

УДК 624.042.8

канд. техн. наук, доцент Банах А.В.,
Запорожская государственная инженерная академия

АНАЛИЗ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ НЕДОСТРОЕННОГО СООРУЖЕНИЯ КЛАССА ОТВЕТСТВЕННОСТИ СС2

Приведены результаты обследования, расчёта и анализа напряжённно-деформированного состояния недостроенного здания бизнес-центра многофункционального общественного комплекса с объектами спорта, отдыха и развлечений в г. Запорожье с учётом влияния сейсмического воздействия.

Ключевые слова: недостроенное сооружение, напряжённно-деформированное состояние, сейсмическое воздействие, расчётная модель

Актуальность проблемы. Многофункциональный общественный комплекс с объектами спорта, отдыха и развлечений является уникальным для г. Запорожья, по назначению и масштабу подобных объектов в городе нет; возводится по оригинальному проекту. Строительство первой очереди (здание бизнес-центра) ведётся в течении 12 лет, конструкции здания длительное время находились под воздействием атмосферных осадков из-за частичного отсутствия перекрытий и стенового заполнения. Многофункциональный общественный комплекс в целом на данный момент имеет класс ответственности СС2, как объект со скоплением большого количества людей. Для таких объектов после вступления в действие норм [1, 2] необходимо выполнять расчёт на сейсмическое воздействие интенсивностью 6 баллов. Кроме того, неоднократно изменялось назначение многих помещений, в результате чего полезная нагрузка на обширные участки перекрытий увеличилась по сравнению с исходным проектом.

Цель исследования: анализ напряженно-деформированного состояния несущих конструкций здания бизнес-центра многофункционального общественного комплекса с объектами спорта, отдыха и развлечений по результатам обследования и проверки несущей способности, жесткости и устойчивости.

Материалы исследования. Частично возведенное здание бизнес-центра имеет сложную форму в плане и состоит из двух деформационных блоков, вписано в рельеф площадки строительства. Блок А размещён в осях 15...25 по рядам К...Ф и имеет размеры в плане 30×24 м. Строение блока Б размерами 42×42 м расположено в осях 7...21 по рядам А2...П. Внешний вид здания

представлен на рис. 1, план первого этажа – на рис. 2.

Площадка строительства находится в Орджоникидзевском районе г. Запорожья недалеко от Набережной магистрали по ул. Немировича-Данченко. Место строительства – скальные берега небольшого озера, образовавшегося в результате разработки скальной породы открытым способом с последующим затоплением карьера.

Основание – скальное, сложенное скальными породами, местами выходящими на поверхность. Скальные породы трещиноватые в результате взрывных работ, проводившихся во время эксплуатации карьера. Под всеми фундаментами выполнена бетонная подготовка толщиной 500 мм.



Рис. 1. Юго-западный фасад здания бизнес-центра

Фундаменты – железобетонные нескольких типов: отдельно стоящие столбчатые монолитные стаканного типа; в местах разломов скальной породы – свайные, с ростверком, стаканного типа; ленточные монолитные под стены подвала; сплошная фундаментная плита (под блоком А).

Здание сложное в плане, многопролетное, 9-тиэтажное с односторонними нижними этажами, обусловленными особенностями рельефа, и частично эксплуатируемой кровлей. Конструктивное решение – безригельный железобетонный каркас из сборных элементов системы «КУБ-2,5» с металлическими связями и ядром жёсткости (в блоке А).

Колонны – сборные железобетонные сечением 400×400 мм высотой 3,3 м

(на 1 этаж) и 6,6 м (на 2 этажа), установленные в монолитные железобетонные подколонники размерами 1000×1000 мм.

