

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ НА СТОЙКОСТЬ К ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ ОБРУШЕНИЮ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА В Г. СИМФЕРОПОЛЬ НА БАЗЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

Борис Пушкарёв, Михаил Васильев, Павел Кореньков

Национальная академия природоохранного и курортного строительства
г. Симферополь, ул. Павленко 3, к. 403
kpa_gbк@mail.ru

Аннотация: Представлены результаты расчетного анализа устойчивости к прогрессирующему обрушению рамно-связевого железобетонного каркаса жилого комплекса, расположенного в сейсмически опасном районе. Установлена возможность применения сертифицированных в Украине программных комплексов для анализа опасности прогрессирующего обрушения зданий повышенной этажности с железобетонным каркасом. Выявлена необходимость дальнейших исследований в данном направлении.

Ключевые слова: Здания повышенной этажности, аварии, живучесть, прогрессирующее обрушение, численное моделирование, физическая нелинейность

ВВЕДЕНИЕ

Участившиеся в последнее время аварии зданий и сооружений в результате ошибок проектирования, возведения, нарушения правил эксплуатации, а так же обрушения жилых домов вследствие взрывов, (взрывы бытового газа, террористические акты) на первый план выводят вопросы обеспечения безопасности эксплуатации зданий и сооружений.

Анализ аварий показывает, что масштабные разрушения, как правило, инициируют локальные [12] аварийные воздействия на отдельные элементы несущей системы здания или сооружения [1].

Учитывая, что строительство на территории Крымского полуострова осуществляется при сочетании таких неблагоприятных факторов как сложные инженерно-геологические условия, в тесном контакте с уже существующими зданиями и сооружениями, при повышенном уровне сейсмической опасности [9], проблема живучести возводимых и реконструируемых объектов стоит достаточно остро.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Исследованию вопросов живучести в контексте стойкости к прогрессирующему обрушению посвящены работы А.С. Городецкого, Ю. В Немчинова, Г.И. Шапиро, В.И. Травуша, А.В. Перельмутера, В.В. Кулябко, П.Г. Еремеева, В.О. Алмазова, Б.С.Расторгуева, А.Г.Тамразяна Г.А. Гениева, В.М. Бондаренко, Н.И. Карпенко, В.И. Колчунова, В.К. Вострова, Н.В. Ключевой и др.

Действующий в Украине ДБН В.1.2-14-2009 напрямую трактует вопрос живучести как один из методов недопущения «прогрессирующего» обрушения, что встречается и в ряде американских [13] и европейских норм. Этот документ [5]

предписывает обеспечить живучесть для объектов классов ответственности СС3 и СС2, т.е. тех, при обрушении которых уровень возможных материальных убытков и социальных потерь будет значительным.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

Целью данной работы является оценка стойкости к прогрессирующему обрушению на примере каркасов зданий повышенной этажности [4] (10 и 13 этажей), расположенных в сейсмически опасном районе (7 баллов).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Численный эксперимент с моделями железобетонных рамно-связевых каркасов зданий повышенной этажности средствами ПК ЛИРА [2,8,11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Объектом исследования выбран проект двух секций рамно-связевого каркаса здания повышенной этажности (10 и 13 этажей) из монолитного железобетона, строящийся в г. Симферополь. Планы типовых этажей с указанием расположения мест гипотетического локального обрушения показаны на рис.1 и 2. Высота типового этажа 3 метра.

Расчетные схемы построены с учетом возможностей ПК ЛИРА пространственными (рис.3). В этих схемах присутствуют все фактические несущие элементы пространственной несущей системы.

Исходными данными для анализа опасности прогрессирующего обрушения послужила серия

