

наполненной каркасно-сотовой структуры и показана возможность получения золокерамических материалов с пределом прочности при сжатии 17-20 МПа при пониженном расходе глинистого сырья и более низкой температуре обжига.

2. Предложен механизм образования двухслойных зологлиняных гранул в грануляторах окатывания, используемых для изготовления золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры и определена оптимальная влажность золы в грануляторе (9-11%), соответствующая максимальному выходу (65-73 %) зольных гранул необходимой фракции (5-10 мм).

3. Промышленное освоение разработанной технологии позволит получить золокерамический кирпич М150 - М200 для реконструкции и восстановления зданий и сооружений.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Телюшенко И.Ф., Сай В.И., Огородник И.В. Современная технология и способы направленного регулирования свойств строительной керамики//Строительные материалы и изделия.-2001. №5-6.-С.22-23.
2. Голубничий А.В., Зарубина Н.В. Застосування золошлаків ТЭС у виробках з важких бетонів для малоповерхневого будівництва//Строительные материалы и изделия. - 2001. № 3.-С.27-28.
3. Устьянов В.Б., Иващенко В.В. Ячеистозаполненная керамика//Стекло и керамика.-1985. № 5.–С. 29-30.
4. Патент 2044642 RU, МПК 6 В28В11/06. Способ производства декоративных изделий/С.И. Федоркин.-№92003738; Заявл. 19.10.92; Оpubл. 27.09.95. Бюл.№ 27.
5. Дё И. Интенсификация физико-химических процессов при обжиге керамических стеновых материалов на основе зол ТЭС: Автореф. диссертации канд. технич. наук: 50.17.11/Алма-Атинский НИПИСМ МПСМ СССР.- Алма-Ата, 1987. – 20 с.
6. Макарова Е.С., Федоркин С.И. Технология производства золокерамических материалов наполненной каркасно-сотовой структуры//Строительство и техногенная безопасность. Сб. научных трудов КАПКС. Вып. 9. Симферополь: КАПКС, 2004. С.76-77.

УДК 624.131

#### ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

*А.А. Марков*

*ООО «Настрой» г.Запорожье*

Применяется несколько типов сборных железобетонных каркасов многоэтажных зданий: рамные, рамно-связевые и связевые [1]. Каркасы возводятся также из монолитного железобетона. Сборные каркасы, как

правило, проектировались из типовых (серийных) конструкций. За 45 лет применения типовые серии постоянно совершенствовались, отменялись устаревшие и вводились новые усовершенствованные.

В настоящее время на Украине в связи с изменением экономического уклада, многие многоэтажные каркасные здания переоборудуются. При этом устраиваются значительные проемы в перекрытиях, разбираются диафрагмы и вертикальные связи, изменяются нагрузки на перекрытие и т.п. Поэтому возникает необходимость обеспечить надежную работу реконструируемых зданий, имеющих изменения в конструктивных системах и повреждения конструкций при длительной эксплуатации.

Проведен анализ основных типов конструкций эксплуатируемых зданий. При этом основное влияние уделялось анализу устойчивости каркасов. Первая общесоюзная типовая серия ИИ-60 была разработана в конце 50-х годов и предназначалась для зданий с нагрузками  $5-20 \text{ кН/м}^2$  [2]. Этажность ограничивалась четырьмя, в некоторых случаях пятью этажами. Устойчивость здания в поперечном направлении обеспечивалась жестким соединением ригелей и колонн. Устойчивость каркаса в продольном направлении обеспечивалась только за счет установки каркасов между ребристыми плит перекрытий и последующим замоноличиванием этих стыков. Такая конструкция может обеспечивать устойчивость здания только при своевременном и качественном выполнении соединений сборных элементов.

В 1964 году взамен ИИ-60 была введена серия ИИ-20. В этой серии устойчивость каркаса в продольном направлении обеспечивалась вертикальными стальными связями, воспринимающими горизонтальную нагрузку.

В 80-х годах серия ИИ-20 была заменена серией 1.420. при этом обеспечивать устойчивость в продольном направлении предлагалось двумя вариантами или установкой продольных ригелей у торца здания или также установкой стальных связей в центре температурного отсека.

Для каркасов с небольшими нагрузками на перекрытие в 1964 году была введена серия ИИ-04. Конструктивная система каркаса в этой серии была рамно-связевой. Стык ригеля и колонны воспринимал изгибающий момент ограниченный предельной величиной  $M_{пр} = 176 \text{ кНм}$ . Допускалось возводить здания с количеством этажей не более 12. В продольном и поперечном направлении устанавливались на все этажи сборные диафрагмы.