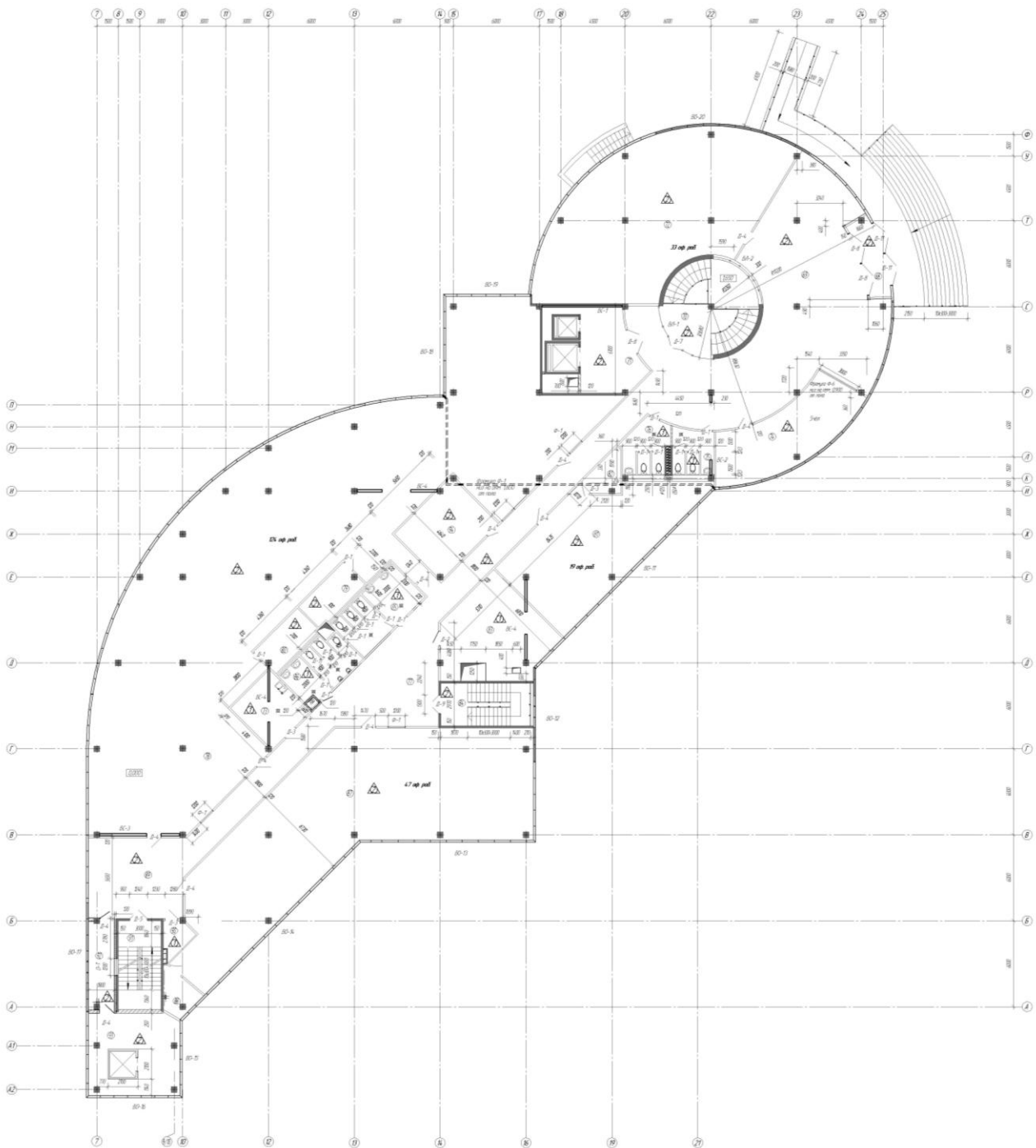


Рис. 2 – План первого этажа здания бизнес-центра

Наружные стены в подвальной части – из монолитного железобетона толщиной 400 мм и армокирпичные толщиной 380 мм.

Стены ядра жёсткости – из монолитного железобетона толщиной 400 мм.

Перекрытия и покрытие – сборно-монолитные железобетонные

безбалочные со сборными надколонными и межколонными плитами заводского изготовления, с монолитными участками и стыками, сплошные, толщиной 160 мм. Покрытие частично эксплуатируемое, используемое как террасы и видовые площадки.

Пространственная жесткость здания обеспечивается совместной работой жестких дисков перекрытий с колоннами каркаса и ядром жёсткости, а также стальными порталными и крестовыми связями.

Строительство бизнес-центра по исходному проекту 6346.03-01, разработанному ГПИ «Запорожггражданпроект», не было завершено, монтаж несущих конструкций выполнен не полностью.

В 2002 г. НПФ «Стройиндустрия-Л» выполнила работы по испытанию фрагментов перекрытия каркаса системы «КУБ-2,5» [3], в результате которых зафиксировано, что перекрытия соответствуют техническим условиям системы «КУБ-2,5» [4].