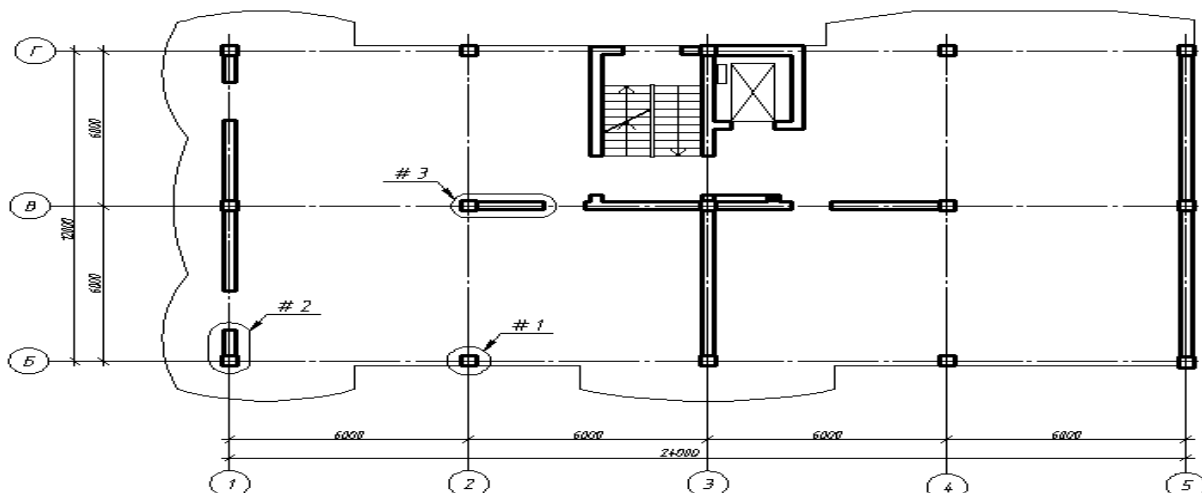


Рис. 1. План типового этажа Секция 1
Fig.1. Typical floor plan Section 1

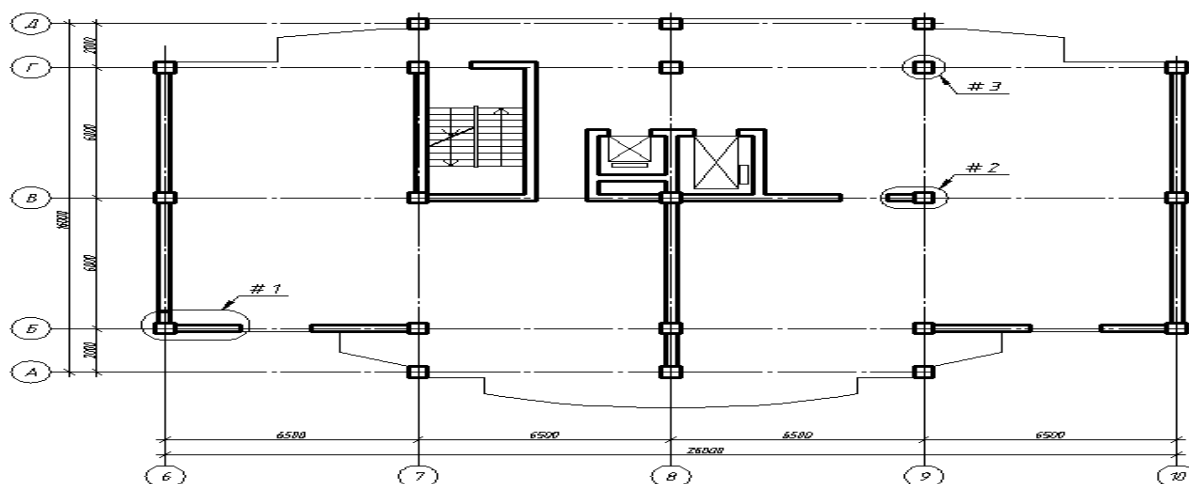


Рис. 2. План типового этажа Секция 2
Fig.2. Typical floor plan Section 1

расчетов несущей системы здания согласно действующих норм [5,6,7]. Расчет производили на основное и аварийное сочетание нагрузок и воздействий, включающее постоянные и временные длительные и кратковременные нагрузки, а также сейсмическое воздействие интенсивностью 7 баллов. Значения нагрузок и воздействий определены в соответствии с [3]. В ПК ЛИРА прикладываются полные расчётные нагрузки. Расчет выполняется по РСУ (Расчетным сочетаниям усилий).

На основании данных предварительных расчетов принимали сечение и материал несущих конструкций. Подбор армирования осуществляли в модуле Лир-АРМ.

Сечение колонн для секции № 1- 400x400 мм, и 500x500 мм для секции №2. Сечение ригелей 400x500 мм и 500x500 мм соответственно. Толщина плит перекрытий и покрытия – 160 мм. Толщина диафрагм 300 мм. Основанием здания была принята

фундаментная плита толщиной 1200 мм, с коэффициентами постели $C_1=10000$ кН/м³ и $C_2=100000$ кН/м.

