

2. Анализ полученных данных показывает, что расчетные величины осадок, определённые с использованием программного комплекса «PLAXIS-3D» в основном несколько больше, чем осадки в тех же точках, вычисленные с использованием программы «LIRA-SAPR». Исключение – осадка центра плиты, где ее значение, вычисленное с помощью «LIRA-SAPR» в 1,12 раза превышает результат по «PLAXIS-3D». Следовательно, при выполнении расчетов с применением программы «LIRA-SAPR» мы вправе ожидать больших значений разности осадок, в том числе и относительной разности осадок. На момент наблюдений за осадками (окончание отделочных работ) их результаты значительно меньше расчетных (до 2,0 раз и даже более). Наиболее значительные осадки, как по результатам наблюдений, так и расчётов для торца здания (ось 1). Как отмечено выше, здесь сказывается влияние восьмизэтажной секции дома 9Б и наличием на глубине слабых грунтов. Как по результатам расчётов, так и по данным геодезических наблюдений величины осадок меньше предельно допустимых [3, с. 100].

#### Выводы

1. Осадки плитных фундаментов, полученные по результатам расчёта и по данным геодезических наблюдений различаются между собой и весьма значительно. Как правило, всегда больше расчетная величина осадки.

2. Развитие фактических осадок во времени на момент окончания всех строительных работ не дает основания на достижение их стабилизации.

3. Расчетные осадки, полученные с помощью программных комплексов «LIRA-SAPR» и «PLAXIS-3D» различаются между собой. Как правило, они больше при расчетах с использованием «PLAXIS-3D», но в обоих вариантах меньше предельно допустимых.

#### Список цитированных источников

1. Россихин, Ю. В., Битайнис А.Г. Осадки строящихся сооружений / Под редакцией А.М.Скудры. – Рига. Зинатне, 1980. – 339 с.

2. Руководство по проектированию фундаментных плит каркасных зданий. – М.: Стройиздат. – 1977. – 128 с.

3. ТКП 45–5.01–254–2012 (02250) Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. / Строительные нормы проектирования. – Министерство архитектуры и строительства РБ. – Минск. – 2012. – 104 с.

УДК [624.151(476.7)]

*Аношко-Мостовой Е. А.*

*Научный руководитель: д. т. н., профессор Пойта П. С.*

## ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИСКУССТВЕННЫХ ОСНОВАНИЙ ПЛИТНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Возведение зданий повышенной этажности на плитном фундаменте в условиях г. Бреста представляет собой сложную геотехническую и конструктивную задачу.

Основным критерием проектирования и устройства надежного основания и взаимодействующего с ним фундамента является эффективное распределение

напряжений, возникающих в основании с целью максимального перераспределения неравномерности деформаций и напряжений в надземных конструкциях здания. И одной из большого количества задач, которые необходимо решить для достижения этой цели (геометрия возводимого здания; жесткость надземных конструкций; пространственная совместная работа грунтов основания с фундаментом и др.), является адекватная оценка данных инженерно-геологических изысканий, напластования грунтов [1, с. 114].

В системе «основание – фундамент – надземные конструкции зданий и сооружений» важнейшую роль в сохранении их целостности, как в период строительства, так и в период эксплуатации играют основания. От прочности грунтов, слагающих основания, степени деформируемости под нагрузкой зависит надежность построенного на них здания.

Инженерно-геологические исследования грунтовых условий строительной площадки в Юго-Западном микрорайоне № 1 (ЮЗМП–1) г. Бреста представлены значительным числом генетических типов отложений [2, с. 6]. К ним относятся почвенные образования (SIV) – растительный слой мощностью 0,1...0,15 м, аллювиальные и озеро-болотные отложения (а, 1, bIV), представленные песчаными грунтами различной крупности, супесями, суглинками, торфами; озерно-аллювиальные отложения (1, а, m, P<sub>z</sub>), состоящие из песков различной крупности, суглинков и супесей. По данным статистического зондирования установлено, что песчаные грунты относятся к малопрочным, средней прочности и прочным, а глинистые – к малопрочным и средней прочности.

Грунтовые воды вскрыты на глубине 0,1...1,0 м. от дневной поверхности. Физико-механические характеристики грунтов, принятых в качестве оснований фундаментов зданий представлены в таблице 1.

