

УДК 69:624.15:624.13

Хозяйкина Н.В., А.Ф. Косолапов, к.т.н., доц.,  
Дымченко Е.Н., студ. гр. ПБ-15-1м  
*Государственное ВУЗ «Национальный горный университет»,  
г. Днепрпетровск, Украина*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БОЛЬШЕРАЗМЕРНЫХ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ВОДОНАСЫЩЕННОГО ГРУНТА**

За последние годы в строительной практике современных инженерных сооружений широко используются в качестве различных фундаментных конструкций железобетонные балки и плиты. Наибольшее распространение нашли плоские (безбалочного типа) плитные фундаменты.

Устройство фундаментов связано с большими затратами. Их стоимость колеблется от 5 до 25 % стоимости всего сооружения [1]. Поэтому вопрос создания надёжных и в то же время экономичных фундаментных конструкций имеет большое практическое значение и является в настоящее время весьма актуальной задачей.

Одним из путей повышения эффективности любого инженерного сооружения является совершенствование существующих методов расчёта, позволяющих максимально использовать прочностные свойства грунтового основания за счёт приближения расчетных схем к действительным условиям работы сооружений.

Цель работы состоит в определении оптимальных размеров фундаментной конструкции.

Основная идея работы заключается в установлении закономерностей величины осадки здания от параметров фундаментной конструкции.

Предмет исследований – напряженно-деформированное состояние системы «здание - фундаментная конструкция - грунтовое основание».

Объектом исследований является проект здания Учебно-тренировочного центра корпус «Г» Запорожской АЭС, далее УТЦ «Г».

УТЦ «Г» – Национальный центр подготовки ремонтного персонала ГП НАЭК «Энергоатом» с размещением в нём технологического оборудования одного контура гермозоны реакторного отделения, систем питания автоматики и сигнализации.

Согласно проекту УТЦ «Г» в плане имеет размер 71,3 x 54,0 м. Представляет собой каркасное здание со сталежелезобетонным каркасом и монолитным железобетонным ядром.

Монолитное железобетонное ядро - это имитатор герметичной части реакторного отделения, включающий шахту реактора, шахту мокрой перегрузки, бассейн выдержки, бокс парогенератора и другие помещения.

Железобетонное ядро по высоте располагается от отметки -1,500 до отметки +23,200 и обеспечивает горизонтальную жесткость всего здания.

Железобетонные ограждающие конструкции имитатора повторяют конфигурацию помещений действующих реакторных отделений и являются имитацией планировочных решений. На несущих конструкциях перекрытий размещают технологическое оборудование.

Фундаментом каркаса обстройки и имитатора гермозоны является сплошная монолитная железобетонная плита толщиной 2,4 м на бетонной подбутке толщиной 2,1 м, основанием которой служат песчаные грунты естественного залегания. План фундамента показан на рис. 1.

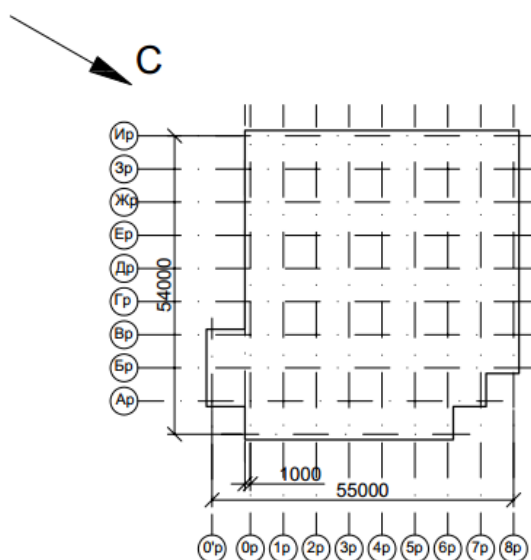


Рис. 1. План фундамента здания УТЦ «Г»

При проектировании было учтено наличие в основании проектируемого сооружения рыхлых зон в песках насыпных и естественного залегания, обладающих высокой деформативностью и неравномерной сжимаемостью. Присутствие рыхлых песков в качестве основания потребует специальной инженерной подготовки и устройство подбутки.