Сечения элементов, классы бетона и арматуры (бетон С20/25, арматура А400С) соответствуют наиболее широко применяемым при возведении зданий повышенной этажности на территории Украины в т.ч. и АР Крым.

В ПК ЛИРА предусмотрен нелинейный процессор, предназначенный для решения физически и геометрически нелинейных, а также контактных задач. В работе [10] профессор А.С. Городецкий отмечает, что применение нелинейного процессора позволяет получить гораздо более обширные и соответствующие действительности сведения о НДС конструкции, включающей нелинейно деформируемые материалы, чем при расчете по линейному закону деформирования.



а)

б)

Рис. 3. Общий вид расчетной модели

а) Секция 1, б) Секция 2

Fig.3. Overview of calculation model

а) Section 1, б) Section 2

Расчет на устойчивость к прогрессирующему обрушению выполняли с помощью «Монтажных таблиц», где моделировали стадии обрушения.

Формировали две стадии: в первую входят все элементы конструкции без исключения; во второй в качестве демонтируемого элемента принимали разрушаемую колонну.

Результатом расчёта являются усилия, напряжения и перемещения на каждом из этапов приложения нагрузки, картины трещин в диафрагмах и плитах перекрытия и покрытия, места образования пластических шарниров, информация об элементах, разрушающихся в первую очередь.

В расчетной модели загрузки заданы следующим образом

- первое нагружение моделирует все постоянные и длительные нагрузки согласно их нормативным значениям [3];

- второе нагружение учитывает коэффициент динамичности $K_{dv} = 1,2$ согласно [5]. Для этого в верхний узел разрушенной колонны (или участка стены) приложено усилие, составляющее определенную часть от продольного усилия в этой колонне (стене), возникающего при действии нагрузок из первого нагружения. К этому можно

добавить, что западные инженеры при анализе опасности прогрессирующего обрушения принимают $K_{dv}=2$ [14].

Документ [5] ограничивает площадь, на которой возможно локальное обрушение 80 м^2 , а также площадь сечения исключаемых из работы конструкций $0,9 \text{ м}^2$.

В рассматриваемых моделях значения динамического догружения равны:

Для Секции № 1:

Удаление колонны # 1 $N_{dv} = 312 \text{ кН}$;

Удаление колонны и участка стены # 2 $N_{dv} = 406 \text{ кН}$;

Удаление колонны и участка стены # 3 $N_{dv} = 491 \text{ кН}$;

Для Секции № 2:

Удаление колонны и участка стены # 1 $N_{dv} = 383 \text{ кН}$;

Удаление колонны и участка стены # 2 $N_{dv} = 580 \text{ кН}$;

Удаление колонны # 3 $N_{dv} = 454 \text{ кН}$

По изополям перемещений перекрытия над удаленной колонной (участком стены), показанным на рис.4-5, можно видеть, что наибольшие перемещения возникают при выключении из работы колонн #1 в секции 1 и #3 в секции 2.