В 2007 г. Днепропетровским филиалом «НИИпроект-реконструкция» выполнено инструментальное обследование технического состояния конструкций незавершенного строительством здания с отбором и испытанием проб, результаты приведены в [5]. Общее состояние несущих конструкций здания с учетом текущего этапа его возведения оценено как удовлетворительное.

В связи с введением ряда новых нормативных строительных документов, а также со сменой собственника, в 2009 и 2013 гг. Запорожской государственной инженерной академией были выполнены обследования и расчеты несущей способности сооружения.

В результате длительного простоя незавершенного объекта возникли дефекты и деформации, вызвавшие отклонение от проектного положения некоторых несущих конструкций [5]. Крен столба колонн составляет 40 мм. Также отмечено отклонение от горизонтального положения диска перекрытия. На длине 80 м по максимальному размеру плиты в плане максимальная разница отметок составляет 60 мм. При действии ветровой и сейсмической нагрузок возможны дополнительные горизонтальные смещения.

При расчете здания учтены предварительные деформации, накопленные зданием за период простоя в недостроенном состоянии. Такая технология формирования расчетных моделей строительных объектов разработана кафедрой городского строительства и хозяйства ЗГИА и является оригинальной.

В соответствии с [5] прочностные характеристики материалов несущих конструкций отличаются от проектных, что связано с процессами коррозии, выветривания, образованием дефектов. При последнем обследовании

обнаружены трещины в некоторых плитах перекрытия, образовавшиеся в результате превышения расчетной нагрузки по причине складирования строительных материалов либо ударной нагрузки при монтаже вышележащих конструкций. При расчете геометрические параметры сечений с учетом дефектов и физико-механические характеристики материалов по результатам испытаний отобранных образцов были откорректированы.

Фрагмент пространственной расчетной модели здания бизнес-центра с учетом начальных деформаций представлена на рис. 3. Исходные данные, методика расчета и подробные результаты представлены в [6, 7, 8].

