

П.А.ДЕМЕНКОВ, канд. техн. наук, доцент, dem-petr@yandex.ru

Д.А.ПОТЕМКИН, канд. техн. наук, доцент, potyomkin@list.ru

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

P.A.DEMENKOV, PhD in eng. sc., associate professor, dem-petr@yandex.ru

D.A.POTYOMKIN, PhD in eng. sc., associate professor, potyomkin@list.ru

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВОГО МАССИВА, ВКЛЮЧАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С МНОГОЭТАЖНОЙ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТЬЮ

Рассматривается вариант многофункционального подземного комплекса, являющегося частью многоэтажного высотного здания. Комплекс располагается в подземной части здания и играет роль фундамента, заменяя собой обычный плитно-свайный фундамент. Выполнены предварительные расчеты методом конечных элементов с учетом этапности строительства подземного комплекса и наземного высотного здания. В результате расчетов получены распределение вертикальных смещений и их значения.

Ключевые слова: многофункциональный подземный комплекс, фундамент, метод конечных элементов, осадки, смещения.

MODELLING STRESSEDLY-DEFORMED CONDITION OF THE SOIL MASSIF INCLUDING ELEMENTS OF THE MULTIPURPOSE FACILITY WITH MULTYSTORIED UNDERGROUND PART

In work the option of the multipurpose underground complex being part of the multystoried high-rise building is considered. The complex settles down in underground part of the building and carries out a base role, replacing with itself the usual plates-but-pile base. Pre-designs by a method of final elements taking into account staging of construction of an underground complex and the land high-rise building are executed. Sizes and a picture of distribution of vertical displacements are received as a result of calculations

Key words: multifunctional underground facility, foundation, finite element method, settling, displacement.

Выбор типов фундаментов при строительстве зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях требует тщательного анализа свойств и характеристик грунтов совместно с соответствующей технологией строительства фундамента, нагрузок от здания, расстояния от существующих объектов или возводимых впоследствии*.

* МДС 50-1. Проектирование и устройство оснований, фундаментов и подземных частей многофункциональных высотных зданий и комплексов / ФГУП НИИ «Строительство». М., 2007.

MDS 50-1. Design and device of the bases, bases and underground parts of multipurpose high-rise buildings and complexes / Federal State Unitary Enterprise Research Center «Stroitelstvo». Moscow, 2007.

Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. М., 2004.

Guide to complex development of underground space of the large cities. Moscow, 2004.

В работе рассмотрен вариант многофункционального подземного комплекса, являющегося частью многоэтажного высотного здания.

Исходные данные к моделированию напряженно-деформированного состояния грунтового массива, вмещающего коробчатый фундамент типового высотного здания, следующие:

- высота здания 75 м, размеры в плане 48×56 м, высота этажа 3,5 м, подземная часть здания 4 м (до отметки подошвы фундамента), сетка колонн 6,8×6,8 м;

- при поперечном сечении 0,6×0,6 м нагрузка от колонн: нормативная 490 кН, расчетная 585 кН; нагрузка от стен: нормативная 312 кН/м, расчетная 370 кН/м;

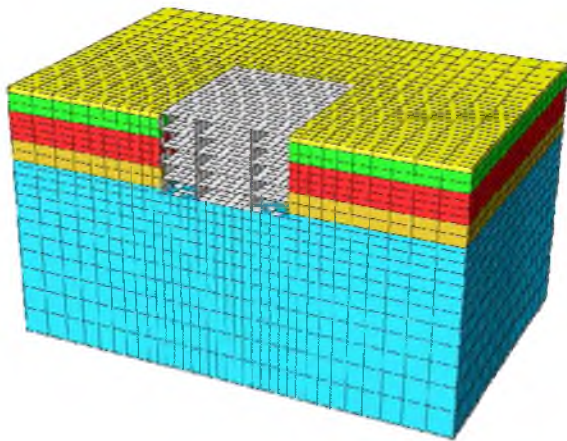


Рис.1. Общий вид объемной конечно-элементной модели грунтового массива

- глубина подземной части 30 м при размерах в плане, равных размерам здания 48×56 м, внутренние стены являются несущими.

На начальном этапе строительства предусмотрено сооружение стены в грунте по периметру будущего многофункционального комплекса с последующим использованием ее в качестве внешней несущей стены.

На рис.1 представлен фрагмент пространственной конечно-элементной модели грунтового массива с подземной частью многофункционального комплекса.

Коробчатый фундамент многофункционального комплекса опирается на полутвердые глины, залегающие на глубине около 28 м.

Грунтовой массив в районе строительства представлен пятью разнотипными слоями (рис.1): насыпным грунтом, суглинками текучими, текучепластичными и пластичными, а также полутвердыми и твердыми глинами. Мощность грунтовых слоев (сверху вниз) следующая: первый слой 2 м, второй слой 7 м, третий слой 11 м, четвертый слой 8 м, пятый слой 72 м (от кровли до нижней плоскости модели).

Общие размеры вмещающего вышеуказанные объекты грунтового массива 170×170 м в плане (по осям X и Z) и 100 м в глубину (по оси Y).

