

УДК 624.012.35.001.63

### РАЦИОНАЛЬНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАМНЫХ СИСТЕМ БЕЗ ДИАФРАГМ ЖЁСТКОСТИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ И ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

*Н.В. Савицкий д.т.н., проф., Д.М. Зезюков, аспирант.  
Приднепровская государственная академия строительства и  
архитектуры, г. Днепропетровск*

**Постановка проблемы.** На сегодняшний день, в условиях высоких цен на строительство стоит вопрос рационального проектирования многоэтажных и высотных зданий. К данной проблеме необходимо подходить с особым вниманием, учитывая достаточную неразвитость высотного строительства на Украине. В многоэтажном и высотном строительстве используются различные конструктивные системы: рамная, рамно-связевая, связевая. При этом данных об эффективных областях применения тех или иных систем в известной литературе не имеется.

**Целью** данного исследования рамно-каркасных систем было определение допустимой высоты зданий без применения диафрагм жесткости из условия ограничения по второй группе предельных состояний (перемещения верха здания).

#### Изложение основного материала.

Численным методом было исследовано 480 рамно-каркасных систем с вариацией этажности, размеров поперечных сечений колонн, классов бетона, количества пролетов в продольном направлении, с включением и без включения сборных плит в работу рам при восприятии вертикальных и горизонтальных нагрузок.

#### Конструктивные решения.

Исследования эффективных областей применения рамных систем проводилось для зданий высотой от 6 до 21 этажа, при высоте этажа 3 м диапазон исследуемых высот зданий составил от 18 до 63 метров.

Шаг колонн при этом применялся 8x8 м, размеры поперечных сечений колонн варьировались от 300x300 до 500x500 мм, через 50 мм.

Количество пролетов в продольном направлении: 3, 5, 7, 9.

Предельные минимальные и максимальные габариты исследуемых конструктивных систем приведены на рис. 1. В качестве несущей рассматривалась инновационная архитектурно-конструктивно-технологическая система, разработанная под руководством д.т.н., проф. Савицкого Н.В. и д.т.н., проф. Пшинько А.Н. в ПДГАСА и ДНУЖТ (патенты Украины 69769А, и 2005 05127, и 2005 05146, №19976, №23425, №23418, №24122).

В конструкции каркаса использованы монолитные колонны и сборно-монолитное плоское перекрытие. Конструктивное решение представляет собой плоский диск перекрытия, состоящий из сборных многупустотных плит, примыкающих в одном уровне к монолитным несущим ригелям, (так называемым условным ригелям). Высота сечения несущих ригелей для

сокращения расхода металла на их армирование увеличена на толщину стяжки пола (50 мм), т.е. высота ригеля равна 270 мм при толщине плит перекрытий 220 мм. (рис. 2).

Рассматривались схемы работы каркаса здания: без включения сборных плит перекрытия в работу; с включением плит перекрытия в работу. В последнем случае в каждом шве между плитами устраивается железобетонная шпонка шириной 100 мм, которая увеличивает пространственную жесткость диска перекрытия и обеспечивает включение в работу сборных плит при расчете монолитного несущего ригеля.

Конструкция узла опирания плит перекрытия на ригель основана на применении бетонных шпонок (бетона, заполняющего пустоты плит при бетонировании ригеля). При шаге и пролете колонн 8 x 8 м удалось получить плоское перекрытие высотой 300 мм (с учетом конструкции пола).

#### Нагрузки.

При расчете каркасных систем зданий рассматривались нагрузки применительно к жилым зданиям и климатические условия (ветровая и снеговая нагрузки) применительно к условиям г. Днепропетровска.

#### Анализ результатов исследований.

Расчет напряженно-деформированного состояния рамных систем многоэтажных и высотных зданий был проведен в программном комплексе SCAD Office 11.1.

Полученные в результате расчетов перемещения верха здания сравнивались с допускаемыми. По действующим нормам [1,2] допускаемые перемещения составляют 1/500 высоты здания.

Результаты численного моделирования приведены на рис. 3, 4.

Данные о перемещениях рамных систем в поперечном направлении, выполненных с применением бетона В30, приведены на рис. 3, а), б). Результаты свидетельствуют, что из условий ограничения перемещения верха здания возможно возведение зданий без диафрагм: при колоннах 300x300 мм – до 13 этажей, при колоннах 400x400 – до 18 этажей, при колоннах 500x500 мм – до 19 этажей.

