

УДК 666.94.015.7

## **Конструкция каркасного высотного здания гостиницы с применением предварительного напряжения**

Мадалинская Н.Г.

(Научный руководитель – д-р. техн. наук, проф. Пецольд Т.М.)  
Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

Проектируемое здание гостиницы является активной архитектурной доминантой и главным элементом жилой застройки проектируемого района "Лебяжий" расположенного вдоль пр. Победителей. Здание гостиницы 27-ми этажное высотой 99 метров имеет эллипсоидную форму как в плане так и в объеме. Размер в плане 56 х 30 метров. В центре ядра здания запроектирован круглый 6-ти светный атриум диаметром 15 метров. Высота этажей составляет: 4,2 м - 1, 2, 3 этажи и 3,6 м - все остальные, включая технические. Высота подземных этажей составляет 3 м. Основой объемно-пространственной структуры здания являются два лестнично-лифтовых ядра жесткости, в каждом из которых размещены по три лифта и две лестницы. На первых трех этажах размещены административные и торгово-общественные зоны, приемно-вестибюльная служба приема и размещения на первом этаже; на 3-14 и 17-26 этажах находятся номера различных типов комфортности; на 15-16 этажах располагается ресторан на 150 посадочных мест; 14 и 27 этажи – технические. В качестве ограждающих конструкции здания использованы структурное остекление, а также сэндвич-панели системы поэлементной сборки фасадов.

Каркасная конструктивная система здания представляет собой пространственную систему, образованную вертикальными элементами в виде стен лифтово-лестничных блоков и железобетонных колонн прямоугольного сечения, объединенных горизонтальными элементами в виде неизменяемых в своей плоскости жестких дисков безбалочных перекрытий, а также системами аутриггерных балок-стенок, расположенных на технических этажах и обеспечивающих дополнительную пространственную жесткость. Ригелями многоэтажной многопролетной рамы служит безбалочная плита, жестко связанная с колоннами. Сопряжение плиты с колонной бескапитальное. Монолитные железобетонные колонны приняты сечением

600x800мм на первых 5-ти этажах, выше – 400x600 мм. Бетон класса С60/75 до отметки +48,600 и С40/50 начиная с отметки +52,200 до +99,000.

Стены, ядра жесткости (лестничные клетки, лифтовые шахты), а также аутриггерные стены на технических этажах имеют толщину 400 мм. Бетон класса С40/50.

Монолитное безбалочное перекрытие представляет собой плиту, выполненную с применением полимерных шаров, опертую непосредственно на колонны. Толщина плиты принята 300 мм. Бетон для плиты класса С40/50. Монолитная безбалочная плита армируется сетками из арматуры класса S500.

Перекрытие состоит из верхнего и нижнего армирования, между которыми размещены полые шары, изготовленные из переработанного вторичного сырья - полиэтилена, и монолитного бетона, заполняющего все пространство между шарами и образующего над ними выравнивающий слой. В зонах пересечения перекрытия с колоннами – капитальных зонах – сохраняются сплошные монолитные участки с армированием, обеспечивающим восприятие возникающих в этих зонах максимальных усилий.

Фундамент пространственный с монолитной преднапряженной плитой. Он состоит из монолитной плиты толщиной 1200 мм с полимерными шарами диаметром 450 мм, стен подземных этажей толщиной 500 мм, и перекрытий подземных этажей, толщиной 300мм. Бетон фундамента класса С40/50.

Армирование фундаментной плиты отдельными стержнями арматурой класса S500 в продольном и поперечном направлении. Верхняя арматура укладывается на пространственные поддерживающие каркасы. В местах наибольших моментов укладываются дополнительные стержни. Под плитой устраивается подготовка из бетона класса С8/10 толщиной 100мм. Для связи с монолитными стенами из фундаментной плиты выпускают арматуру с площадью сечения, равной расчетному сечению арматуры стен у верхней поверхности фундаментной плиты.

