

7. Тур, Э. А. Реставрация Коссовского дворца Пусловских и решение возникших при этом технических проблем / Э. А. Тур, В. Н. Казаков, С. В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2017 – № 1: Строительство и архитектура. – С. 128–131.

8. Тур, Э. А. К вопросу о сохранении объектов историко-культурного наследия в г. Бресте / Э. А. Тур, С. В. Басов // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2018. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 17–21.

9. Тур, Э. А. Комплексные научные исследования фасадов костела святых Петра и Павла в д. Рожанка Гродненской области / Э. А. Тур, С. В. Басов, Е. В. Счасная, В. В. Тричик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2020. – № 1: Строительство и архитектура. – С. 147–152.

10. Тур, Э. А. Руины усадьбы «Наднёман» в д. Наднёман Узденского района Минской области как объект историко-культурного наследия / Э. А. Тур, В. Н. Казаков, С. В. Басов, В. В. Тричик // Реставрация историко-культурных объектов как сохранение культурного наследия Республики Беларусь: сб. статей науч.-технич. семинара, Брест, 30 сентября 2020 г. / Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: под ред. Э. А. Тур [и др.]. – Брест, 2020. – С. 103–113.

УДК 624.14+624.139

Тричик В. В.

Научный руководитель: к. т. н., профессор Шведовский П. В.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ФУНДАМЕНТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА УПЛОТНЕННЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЯХ

Сегодня в строительной отрасли одной из важнейших является задача повышения эффективности фундаментостроения путем снижения их материалоемкости и, как следствие, снижение общей ресурсоемкости их возведения и повышение эксплуатационной надежности.

Существующие в настоящее время методы расчета наиболее часто применяемых плитных фундаментов, из-за разнообразия прочностных и деформативных свойств грунтовых оснований, не в полной мере соответствуют фактическому напряженно-деформируемому состоянию фундаментных конструкций и основания. Это в ряде случаев приводит к перенапряжению в расчетных сечениях конструкций фундаментов и неравномерности их осадок, которые обуславливают снижение прочности и долговечности, а в некоторых случаях могут привести их к аварийному состоянию.

В настоящее время можно выделить ряд общих принципов совершенствования фундаментных конструкций:

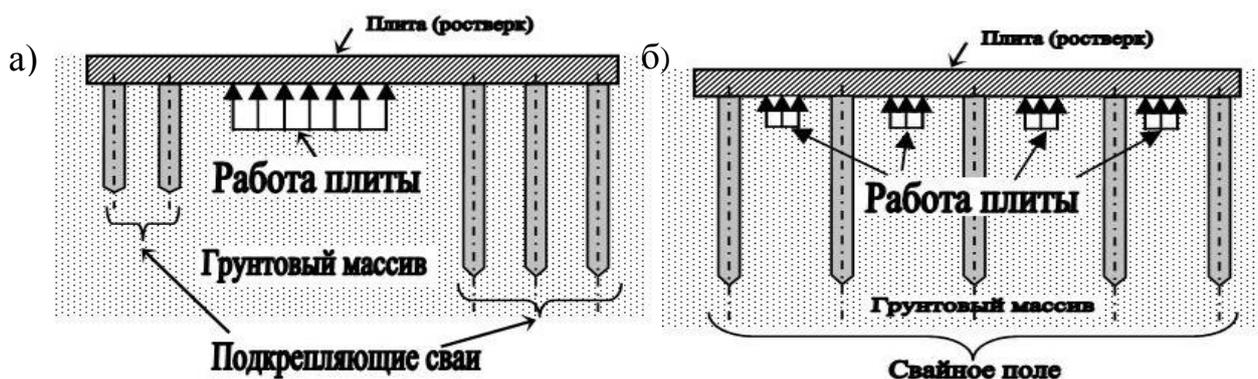
- снижение веса фундаментов и соответственно расхода материалов на единицу несущей способности;
- снижение трудоемкости на их изготовление;
- создание новых конструкций, позволяющих вовлечь в работу максимальный объема грунта, и получить более равномерное напряженное состояние массива грунта в основании фундаментов, а также снизить концентрацию напряжений на границе фундамент-основание.