Прогнозируемый уровень принят на глубине 3,4 м ниже подошвы фундамента. В связи с этим удельные веса грунтов оснований приняты с учетом взвешивающего действия воды. Грунтовые воды не агрессивны по отношению к материалу фундамента.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики грунтов оснований

№ п/п	Наименование грунта основания	Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>	Параметры прочности		Модуль деформации, E, МПа
			φ, град	C, КПа	
1	2	3	4	5	6
1	Песчано-гравийная подушка (ПГС)	16,0	37,0	2,0	20,0
2	Песок пылеватый средней прочности	10,2	30,0	4,0	19,0
3	Песок пылеватый прозрачный	10,7	34,0	5,5	26,0
4	Песок средней крупности средней прочности	10,2	35,0	1,0	26,0
5	Песок мелкий средний прочности	9,8	31,0	1,3	17,0
6	Песок средней крупности средней прочности	10,6	37,0	2,0	43,0

Особенностью строительной площадки ЮЗМР–1 г. Бреста является то, что ее рельеф ровный, перепады точек на поверхности не превышают 0,7 м. Вместе с тем, учитывая абсолютные отметки поверхности площадки, величину планировочной отметки, глубину заложения подошвы фундамента, назначенную с учетом наличия технического этажа, а также наличие слабых грунтов под почвенно-растительным слоем, требующих удаления либо упрочнения, необходимым является подготовка искусственной насыпи мощностью до 4,0 м. Проектной организацией (УПР КУП «Брестжилстрой») было принято решение об устройстве песчано-гравийной подушки, отсыпаемой слоями 0,2...0,3 м с уплотнением каждого слоя до коэффициента уплотнения  $k_{com} = 0,95$ . Второй особенностью является то, что на глубине 6,0...6,5 м. от подошвы фундамента были обнаружены суглинки текучие с показателем текучести  $J_L = 1,21$ , но которые не были учтены в расчетах. Существует много предложений об определении глубины активной зоны, величина которой в выполненных нами расчетах колеблется от 8,5 до 40,0 м, но при любом подходе к определению нижней границы сжимаемой толщи суглинки текучие попадают в зону сжимаемой толщи, в пределах которой определяется осадка фундамента [3, с. 75; 4, с. 113; 5, с. 31].

С учетом вышеизложенного нами проработаны пять вариантов искусственных оснований, устраиваемых в пределах сжимаемой толщи, с определением напряжений, деформаций, разности осадок, кренов, относительных узлов закручивания для каждого варианта. При рассмотрении каждого из них предусматривали удаление почвенно-растительного слоя, а в отдельных случаях – удаление расположенных ниже слабых грунтов.

Нами были рассмотрены следующие варианты искусственных оснований:

1) уплотнение тяжелыми трамбовками грунтов, включая и слабые с последующей послойной подсыпкой песчано-гравийной смесью с уплотнением катками [4, с. 265; 5, с. 22];

2) отсыпка ПГС до проектной отметки с учетом понижения поверхности после уплотнения всей толщи тяжелыми трамбовками;

3) удаление слабых грунтов с дальнейшей отсыпкой ПГС и уплотнения тяжелыми трамбовками;

4) устройство песчаных свай на глубину, превышающую мощность суглинков текучих, то есть на глубину 9,0 м;

5) устройство подушки из ПГС на всю толщу, включая слабые грунты, с регулируемыми параметрами деформируемости грунта. Для всех вариантов оснований был запроектирован фундамент в виде сплошной железобетонной плиты, размерами в плане  $15,0 \times 27,6$  м и высотой:  $h = 500$  мм.

При численном анализе совместной работы системы «основание–фундамент – здание» выполненного с применением программного комплекса «LIRA–SAPR» были получены изополя осадок, прогибов плиты, по направлениям осей X и Y, напряжений, крутящих моментов. Кроме того, в пределах пятна фундамента было определено 97 точек, в которых получены конкретные значения осадки, коэффициентов постели, глубины сжимаемой толщи, усредненных значений модуля деформации и коэффициента Пуассона.

Эффективность каждого варианта оценивалась как с точки зрения технической целесообразности (минимальные внутренние усилия в плите, минимальная относительная разность осадок, минимальные прогибы плиты), так и с экономической точки зрения (сметная стоимость системы «основание – фундамент», трудоемкость работ каждого варианта, приведенные затраты). Анализ этих показателей позволил установить, что самым эффективным из рассмотренных вариантов является вариант плитного фундамента искусственным основанием с регулируемыми показателями деформируемости грунтов (таблица 2).