Как следует из результатов расчета (рис. 3, б)), включение в работу каркаса сборных плит приводит к уменьшению перемещений: с колоннами 300x300мм - до 25%, 500x500мм – до 38%. При этом становится возможным возведение зданий с колоннами 300x300 мм – до 17 этажей, а с колоннами 400x400 мм и 500x500 мм – во всем рассмотренном диапазоне высот (до 21 этажа).

Результаты расчета перемещений рамных систем зданий в продольном направлении приведены на рис. 4, а), б), в). Следует отметить, что перемещения в направлении оси ординат (Y) для ячейки 3x3, существенно превышают перемещения в направлении оси абсцисс (X). Это связано с двумя факторами: а) в направлении оси ординат (Y), расположены связевые ненесущие балки меньшего сечения; б) рассмотрен только вариант без включения в работу плит перекрытия (т.е. железобетонных шпонок между плитами).

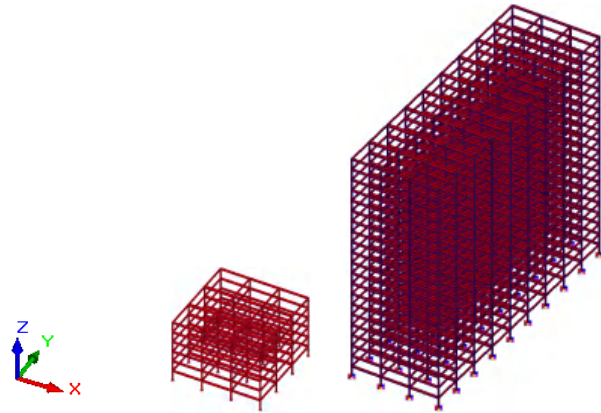
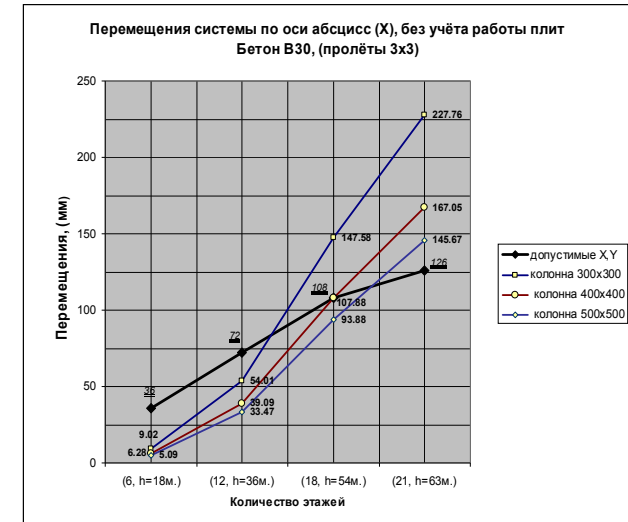


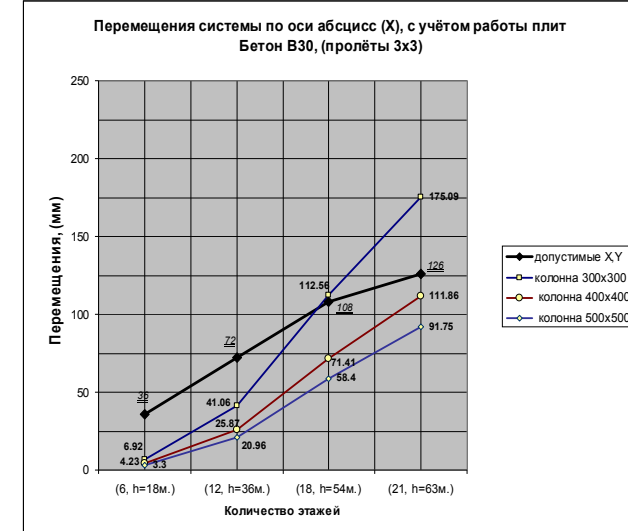
Рис. 1. Расчётные системы зданий  
( для ячейки с количеством пролетов в поперечном и продольном направлениях 3x3, при  $h=18\text{м}$ , и 3x9, при  $h=63\text{м}$ .)



Рис. 2. Фрагмент перекрытия в процессе монтажа



а)



б)

Рис. 3. Перемещения системы по оси абсцисс (X): без учета а) и с учётом б) работы сборных плит (бетон В30, пролёты 3x3).