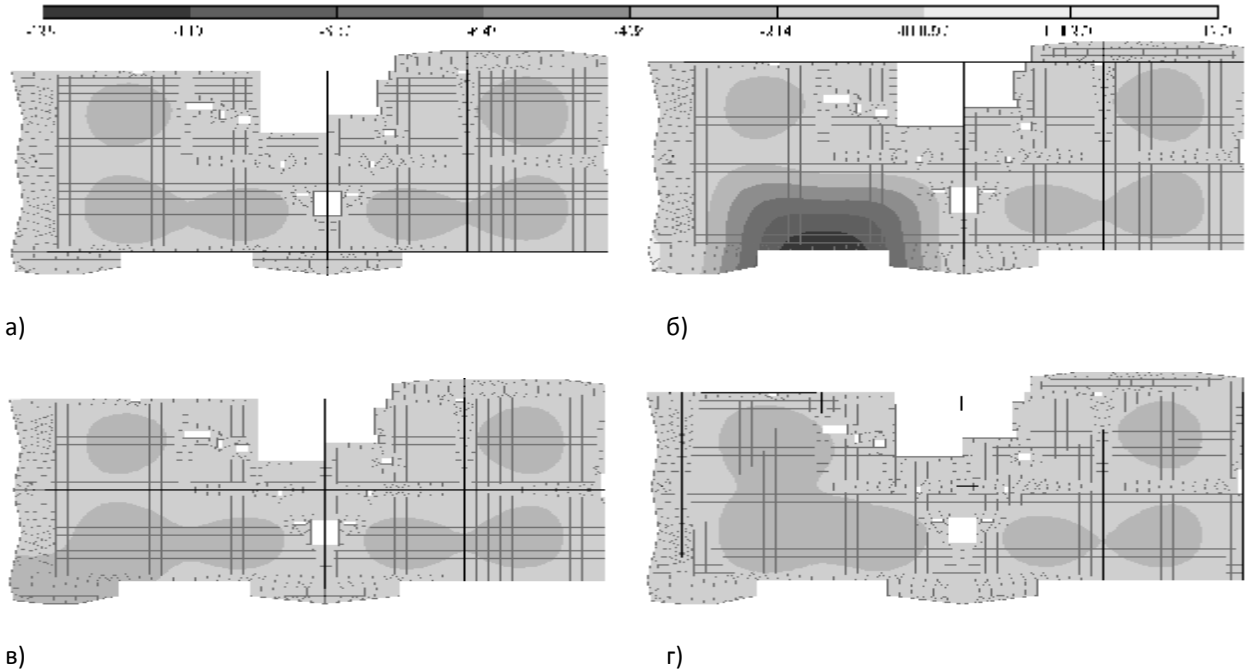


Рис. 4. Изополя перемещений перекрытия над разрушаемой конструкцией по оси Z.
 а) при нормальной эксплуатации, б) при удалении колонны # 1, в) при удалении колонны и участка стены # 2, г) при удалении колонны и участка стены # 3
 Fig.4. Isofields of movements overlap deteriorated structures along the axis Z.
 а) in normal operation, б) removing the column # 1, в) removing column and wall segment # 2, г) removing column and wall segment # 3

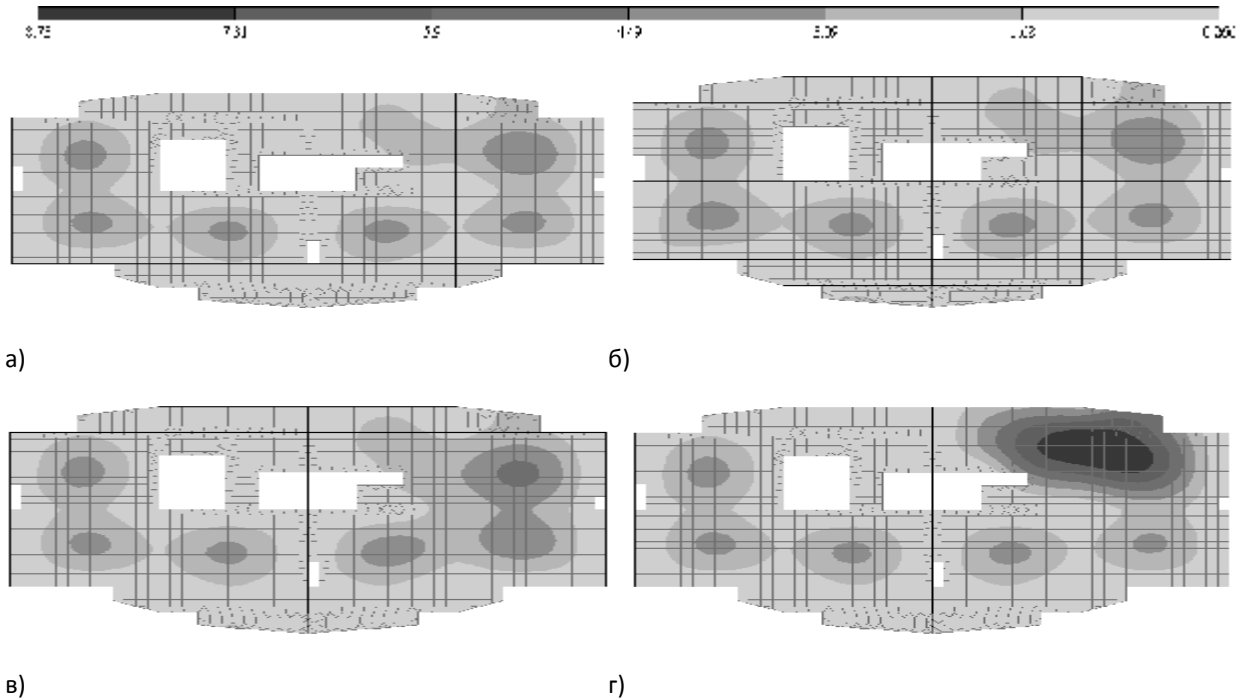


Рис. 5. Изополя перемещений перекрытия над разрушаемой конструкцией по оси Z.
 а) при нормальной эксплуатации, б) при удалении колонны и участка стены # 1, в) при удалении колонны и участка стены # 2, г) при удалении колонны # 3
 Fig.5. Isofields of movements overlap deteriorated structures along the axis Z.
 а) in normal operation, б) removing the column and wall segment # 1, в) removing column and wall segment # 2, г) removing column and wall segment # 3