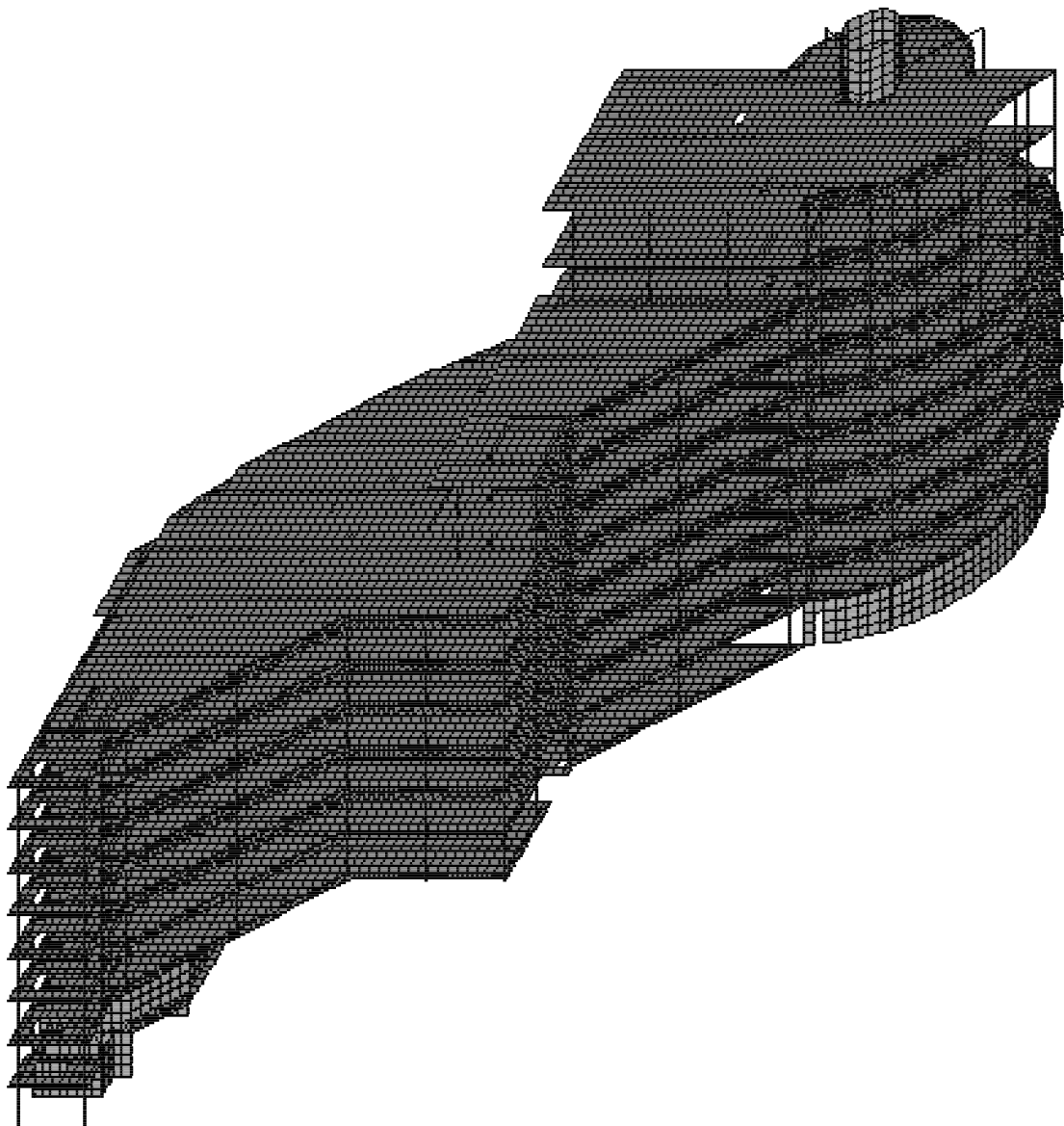


Рис. 3 – Фрагмент расчетной модели здания бизнес-центра

Анализ результатов расчета показал, что прочность принятых сечений элементов колонн, плит перекрытий и покрытия, несущих стен, даже с учётом

увеличившихся временных и сейсмических нагрузок, достаточна. Максимальные сжимающие напряжения возникают в железобетонных стенах нижнего этажа и составляют $3070,0 \text{ кН/м}^2$ при допустимых для бетона класса С12/15 $11500,0 \text{ кН/м}^2$. Максимальные растягивающие напряжения возникают в плитах перекрытий в зонах, прилегающих к деформационному шву и проемам, в их краевых консольных участках, и составляют $840,0 \text{ кН/м}^2$ при допустимых для бетона класса С12/15 $1150,0 \text{ кН/м}^2$ [9, 10, 11].

Расчет по деформациям показал, что суммарные прогибы плит перекрытий и покрытия от загрузки постоянными и временными нагрузками не превышают предельно допустимых. Максимальный суммарный прогиб плиты покрытия пролетом 6 м составил 27,6 мм, что также меньше допустимого 30 мм [12], однако при неблагоприятном сочетании указанных нагрузок с сейсмическими силами значение предельно допустимого прогиба будет превышено.

При самом неблагоприятном направлении ветровой нагрузки (в юго-западном направлении) горизонтальное перемещение столба колонн от ветра составило 37 мм. С учетом предварительной деформации 40 мм суммарное перемещение составляет 77 мм, что меньше предельно допустимого значения 79,8 мм [12]. Однако, при одновременном действии сейсмических сил в том же направлении, суммарные деформации значительно превышают допустимое значение. Максимальный перекося плиты перекрытия составляет 0,0015, что меньше предельно допустимого 0,002 [12].

Выводы. Из-за предварительных деформаций пространственная жесткость здания при принятой в первоначальном проекте системе связей не обеспечивается. Это вызвано тем, что первоначальный проект не учитывал нормативные нагрузки согласно [13], а также требования [1, 2], поскольку создавался в годы, когда указанных норм ещё не существовало.

Таким образом, было рекомендовано: 1) усилить стальными элементами большинство колонн нижних этажей в местах надстройки, а также плиты перекрытий и покрытий, особенно в местах их наращивания под увеличившуюся полезную нагрузку (в виде металлических ферм и балок из прокатных профилей); 2) установить дополнительные вертикальные связи для обеспечения пространственной жесткости здания и предотвращения дальнейшего наращивания горизонтальных деформаций; 3) произвести устройство железобетонной подпорной стенки со стороны Набережной магистрали; 4) возвести надземный паркинг (блок В, вторая очередь строительства), предполагаемый комплексным проектом.

В результате введения в расчетную модель указанных конструкций усиления, пространственная жесткость здания увеличилась по сравнению с

исходным расчетом, суммарные прогибы и перемещения с учетом сейсмического воздействия не превышают допустимых.