В 1973 году эта серия была усовершенствована. При этом снижен предельный момент воспринимаемый стыком ригеля и колонны до  $55 \text{ кНм}$ , изменена конструкция диафрагм и т.п.

В дальнейшем были внесены новые изменения в эту серию и изменено название на 1.020. Причем конструктивная система стала связевой с шарнирным соединением ригеля с колонной. Номенклатура конструкций расширена. По этой серии 1.020 можно возводить и рамные каркасы под нагрузки до  $15 \text{ кН/м}^2$ .

Кроме массово возводимых каркасов строятся также здания с безбалочными перекрытиями. В эксплуатации находится большое количество зданий с монолитными безбалочными перекрытиями, имеющими капители.

Как правило эти здания не высокие до 5 этажей. Устойчивость каркаса обеспечивается только за счет жесткого соединения плит перекрытия с колоннами.

Были разработаны сборные безбалочные каркасы. В руководстве по проектированию каркасов этого типа [3] даже нет упоминания об оценке устойчивости каркасов.

В 40-е годы была разработана система строительства подъемом перекрытий Lift Slab. В этой системе перекрытие бетонируется на нулевой отметке в виде плоской плиты одинаковой толщины, а затем поднимается по колоннам на проектную отметку.

Общая устойчивость здания обеспечивается предварительно выполненными монолитными стволами (ядрами жесткости) или другими конструкциями. В руководстве по проектированию зданий с поднимаемыми перекрытиями нет указаний по оценке устойчивости зданий [4].

С 1975г. возводятся здания высотой до 14 и более этажей из сборных безбалочных безкапитальных конструкций [5]. В этих конструкциях, в частности в модификации КУБ 2.5, диафрагмы не связаны с колоннами и находятся от них на некотором расстоянии. Необычен в этом каркасе и стык колонн с перекрытием без пропуска сквозь колонны рабочей арматуры. В рекомендациях по применению этих конструкций [6] нет указаний по расчету устойчивости смонтированных зданий.

Важную информацию для оценки конструкций зданий может дать анализ аварий.

Зафиксировано несколько случаев обрушения каркасов, причем большей частью в процессе строительства. Наиболее подробно описано обрушение 10-ти этажного рамного каркаса склада издательства «Правда» происшедшее в 1961 году [7]. Каркас построен из нетиповых конструкций, аналогичных конструкциям серии ИИ-60. Устойчивость здания в поперечном направлении обеспечивалась жесткими узлами рамы, а продольном - замоноличиванием стыков ребристых плит в продольном направлении привариванием арматурных стержней. (рис.1). Каркас был смонтирован почти полностью, а сварка и замоноличивание узловых соединений были выполнены на первых трех этажах. Из-за потери устойчивости в безветренную погоду произошло полное обрушение каркаса (рис. 2).

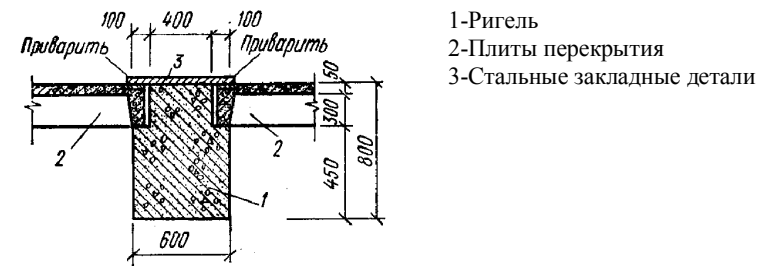


Рис.1 Стык перекрытия с ригелями

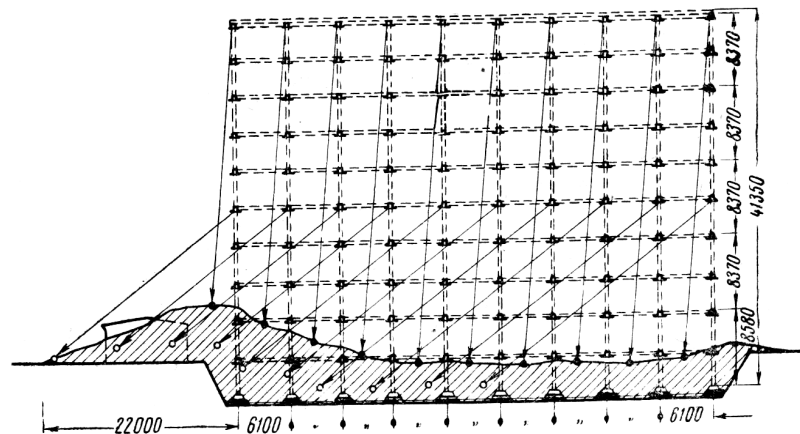


Рис.2 Обрушение 10этажного рамного каркаса

Описано обрушение 4-х этажного каркаса жилого здания в процессе строительства в 1958 году. Отсутствие связей и диафрагм, а также жестких узлов сделало неустойчивым каркас высотой всего 12м [8].