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ НА СТОЙКОСТЬ

Во всех других рассматриваемых сценариях такого не наблюдается ввиду присутствия над удаленными участками несущих конструкций участков стен, выполняющих роль связевого этажа, через который происходит перераспределение нагрузок с удаляемых конструкций.

ВЫВОДЫ

По значениям усилий и перемещений, возникающих в конструкциях рассматриваемых зданий, запроектированных с учетом сейсмичности 7 баллов, можно сделать вывод о защищенности несущей системы от прогрессирующего обрушения, при соблюдении следующих конструктивных мероприятий:

- предусмотренный проектом пластический характер разрушения несущих конструкций;
- обеспечение непрерывности и обязательной стыковки арматуры перекрытия и ригелей а так же надежность анкеровки арматуры на крайних опорах.

Также установлено, что применение разгружающих конструкций в виде связевых этажей, снижает вероятность возникновения прогрессирующего обрушения.

Очевидно, что вопрос защиты конструкций зданий, расположенных, в том числе и в сейсмоопасных районах, от прогрессирующего обрушения является актуальным и требует проведения дальнейших исследований в этом направлении

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазов В.О., 2008. Железобетонные каркасы без прогрессирующего разрушения.- М.: МГСУ. – 32.
2. Гензерский Ю.В. ЛИРА 9.4., 2006. Примеры расчета и проектирования. Приложение к учебному пособию ЛИРА 9.2. / Ю.В. Гензерский, А.Н. Куценко, Д.В. Марченко, и др. – К.: НИИАСС. – 124.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия./ Минстрой Украины. - К.: Сталь - 60.
4. ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. - К.: Мінрегіонбуд України. – 53.
5. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. - К.: Мінрегіонбуд України. – 32.
6. ДБН В 2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. -К.: Мінрегіонбуд України.-75.
7. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. -К.: Мінрегіонбуд України.- 172.
8. Кореньков П.А., 2013. Построение расчетной модели с учетом нелинейных свойств материала при анализе опасности прогрессирующего обрушения железобетонных каркасов.// Строительство и техногенная безопасность / Сб. науч. тр НАПКС. - Вып.45, 22 – 28.
9. Морозова Е.,2012. Сейсмостойкость реконструируемых зданий средней этажности // MOTROL. —Vol. 14, № 1, 48 — 54

10. ПК ЛИРА, версия 9, 2003. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций. // Справочно-теоретическое пособие. – К.-М.: Факт. – 464.

11. Чеботарева Е., 2010. Исследование напряженно-деформированного состояния отдельно стоящих двухслойных железобетонных фундаментов методами компьютерного моделирования// MOTROL. — № 12D, 156 — 161.

12. Шабалин В., Богза В., Богданов С., 2012. Расчет вероятности отказов конструктивного элемента сборно-разборных легких металлических конструкций// MOTROL. — Vol. 14, № 2, 164 —167.

13. ASCE 7-02. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, 2002 edition. American Society of Civil Engineers, Reston, VA. – 419.

14. Progressive Collapse Analysis and Design Guidelines for New Federal Office Buildings and Major Expansion Projects, prepared by Applied Research Associates for GSA, Washington, D.C., 2003. – 119

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF PAYMENTS OF RESISTANCE TO PROGRESSIVE COLLAPSE OF APARTMENT COMPLEX IN SIMFEROPOL BASED ON NUMERICAL SIMULATION OF BEARING SYSTEMS

Summary: Presents the results computational analysis of resistance to progressive collapse of reinforced concrete frame apartment complex, located in a seismically dangerous area. The possibility of using certified in Ukraine software systems for the analysis of risk of progressive collapse of high-rise buildings with a concrete frame. Identified the need for further research in this area.

Key words: High-rise apartment buildings, accidents, vitality, progressive collapse, numerical modeling, physical nonlinearity.