Литература

1. Строительство в сейсмических районах Украины : ДБН В.1.1-12:2006. – [Действителен от 2007-01-02]. – Офиц. изд. – К.: ГП «Укранархстройинформ» : Минрегионстрой Украины, 2006. – 84 с. – (Нормативный документ Минстроя Украины).

2. Общие принципы обеспечения надёжности и конструктивной безопасности зданий, сооружений, строительных конструкций и оснований : ДБН В.1.2-14-2009. – [Действителен от 2009-12-01]. – Офиц. изд. – К.: ГП «Укранархстройинформ» : Минрегионстрой Украины, 2009. – 43 с.

3. Испытания фрагментов перекрытия сборно-монолитного безригельного каркаса системы КУБ 2,5 на объекте «Спортивный комплекс с административным зданием по ул. Немировича-Данченко в г. Запорожье : Технический отчет. – Запорожье: НПФ «Стройиндустрия-Л», 2002. – 27 с.

4. Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса КУБ 2,5. – М.: Госкомархитектуры Госстроя СССР : НПСО «Монолит» : ЦНИИПИ «Монолит», 1990.

5. Техническое заключение по инструментальному обследованию строительных конструкций незавершенного строительством здания по адресу: Украина, г. Запорожье, улица Немировича-Данченко. – Днепропетровск: НИИпроектреконструкция, 2007. – 34 с.

6. Расчет несущей способности конструкций административного здания по адресу: Украина, г. Запорожье, ул. Немировича-Данченко (незавершенное строительство) : Научно-технический отчет (договор по теме № 2-4у/2007). – Запорожье: ЗГИА, 2007. – 69 с.

7. Обследование технического состояния и расчёт строительных конструкций здания бизнес-центра многофункционального общественного комплекса с объектами спорта, отдыха и развлечений, расположенного по адресу: Украина, г. Запорожье, ул. Немировича-Данченко, 64 : Научно-технический отчет (договор по теме № 2-6у/2009). – Запорожье: ЗГИА, 2009. – 45 с.

8. Проверка несущей способности перекрытия на отметке -3,300 объекта незавершенного строительства по адресу: ул. Немировича-Данченко, 64 : Научно-технический отчет (договор по теме № 2-4у/2013). – Запорожье: ЗГИА, 2013. – 28 с.

9. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : ДБН В.2.6-98:2009. – [Действителен от 2011-06-01]. – Офиц. изд. – К.: ГП

«Укрархстройинформ»: Минрегионстрой Украины, 2011. – 71 с. – (Нормативный документ Минстроя Украины).

10. Каменные и армокаменные конструкции. Основные положения : ДБН В.2.6-162:2010. – [Действителен от 2011-09-01]. – Офиц. изд. – К.: ГП «Укрархстройинформ» : Минрегионстрой Украины, 2011. – 98 с. – (Нормативный документ Минстроя Украины).

11. Основания и фундаменты сооружений. Основные положения проектирования : ДБН В.2.1-10-2009. – [Действителен от 2009-07-01]. – Офиц. изд. – К.: ГП «Укрархстройинформ» : Минрегионстрой Украины, 2009. – 86 с. – (Нормативный документ Минстроя Украины).

12. Прогибы и перемещения : ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Действителен от 2007-01-01]. – Офиц. изд. – К.: ГП «Укрархстройинформ» : Минрегионстрой Украины, 2006. – 10 с. – (Нормативный документ Минстроя Украины).

13. Нагрузки и воздействия: нормы проектирования : ДБН В.1.2-2:2006. – [Действителен от 2006-01-01]. – Офиц. изд. – К.: ГП «Укрархстройинформ» : Минрегионстрой Украины, 2006. – 78 с. – (Нормативный документ Минстроя Украины).

Анотація

Наведені результати обстеження, розрахунку та аналізу напружено-деформованого стану недобудованої споруди бізнес-центру багатофункціонального громадського комплексу з об'єктами спорту, відпочинку та розваг у м. Запоріжжя, із урахуванням сейсмічних дій.

Ключові слова: недобудована споруда, напружено-деформований стан, сейсмічна дія, розрахункова модель

Abstract

The results of the survey and calculation, as well as an analysis of the stress-strain state of the unfinished building of business center of multifunctional public complex with sports, leisure and entertainment objects in Zaporozhye with the seismic influence are shown.

Keywords: unfinished building, stress-strain state, seismic influence, calculation model