В качестве напрягаемой арматуры использованы канаты класса S1400, укладываемые в поперечном направлении здания, в верхней части фундаментной плиты, с односторонним натяжением на бетон домкратами двойного действия.

Моделирование расчетной схемы осуществлялось с помощью программ «Лири 9.6» и «Сапфир 1.2.0».

Расчётная модель каркаса здания формировалась в следующей последовательности:

1. Конструирование перекрытия;
2. Добавление к типовому перекрытию колонн и стен, а также ядер жесткости;
3. Копирование модели перекрытия в целях получения модели всего здания;
4. Формирование фундаментной плиты, стен и плит перекрытия подземных этажей, представляющих собой пространственный фундамент;
5. Связь фундамента с верхней частью здания;
6. Назначение жесткостей элементов (назначение типа конечного элемента, модуля упругости, геометрических размеров, плотности материала, коэффициента Пуассона для материала)
7. Приложение горизонтальных и вертикальных нагрузок на модель здания: собственный вес несущих конструкций; постоянные нагрузки от веса конструкций полов, перегородок, ограждающих конструкций; полезные нагрузки; снеговая нагрузка; постоянная и динамическая составляющие ветровой нагрузки.

Расчетная модель фундаментной плиты представляет собой систему из стенок (универсальный четырехугольный КЭ) и верхней и нижней пластин плиты. Таким образом учтено, что плита выполнена с учетом полимерных шаров, образующих пустоты. На нижнюю пластину наложены связи по X, Y, UZ.

В данном случае применена плита на упругом основании с учетом коэффициента постели  $C_1$ . На основании геологических данных, представленных в задании на проектирование, был определен коэффициент  $C_1=500 \text{ т/м}^3$ .

Плита перекрытия с заполнителем в виде полимерных шаров моделировалась как плита с квадратными отверстиями, с учетом равенства моментов инерции данных элементов (квадрата и круга). Расчетная модель плиты перекрытия также состоит из верхних и нижних пластин и вертикальных ребер. Капитальные зоны из сплошного железобетона, геометрические размеры которых были определены из условия продавливания, заданы как объемные конечные элементы.

Использование в расчете схемы каркаса с количеством конечных элементов более 117 тыс. программного комплекса «Ли́ра 9.6», позволило получить реальную картину напряженно-деформированного состояния элементов каркаса, перекрытий и пространственного фундамента.

Кроме того, в результате расчета были получены основные формы колебаний здания от горизонтальных воздействий динамической составляющей ветровой нагрузки.

Использование программы «Лир-АРМ» позволило определить требуемое армирование фундаментной плиты в двух вариантах – с преднапряжением и без преднапряжения, а также армирование плиты перекрытия.

На основании результатов выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. Использование в фундаментной плите заполнения в виде полимерных шаров диаметром 450 мм позволило снизить собственную массу плиты и, как следствие, нагрузку на грунты основания, и снизить расход материалов.
2. Предварительное напряжение фундаментной плиты повысило ее жесткость, а также уменьшило расход ненапрягаемой арматуры на 10%.
3. Использование полимерных шаров в монолитных перекрытиях снизило их собственную массу и следовательно снизить расход бетона и арматуры.
4. На основании анализа напряженно-деформированного состояния конструкций каркаса здания в целом установлено, что в процессе проектирования жесткость здания была завышена. В дальнейшем, решением оптимизационной задачи, можно привести жесткость к требуемым параметрам по перемещениям и колебаниям.
5. На наш взгляд, оптимизация жесткости здания позволит увеличить эффект преднапряжения фундаментной плиты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ТКП 45-3.02-108-2008 «Высотные здания. Строительные нормы проектирования».
2. СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия».

3. СНБ 5.03.01.02 «Бетонные и железобетонные конструкции».
4. СНБ 5.01.01-99 «Основания и фундаменты зданий и сооружений».

Репозиторий БНТУ