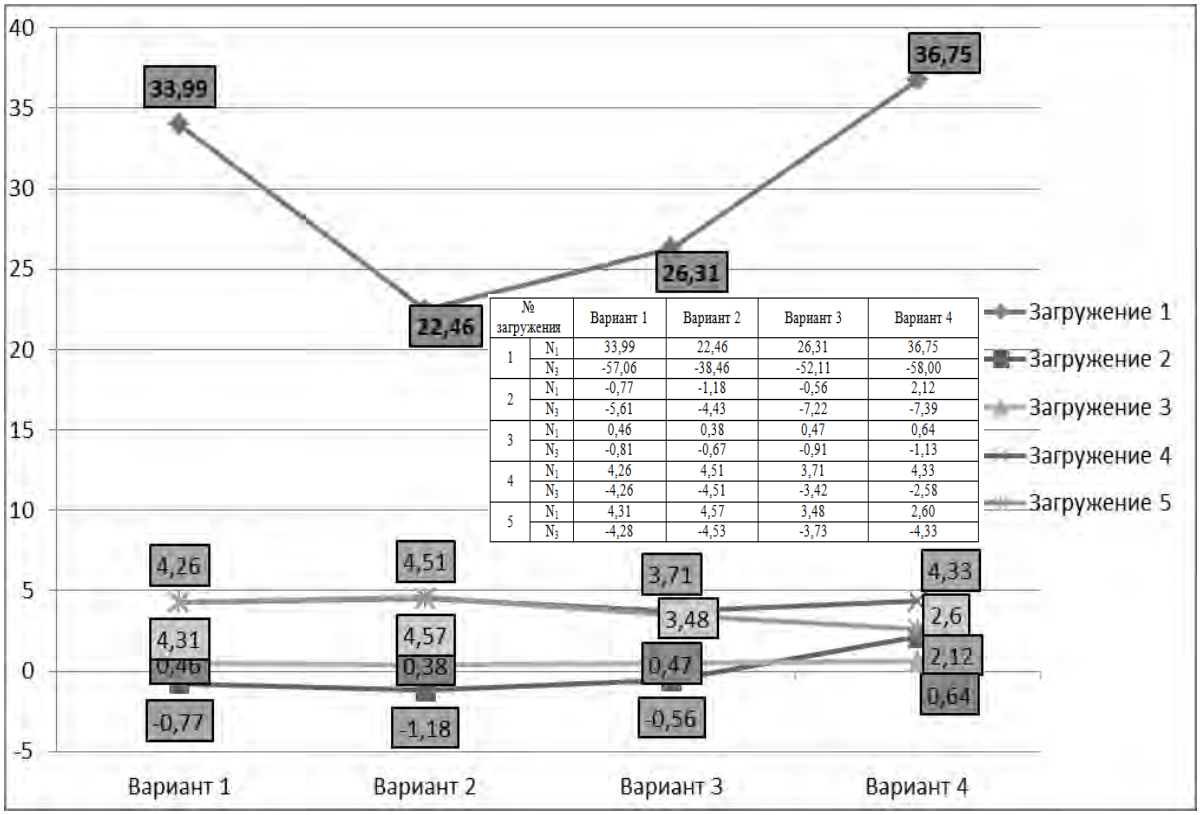
№ загружения		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
1	N_1	15,99	-6,46	-3,95	31,15
	N_3	-45,90	-58,93	-55,19	-2,89
2	N_1	2,31	-0,18	0,45	6,93
	N_3	-8,95	-10,45	-9,68	-0,82
3	N_1	0,47	0,30	0,35	1,24
	N_3	-0,96	-1,06	-0,98	-0,17
4	N_1	7,51	7,71	8,04	9,21
	N_3	2,96	3,13	3,33	-1,61
5	N_1	-2,95	-3,12	-3,33	1,61
	N_3	-7,50	-7,71	-8,04	-9,22

Рис. 4 – График зависимости главных напряжений N1 от варианта расчета (элемент 1)



№ загружения		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
1	N_1	97,41	64,31	64,47	50,29
	N_3	-9,94	-11,03	-11,12	-16,91
2	N_1	24,29	20,69	20,78	18,55
	N_3	-1,24	-1,37	-1,39	-2,57
3	N_1	2,12	1,87	1,87	1,51
	N_3	-0,24	-0,25	-0,25	-0,35
4	N_1	0,34	0,50	0,49	1,50
	N_3	-0,07	-0,03	-0,06	-0,36
5	N_1	0,08	0,04	0,07	0,37
	N_3	-0,30	-0,46	-0,45	-1,47

Рис. 5 – График зависимости главных напряжений N1 от варианта расчета (элемент 2)