Таким образом, в соответствии с проектом подбутка выполнена из бетона, на которую уложена фундаментная плита с размерами в осях, указанных на рис. 1. Фундаментная плита выполнена из бетона марки В 22,5.

По результатам геологических изысканий установлено, что грунтовым основанием фундамента здания УТЦ «Г» являются мелкие пески естественного сложения, средней плотности и плотные.

Абсолютная отметка среднегодового уровня подземных вод по результатам стационарных наблюдений - 18,33 м.

Обеспечения прочности и устойчивости грунтовых оснований недостаточно для нормальной эксплуатации возведенных на них зданий и сооружений. Это обусловлено тем, что вследствие неравномерности осадок фундаментов, их кренов, прогибов, выгибов и иных деформаций имеет место

перераспределение усилий в конструкциях сооружения. Это либо затрудняет нормальную эксплуатацию сооружения, либо приводит к его частичному или полному разрушению [2, 3].

Для этого следует оценить реальные условия работы плитных фундаментов, которые резко отличаются от контактных условий. Эти условия особенно касаются фундаментов большеразмерных зданий современных конструкций (каркасных, крупнопанельных и т.д.), т.к. надфундаментные строения отличаются значительной жесткостью и неподвижно закреплены в плитные фундаменты [4, 5].

Расчет осадки здания корпуса УТЦ «Г» выполнялся путем численного моделирования в программном комплексе Лира 9.4. Основной задачей расчета является определение осадки здания в условиях сухого и водонасыщенного грунта. Рассматривалась большеразмерная фундаментная плита, которая устроена на бетонной подбутке, т.е. упругое основание [2, 5].

Поскольку мы рассматриваем упругое основание, то в первую очередь необходимо определить коэффициент постели  $C_1$  под центром фундамента или фундаментной плиты по заданным грунтовым условиям и нагрузке, который связывает интенсивность вертикального отпора грунта с его осадкой. Вычисление осадки производится по схемам линейного полупространства и линейно деформированного слоя [2, 4].

Таким образом, алгоритм расчета осадки здания состоял из трех этапов.

На первом этапе были определены коэффициенты постели  $C_1$  для двух условий состояния грунта (сухой и водонасыщенный грунт), которые далее необходимо учитывать при расчете осадки здания. Их расчет выполнен в приложении к ПК Лира 9.4 – пакет прикладных программ «Фундаментные конструкции и основания» для двух случаев (сухой и водонасыщенный грунт). Результаты расчетов составляют  $C_{1_{\text{сух}}} = 1216,75 \text{ т/м}^3$  и  $C_{1_{\text{в}}} = 1068,6 \text{ т/м}^3$ .

На втором этапе выполнено моделирование большеразмерной фундаментной конструкции проектируемого здания в ПК Лира 9.4. Расчетная схема представлена на рис. 2.



Рис. 2. Расчетная схема фундаментной плиты с бетонной подбуткой, где  $h_{\text{ф}} = 240 \text{ см}$  и  $h_{\text{подб}} = 210 \text{ см}$ , согласно проектной документации

Назначив жесткость элементам, приложив к расчетной схеме заданную распределенную нагрузку  $P = 300$  тыс. т и указав для каждого из условий свой коэффициент постели  $C_1$  – выполняем расчет осадки фундамента, которая составила  $S_{u\text{ сух}} = 9,829$  см и  $S_{u\text{ в}} = 11,192$  см, что соответствует нормам [6] (осадка основания сооружения  $S_u \leq 30$  см, в том числе в период эксплуатации не более 10 см).