Это утверждение базируется на подборе модулей деформации уплотняемого слоя таким образом, чтобы осадки в периферийной и средней зонах плиты были практически одинаковы. Таким образом достигается равенство нулю либо минимальное значение относительной разности осадок.

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели вариантов искусственных оснований

№п/п	Наименование показателей	Единицы измерения	Варианты				
			1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Продолжительность выполнения работ	дни	9	9	18	53	17
2	Затраты труда рабочих	чел-часы	280	281	562	59,269	338
1	2	3	4	5	6	7	8
3	Основная заработная плата рабочих	тыс. руб.	0,997	0,997	2,955	59,269	1,958
4	Суммарные дисконтированные затраты	тыс. руб.	16,45	15,99	26,62	340,68	13,96
5	Годовые издержки в сфере эксплуатации	тыс. руб. /год	0,10	0,10	0,16	21,58	0,09
6	Сметная стоимость	тыс. руб.	14,78	14,84	24,68	3237,13	12,94

Выполненные расчеты осадок плитного фундамента при различных значениях Е подтвердили целесообразность устройства основания с регулируемыми показателями деформируемости.

#### Выводы

1. По результатам численного анализа развития относительной разности осадок оснований плитного фундамента установлено, что самые минимальные их значения характерны для оснований, выполненных по варианту пять, т. е. с регулируемыми параметрами деформируемости.

2. Минимальные величины осадок имеют место в третьем варианте устройства оснований, однако в этом случае весьма значительны относительные неравномерные осадки.

3. Наиболее выгодным по стоимости производства работ является пятый вариант оснований, а по трудозатратам – первый и второй варианты.

4. Обобщая полученные результаты, можно утверждать, что использование подхода к устройству оснований с регулируемыми параметрами деформируемости грунтов во всех практически случаях позволяет снизить, если не исключить относительную разность осадок при устройстве и других фундаментах, а не только плитных.

#### **Список цитированных источников**

1. Кудрявцев, С. А., Склярова, К.М. Анализ напряжённо-деформированного состояния оснований плитных фундаментов зданий повышенной этажности в инженерно-геологических условиях г.Хабаровска / С. А. Кудрявцев, К. М. Склярова // Вестник ТОГУ. – 2012. – № 3 (26). – с.113–120.
2. Отчёт по результатам инженерно-геологических изысканий // Многоквартирный жилой дом в микрорайоне ЮЗМР–1 г. Брест / ОАО «Брестпроект». – 2022. – 26 с.
3. Гольдштейн, М. Н. Расчеты осадок и прочности оснований зданий и сооружений / М. Н. Гольдштейн, С. Г. Кушнер, М. И. Шевченко. – Киев, «Будивельник». – 1977. – 208 с.
4. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. – М. : Издательство АСВ, 2014. – 728 с.
5. Пойта, П. С. Основания и фундаменты: учебное пособие / П. С. Пойта, П. В.Шведовский, Д. Н.Клебанюк. – Минск : Вышэйшая школа, 2020. – 400 с.

УДК 69:004.92

**Бубликов В.С.**

*Научный руководитель: ст. преподаватель Бочарова Н. В.*

### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДВУХЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА (3D-МОДЕЛЬ) СО СТЕНАМИ ИЗ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Реализацию информационного моделирования зданий можно осуществлять с помощью специализированных САПР, таких как Revit, ArchiCAD, Tekla, Renga и дополнительных пакетов, например, Blender.

Blender – это полностью интегрированный пакет для создания 3D-контента, предлагающий широкий спектр основных инструментов, включая Моделирование, Визуализацию, Анимацию и монтаж, Видеомонтаж, VFX, Композитинг, Текстурирование и многие типы Симуляций. Это кроссплатформенный интерфейс с графическим интерфейсом OpenGL, который един для всех основных платформ (и настраивается с помощью скриптов Python), высококачественная 3D-архитектура, обеспечивающая быстрый и эффективный рабочий процесс.

Основная работа в Blender происходит в окне «3D View». Именно в нем создаются, редактируются и размещаются объекты. При первом запуске в окне отображается сцена с минимальным количеством необходимых объектов: камерой, источником света и кубом [1].

В настоящее время широко применяется компьютерное моделирование, когда описание объекта или явления сохраняется в памяти компьютера, при этом используются специальные программы. В свою очередь, компьютерное моде-