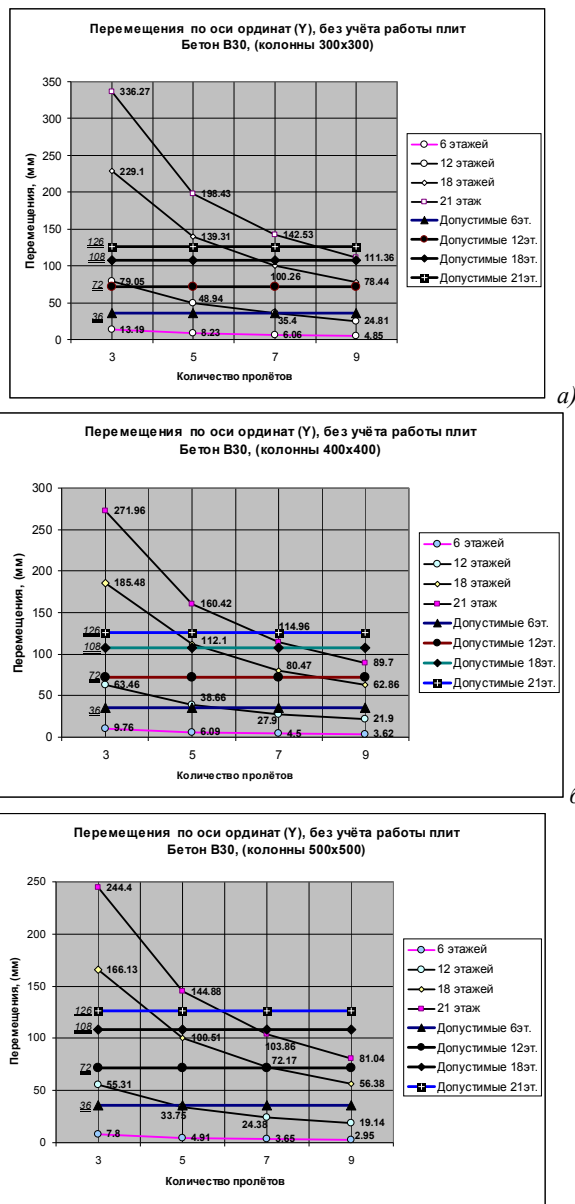


Рис. 4. Переещения по оси ординат (Y) при размерах поперечных сечений колонн, мм: а) 300x300; б) 400x400; в) 500x500.

Как и следовало ожидать, увеличение размеров поперечных сечений колонн и количества пролетов приводит к увеличению пространственной жесткости рамных систем в продольном направлении и, следовательно, к уменьшению перемещений верха зданий.

### Выводы

1. Установлено, что из условий ограничения перемещения верха здания в поперечном направлении, возможно возведение зданий без диафрагм: при колоннах 300x300 мм – до 13 этажей, при колоннах 400x400 – до 18 этажей, при колоннах 500x500 мм – до 19 этажей.

2. Включение в работу рамы сборных плит приводит к уменьшению перемещений: с колоннами 300x300мм - до 25%, 500x500мм – до 38%. При этом становится возможным возведение зданий с колоннами 300x300 мм – до 17 этажей, а с колоннами 400x400 мм и 500x500 мм – во всем рассмотренном диапазоне высот (до 21 этажа).

3. Выявлено, что для ячейки 3x3 перемещения в продольном направлении, существенно превышают перемещения в поперечном направлении. Это связано с двумя факторами: а) в продольном направлении расположены связевые несущие балки с меньшими размерами поперечного сечения; б) рассмотрен вариант без включения в работу плит перекрытия (т.е. железобетонных шпонок между плитами).

4. Полученные зависимости позволяют определить предел применимости рамно-каркасных систем без диафрагм жесткости;

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Многофункциональные высотные здания и комплексы : Том I МГСН 4.19-05. – Офиц. изд. – М. : ОАО ЦНИИЭП жилища, 2005. – 71с. – (Нормативный документ Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы).
2. Многофункциональные высотные здания и комплексы : Том II Приложения к МГСН 4.19-05. – Офиц. изд. – М. : ОАО ЦНИИЭП жилища, 2005. – 134с. – (Нормативный документ Департамента градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы).
3. В. Шулер. Конструкции высотных зданий / В. Шулер; [пер. с англ. Л. Ш. Килимник]. – Москва : Стройиздат, 1979. - 248 с.
4. Хайно Энгель. Несущие системы / Хайно Энгель; [пер. с нем. Л. А. Андреевой.] - Москва : АСТ, АСТРЕЛЬ, 2007. - 344 с.