№ загружения		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
1	N_1	33,99	22,46	26,31	36,75
	N_3	-57,06	-38,46	-52,11	-58,00
2	N_1	-0,77	-1,18	-0,56	2,12
	N_3	-5,61	-4,43	-7,22	-7,39
3	N_1	0,46	0,38	0,47	0,64
	N_3	-0,81	-0,67	-0,91	-1,13
4	N_1	4,26	4,51	3,71	4,33
	N_3	-4,26	-4,51	-3,42	-2,58
5	N_1	4,31	4,57	3,48	2,60
	N_3	-4,28	-4,53	-3,73	-4,33

Рис. 6 – График зависимости главных напряжений N1 от варианта расчета (элемент 3)

Рассматривая кривую (Загружение 1) графика на рис.4 можно видеть, что при различных вариантах значение напряжения N1 меняет знак. Анализируя

данную зависимость можно говорить о том, что в варианте №3 главные напряжения имеют знак «–», а в варианте № 4 они переходят в «+». Такая зависимость свидетельствует о том, что расчет без учета жизненного цикла (уже выполненная реконструкция в пределах второго и третьего этажей) не отражает действительной картины НДС конструкций здания.

На графике, изображенном на рис. 5 кривая (Загружение 1) свидетельствует о том, что учет выполненных реконструкций (вариант № 4) приводит к уменьшению значений главных напряжений по сравнению с вариантом № 3. Данный график может также говорить о том, что, поскольку в этом элементе происходит уменьшение напряжений, где-то может происходить увеличение. Хуже всего, что такое изменение НДС может происходить даже на этажах, не затрагиваемых реконструкцией.

Кривая (Загружение 1) на рис. 6 хоть и остается в пределах одного знака, но говорит о том, что выполнение проверочного расчета без учета ранее осуществленной реконструкции приводит к искажению картины НДС на величину до 28 % для данного варианта расчета.

Выводы:

1. Выполнение проверочных расчетов при реконструкции без учета ранее выполненных работ приводит к искажению картины НДС. В некоторых случаях меняется картина не только количественно, но и качественно.
2. В процессе реконструкции крупнопанельных зданий важным является вопрос получения исчерпывающей информации о конструктивных особенностях реконструируемого здания, а также выявления хронологии изменения конструктивной схемы за весь период эксплуатации.
3. Актуально создание базы данных информационных моделей крупнопанельных зданий, составной частью которых является расчетная схема. Такой подход согласуется с концепцией развития BIM-технологий в Украине.
4. При составлении расчетной схемы следует особое внимание уделять выбору параметров, которые могут существенно повлиять на картину напряженно-деформированного состояния крупнопанельного здания.

Литература

1. Жилые здания. Реконструкция и ремонт : ДБН В.3.2-2-2009 – [Действующий от 2010-01-01]. – Офиц. Изд. – К.: Минрегионстрой Украины, 2009. – 18 с. – (Нормативный документ Минрегионстроя Украины).

2. Федченок А.И. Обоснование и концепция создания базы данных зданий первых массовых серий / А.И. Федченок // Містобудування та

територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Відповід. ред. М.М. Осєтрін. – К.: КНУБА, 2013. – Вип. 47. – 731с.

3. Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С.Городецкий, И.Д.Евзеров. – К.: ФАКТ, 2005. – 344 с.

4. BIM: что под этим обычно понимают [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14078

5. Городецкий А.С. Комплексные системы проектирования и управления строительством с использованием полнофункциональной информационной модели здания (BIM). Зарубежный и отечественный опыт, перспективы развития / А.С. Городецкий, М.С. Барабаш, В.С. Судак и др. // Проблемы развития городской среды: Научно-технический сборник. – К.: НАУ, 2014. – Вып.2(12). – 499 с.

Анотація

Проаналізовано проблеми, пов'язані з реконструкцією 9-ти поверхових великопанельних будинків, побудованих за типовими проектами. Розглянуті питання, пов'язані із застосуванням BIM-технологій при створенні інформаційної моделі великопанельної будівлі. Проведено чисельний експеримент із застосуванням програмного комплексу ЛІРА-САПР. За результатами дослідження визначено вплив відсутності інформації про життєвий цикл будівлі на результати перевірочних розрахунків при реконструкції великопанельних будинків.

Ключові слова: великопанельна будівля, типовий проект, BIM-технології, розрахункова схема, напружено-деформований стан, життєвий цикл, база даних, інформаційна модель будівлі

Annotation

The problems associated with the reconstruction of a 9-storey large-panel buildings constructed according to typical projects and with the use of BIM-technology for creating large-panel building information model were analyzed. A software system LIRA-SAPR was used to conduct a numerical experiment. The research determined the effect of the lack of information about the life cycle of the building on the results of test calculations for the reconstruction of large buildings.

Keywords: large panel building, typical project, BIM-technology, design scheme, the stress-strain state, life cycle, database, building information model