Несколько обрушений произошло при строительстве зданий методом подъема перекрытий. Причины обрушения в нарушении технологии подъема перекрытий, но обрушение происходило, в основном, также от потери устойчивости каркаса [8].

В [9] описано обрушение в 1980 г. от потери устойчивости 5-этажного здания в г. Тбилиси, серии ИИС-20. Обрушение было обусловлено сильным ветром и неполным устройством связей.

К сожалению не все происшедшие аварии приведены в доступной технической литературе. Недостатком описания аварий следует считать неполный анализ обрушений.

Из всех имеющихся описаний обрушений только по одной аварии удалось выполнить расчет устойчивости. Расчетная схема принята пространственной, учитывающей все основные конструкции и включает десять четырехпролетных рам, связанных дисками перекрытий. (Рис.3)

Было выполнено два расчета устойчивости:

- При всех жестких стыках ригелей с колоннами и плитами перекрытия;
- При жестком соединении элементов каркаса только в пределах трех нижних этажей, остальные стыки приняты шарнирными.

В качестве нагрузки задан только собственный вес конструкций. При первом расчете получен минимальный коэффициент запаса устойчивости  $K_{\min}=15.98$ . При втором расчете  $K_{\min}=1.345$  (Рис.3). Такая величина коэффициента запаса устойчивости недостаточна, так как при учете начальных несовершенств, дополнительной нагрузки и других реальных

особенностей  $K_{\min}$  может снизиться.

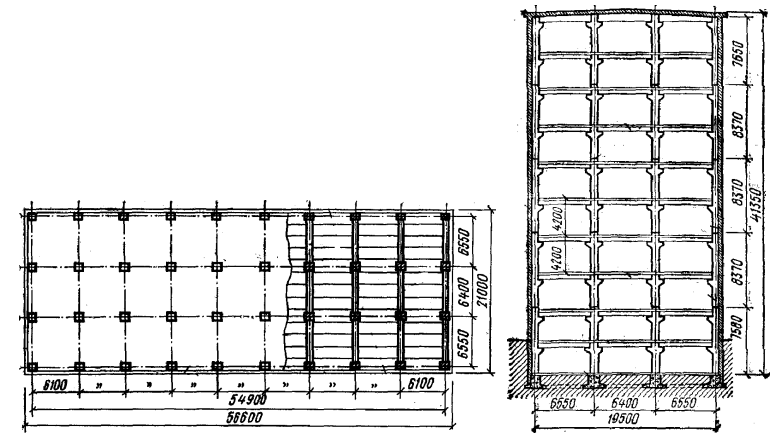


Рис.3 Конструктивная система 10-этажного здания

Расчет выполнялся в упругой постановке, по программе основанной на методе конечных элементов (МКЭ) SCAD. Алгоритм расчета описан в [10].

Выполненный расчет показывает, что принятая модель достаточно адекватна и может практически использоваться. При этом  $K_{\min}$ , по видимому, следует принимать не менее  $K_{\min}=2$ .

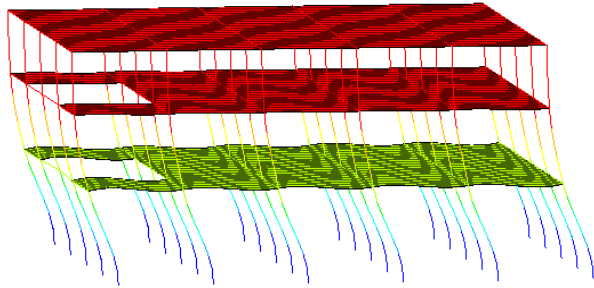
Приведем три примера расчета каркасов при реконструкции.

В процессе переоборудования 4-х этажного инструментального цеха с каркасом по серии ИИ-60 в магазин потребовалась установка эскалаторов и дополнительных широких лестниц. Для этого в перекрытии планировалось устройство отверстий. Ситуация осложнилась тем, что по архитектурному решению отверстия располагались или у температурного шва или у наружной стены.