Численная модель непосредственно реализует расчет начального напряженно-деформированного состояния грунтового массива до начала работ по строительству комплекса и расчеты изменения напряжен-

но-деформированного состояния массива на следующих укрупненных технологических этапах:

- 1) сооружение стены в грунте по периметру комплекса;

- 2) откопка котлована на глубину 6 м и монтаж конструкций (перекрытия и несущих стен) первого от поверхности подземного этажа комплекса;

- 3) откопка котлована на глубину 12 м и монтаж конструкций (перекрытия и несущих стен) второго от поверхности подземного этажа комплекса;

- 4) откопка котлована на глубину 18 м и монтаж конструкций третьего от поверхности подземного этажа комплекса;

- 5) откопка котлована на глубину 24 м и монтаж конструкций четвертого от поверхности подземного этажа комплекса;

- 6) откопка котлована на глубину 30 м и монтаж конструкций пятого от поверхности подземного этажа комплекса;

- 7) монтаж перекрытия-плиты в верхней части комплекса, являющейся непосредственным основанием для высотной части здания;

- 8) возведение конструкций четырех этажей по всей площади фундамента;

- 9) поэтапное возведение конструкций остальных 18 этажей (еще четыре этапа).

Нагрузка на фундамент растет постепенно по мере возведения конструкций здания. В расчетах напряженно-деформированного состояния грунтового массива, включающего элементы комплекса, рассмотрены пять укрупненных технологических этапов строительства высотной части, отражающих последовательность возведения конструкций с постепенным неравномерным нагружением фундамента.

Максимальные смещения в грунтовом массиве после завершения монтажа конструкций подземной части здания (завершения последовательности работ по технологии «top-down») могут составить 0,29 м. Размеры мульды оседания в плане могут достигать 140-150 м, что соответствует одному размеру здания в плане в каждую сторону. При этом зона интенсивных смещений (от 0,15 до 0,29 м) простирается на 7-10 м от конструкций коробчатого фундамента. На этом этапе смещения в грунтовом массиве обусловлены собственным весом конструкций подземной части здания; последовательность земляных и строительного-монтаж-

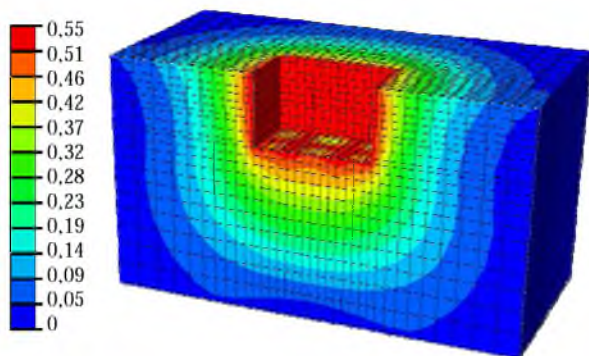


Рис.2. Эпюра распределения смещений в грунтовом массиве после завершения возведения 22 этажей здания, м

ных работ, предусмотренная технологией «top-down», не позволяет развиваться большим смещениям в массиве, несмотря на значительные объемы земляных работ.

После возведения первых четырех этажей высотного здания максимум смещений в грунтовом массиве может достигнуть 0,30-0,31 м. В целом на этом этапе работ параметры мульды сдвижения меняются незначительно, поскольку вес четырех возведенных этажей значительно ниже веса ранее возведенной подземной части. Поэтому вес подземной части пока вносит большой вклад в общую картину смещений в грунтовом массиве.

Максимум вертикальных смещений может достигнуть 0,38 м. Прирост смещений составил около 40 %. При этом следует отметить следующую закономерность: растет максимальное смещение в мульде и размер зоны интенсивных смещений (от 0,15 до 0,38 м) достигает 9-12 м, однако размеры зоны влияния фундамента в плане значительным изменениям не подвергаются. С момента окончания строительства подземной части до момента окончания возведения 12 этажей высотного здания размеры зоны влияния в плане выросли на 3-5 м. Можно сказать, что растет интенсивность смещений в мульде при почти неизменной ее форме и размерах.

Окончательные параметры мульды сдвижений следующие: максимальные вертикальные смещения 0,45-0,50 м; зона интенсивных смещений (от 0,15 до 0,5 м) 12-14 м в каждую сторону от фундамента; окончательные размеры мульды сдвижения в плане 160 м в каждую сторону (рис.2).

Эпюры подчеркивают высокую интенсивность вертикальных смещений в непосредственной близости от конструкций фундамента (горизонтальный участок эпюры описывает смещения дна коробчатого фундамента) и последующее резкое уменьшение оседания поверхности при удалении от фундамента.

Вдоль зданий оседание грунтового массива неравномерно при неравномерном нагружении фундамента при опережающем возведении 12 этажей на части площади фундамента. Фундамент получает некоторый крен в сторону большей нагрузки, а противоположная повышенной нагрузке сторона может испытывать некоторый подъем.

Выводы

1. Основная часть вертикальных смещений от строительства высотного здания реализуется на этапе сооружения коробчатого пятиэтажного фундамента согласно технологии «top-down» и может достигать 0,29 м при размерах мульды оседания в плане 140-150 м. Зона интенсивных осадков (0,15-0,29 м) реализуется на расстоянии 7-10 м от фундамента.

2. После завершения строительства максимальные смещения могут вырасти до 0,45-0,5 м (прирост 40 %) при практически неизменных размерах мульды оседания в плане; зона интенсивных смещений (0,15-0,5 м) располагается на расстоянии 12-14 м от фундамента (прирост 40-60 %), размеры мульды оседания в плане 12-14 м (прирост 40-60 %).

3. По сравнению с типовыми вариантами фундаментов под высотные здания (плитно-свайными и кустами свай) вертикальные смещения вырастают в 2-2,5 раза, при этом их величина резко падает к границам мульды сдвижения, тогда как в случае свайных фундаментов смещения плавно реализуются к границам мульды. Стоит отметить, что зона влияния фундаментов (свайных и коробчатых) в плане фактически остается неизменной.