На третьем этапе численного моделирования выполнено обоснование параметров бетонной подбутки при расчете осадки здания для двух условий состояний грунтов. Нагрузка максимально приближена к реальным условиям нагружения проектируемого здания. Основная нагрузка сосредоточена в центре фундаментных конструкций. Высота подбутки варьировалась от 0 см до 400 см.

Результаты расчетов осадки фундамента здания с подбуткой в условиях сухого грунта показаны на рис. 3, а в условиях водонасыщенного – на рис. 4.

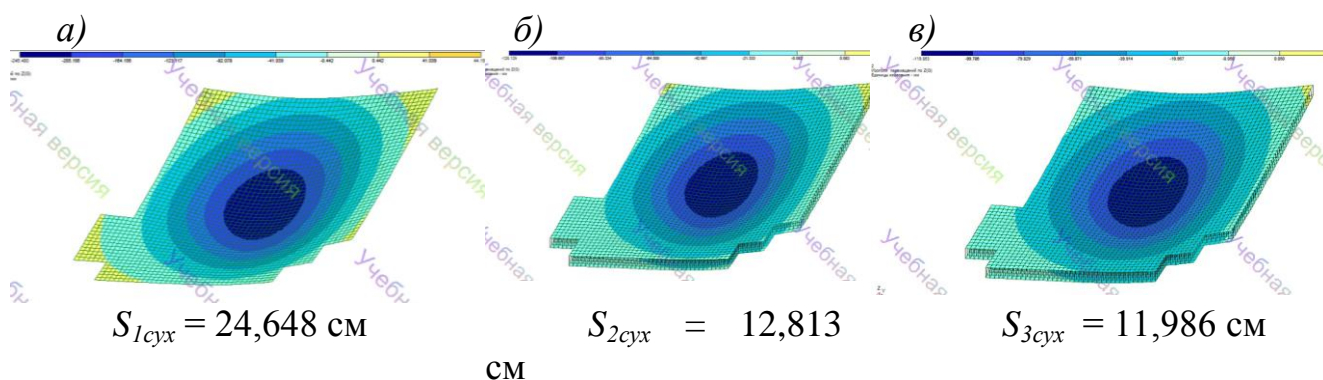


Рис. 3. Результаты расчета осадки здания в условиях сухого грунта:

а)  $h_{\text{подбут}} = 0$  см; б)  $h_{\text{подбут}} = 100$  см; в)  $h_{\text{подбут}} = 210$  см

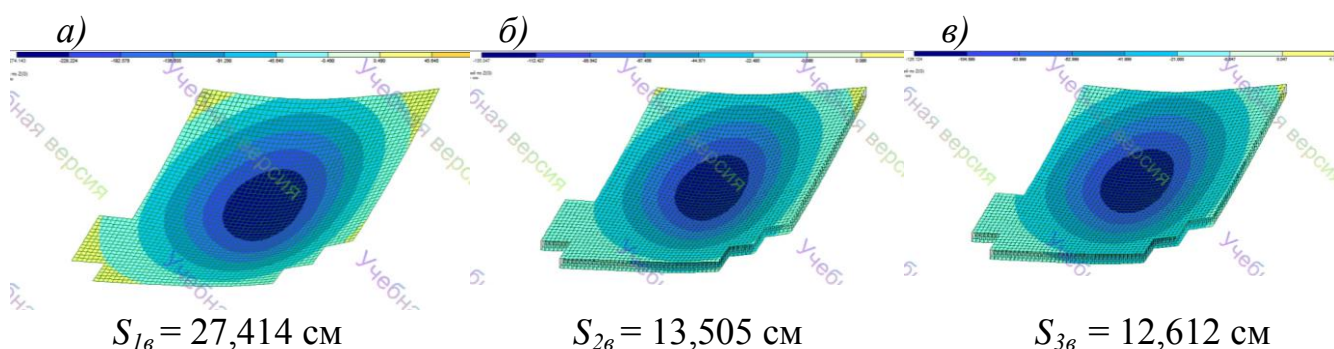


Рис. 4. Результаты расчета осадки здания в условиях водонасыщенного грунта:

а)  $h_{\text{подбут}} = 0$  см; б)  $h_{\text{подбут}} = 100$  см; в)  $h_{\text{подбут}} = 210$  см

Обработав результаты моделирования, построен график зависимости величины осадки здания от высоты подбутки, представленный на рис. 5.