Расчетная схема, показанная на рис. 4, состоит из стержневых элементов моделирующих колонны и ригели, а также пластинчатых элементов, моделирующих плиты перекрытий. На конструкции приложена нагрузка от собственного веса, полезная нагрузка на перекрытия и ветровая нагрузка. Полученный по расчету минимальный коэффициент запаса по устойчивости составил  $K_{\min}=6,65$ , что можно считать достаточным.

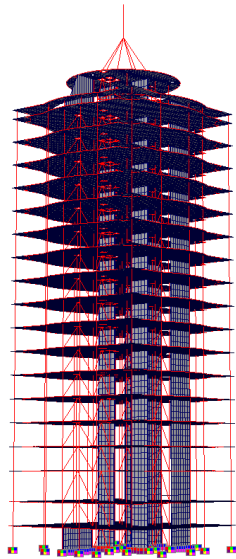
Двухэтажное каркасное здание, построенное по серии ИИ-04, переоборудовалось в магазин. Для удобного размещения торговых залов предполагалась разборка диафрагм жесткости, расположенных в направлении рам и в перпендикулярном направлении. На некоторые диафрагмы опирались плиты перекрытия. Были разработаны стальные конструкции усиления диафрагм жесткости при устройстве в них проемов  $3 \times 2,5(h)$ м.

Расчетом показано, что рекомендации по установке диафрагм в серии ИИ-04 дают значительные запасы устойчивости.



*Рис.4 Расчетная схема пространственной рамы  
(форма потери устойчивости)*

При проектировании 18-этажного каркасного сборного здания из конструкций КУБ 2.5 была оценена его устойчивость. Здание предназначалось для размещения квартир. Причем в двух подземных этажах размещался гараж, и еще два этажа предназначались для офисов. Общая устойчивость здания обеспечивалась диафрагмами и связями (Рис.5). Расчет был определен коэффициент запаса устойчивости  $K=14,4$ . Расчет на ветровую нагрузку требует большее количество связей и диафрагм, чем для достижения требуемого коэффициента устойчивости.



*Рис.5. Расчетная схема пространственной рамы 18-этажного здания*

По проделанным исследованиям сделаны следующие выводы:

1. Анализ аварий каркасных зданий показал, что в большинстве из них обрушение произошло от потери устойчивости каркаса. В типовых сериях и руководствах по проектированию зданий с железобетонными каркасами разработаны рекомендации по обеспечению устойчивости, но нет указаний по выполнению расчетов на устойчивость.
2. При реконструкции каркасных зданий устраиваются проемы в перекрытиях и разбираются диафрагмы и связи. В этих случаях целесообразно анализировать устойчивость каркаса.
3. Анализ устойчивости каркаса необходим также для зданий большой высоты, имеющих недостаточно горизонтальную жесткость, в частности, при отсутствии диафрагм, жестким соединением перекрытий с колоннами, отсутствием ригелей и д.т.
4. Проведенный анализ показал, что расчет устойчивости может быть выполнен в упругой постановке по широко применяемым программам основным по МКЭ. Выполнение расчетов устойчивости может количественно оценить запас по устойчивости.
5. Расчет каркаса на устойчивость не заменяет расчет на горизонтальные нагрузки, так как именно расчет на горизонтальные нагрузки обуславливает необходимость установки связей и диафрагм.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. М. Стройиздат, 1991. -767с.
2. Полносборные конструкции общественных зданий/ В.И.Лепский, Л.Л.Паньшин, Г.Л.Кац.-М.:Стройиздат,1986.-236с.
3. Рекомендации по проектированию конструкций сборно-монокридного перекрытия «СОЧИ»/ ЦНИИЭП М.Стройиздат.1975г.
4. Временные указания по проектированию гражданских зданий, возводимых методом подъема перекрытий и этажей. СН 451-72. М. Стройиздат 1974 96с.
5. Дорфман А.Э., Левонтин Л.Н. Проектирование безбалочных безкапитальных перекрытий. М., Стройиздат, 1975, 124с.
6. Унифицированная система сборно-монокридного безригельного каркаса КУБ2,5 Москва 1990г.
7. Шкинев А.М. Аварии в строительстве М. Стройиздат.1984 -318с.
8. Анализ причин аварий и повреждений строительных конструкций/ под ред. Шишкина А.А. М: Стройиздат,1965.-304с.
9. Вейц Р.И. Предупреждение аварий при строительстве зданий / М. Стройиздат 1984г. 144с.
10. А.В.Перельмутер, В.И.Сливкер. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. Киев. «Стиль» 2002г.-598с.