Из графика видно, что величина осадки здания при высоте подбутки 100 см уже удовлетворяет нормативным документам [6], с учетом двух условий

состояния грунтов (сухой и водонасыщенный), что позволяет рассмотреть решение вопроса создания надёжных и в то же время экономичных фундаментных конструкций.

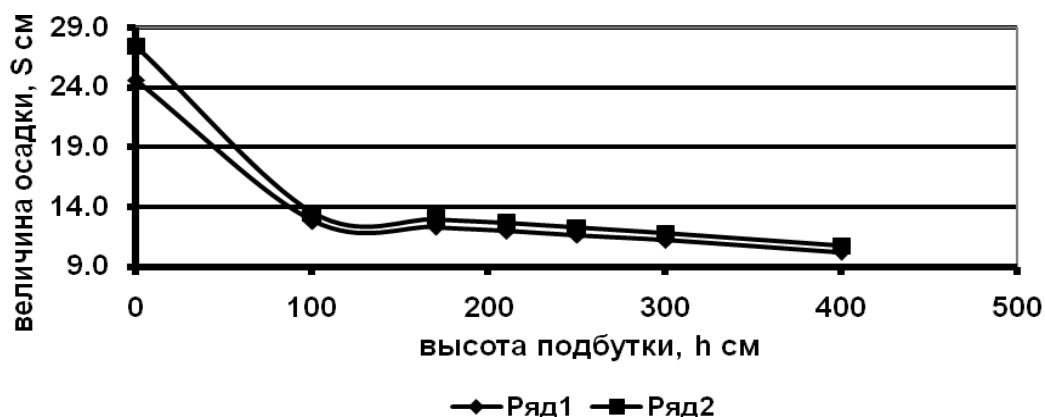


Рис. 5. График зависимости величины осадки здания от высоты бетонной подбутки: ряд 1 – грунт в сухом состоянии; ряд 2 – грунт в водонасыщенном состоянии

**Выводы.** Разработана модель системы «здание - фундаментная конструкция - грунтовое основание», что позволило в рамках модели упругой среды получить аналитическое фундаментальное решение задачи о напряженно-деформированном состоянии грунтовой толщи, находящейся под воздействием вертикальной распределенной нагрузки.

Определена величина осадки здания в условиях сухого и водонасыщенного грунта.

Выполнено обоснование параметров фундаментной конструкции и предложена оптимальная высота подбутки, равная 100 см, что позволяет обеспечить надежность и экономичность фундамента здания УТЦ «Г».

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электронный ресурс: <http://www.dissercat.com/content/raschet-plitnykh-fundamentov-mnogoetazhnykh-karkasnykh-zdaniy-s-uchetom-zhestkosti-nadfundam#ixzz44T0yoYgy>
2. СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений.
3. Шашенко О.М. Механіка ґрунтів: навчальний посібник / Шашенко О.М., Пустовойтенко В.П., Хозяйкина Н.В. // – К.: Новий друк, 2009. – 208 с.
4. ДБН В.2.1-10-2009 Основания и фундаменты сооружений.
5. Легенченко В. А. Влияние особенностей инженерно-геологического строения грунтового основания на величину вертикальных осадок большеразмерных фундаментов (на примере Запорожской АЭС): Магистерская дипломная работа, г. Днепропетровск, 2012, - 156 с.
6. ПиНАЭ-5.10-87. Правила и нормы в атомной энергетике. Основания реакторных отделений атомных станций/Госстрой СССР. - М., 1987.