Одним из возможных путей реализации названных принципов является применение в качестве площадных фундаментов тонкостенных конструкций в виде вогнутых, либо выпуклых, по отношению к грунту, оболочек [1, 2]. На сегодня известен целый ряд эффективных, с низкой материалоемкостью, тонко-

стенных конструкций фундаментов в виде пологих оболочек [3, 4, 5]. Перспективным решением является и применение железобетонных плит с выпуклой поверхностью опирания. При выпуклой поверхности опирания реактивные напряжения распределяются по ширине подошвы более с максимальными значениями в центре сечения плиты и минимальными по ее краям. При этом напряженно-деформированное состояние грунтового основания под плитами с выпуклой подошвой кардинально отличается от напряженно-деформированного состояния под плитами с плоской подошвой.

Не менее существенен и вопрос достоверности и точности определения характеристик грунтовых оснований. Как показывает анализ существующей нормативной литературы сегодня отсутствуют методики интерпретации компрессионных испытаний (переводной коэффициент от компрессионного к общему модулю деформации) и определения механических свойств грунтов (E , c и φ) по результатам статического и динамического зондирования.

Одной из наиболее эффективных разработок в области высотного фундаментостроения являются плитно-свайные фундаменты (ПСФ), представляющие собой монолитную плиту, подкрепленную сваями того или иного типа и расположенными в виде свайного поля, лент, кустов или одиночных свай (рисунок 1).



*а – с подкрепляющими сваями; б – со свайным полем
Рисунок 1 – Общие виды плитно-свайных фундаментов*

Определяющим признаком ПСФ, однако, является не сам факт наличия двух компонент – плитной и свайной, а то, что обе компоненты фундамента являются несущими, обеспечивая непосредственную передачу нагрузки от надфундаментной конструкции на грунт основания: сваи – нижним концом и боковой поверхностью, плита – подошвой.

Для возможности включения в работу на отпор грунта плиты-ростверка необходимо наличие, как минимум, двух условий (помимо очевидного требования непосредственного опирания ростверка на грунт):

- свайная компонента ПСФ должна обладать определенной податливостью, т. е. развитием осадки под нагрузкой;
- в монолитной плите-ростверке должны быть участки, достаточно удаленные в плане от свай.

Первое требование означает, в частности, что к ПСФ не могут быть отнесены свайные фундаменты со сваями, опирающимися на прочные несжимаемые грунты, исключающими возможность развития осадок.

Второе требование отражает тот факт, что полноценный отпор по подошве ростверка может реализоваться лишь на участках, достаточно удаленных от свай, вне зоны их влияния. Такое влияние проявляется в вовлечении околосвайного грунта в общую осадку со свайей, формировании «осадочной воронки».

Выявленные особенности при проектировании требуют соблюдения следующих основных принципов [6, 7, 8, 9]:

- стремиться создавать подземный объем такой, чтобы вес вынутаго грунта был равен весу здания;
- снижать давление по подошве фундамента путем увеличения его площади за счет создания коробчатого фундамента и развития по площади подземной и стилобатной частей здания;
- нагрузку на фундаменты передавать симметрично относительно центральной оси, используя соответствующую конструктивную схему здания;
- жесткостные элементы (монолитные стены, лестничные клетки, лифтовые шахты и т. п.) располагать симметрично относительно центральной оси;
- глубина заложения подошвы фундамента здания должна возрастать при увеличении высоты здания;
- применять (при возможности) пирамидальную форму здания;
- при увеличении высоты здания снижать предельно допустимое значение осадки фундамента.

При проектировании СПФ приходится учитывать взаимодействие между грунтом основания, сваями и плитой. По сравнению с традиционными методами расчет и проектирование СПФ требует применения более сложной модели взаимодействия между основанием и сооружением.

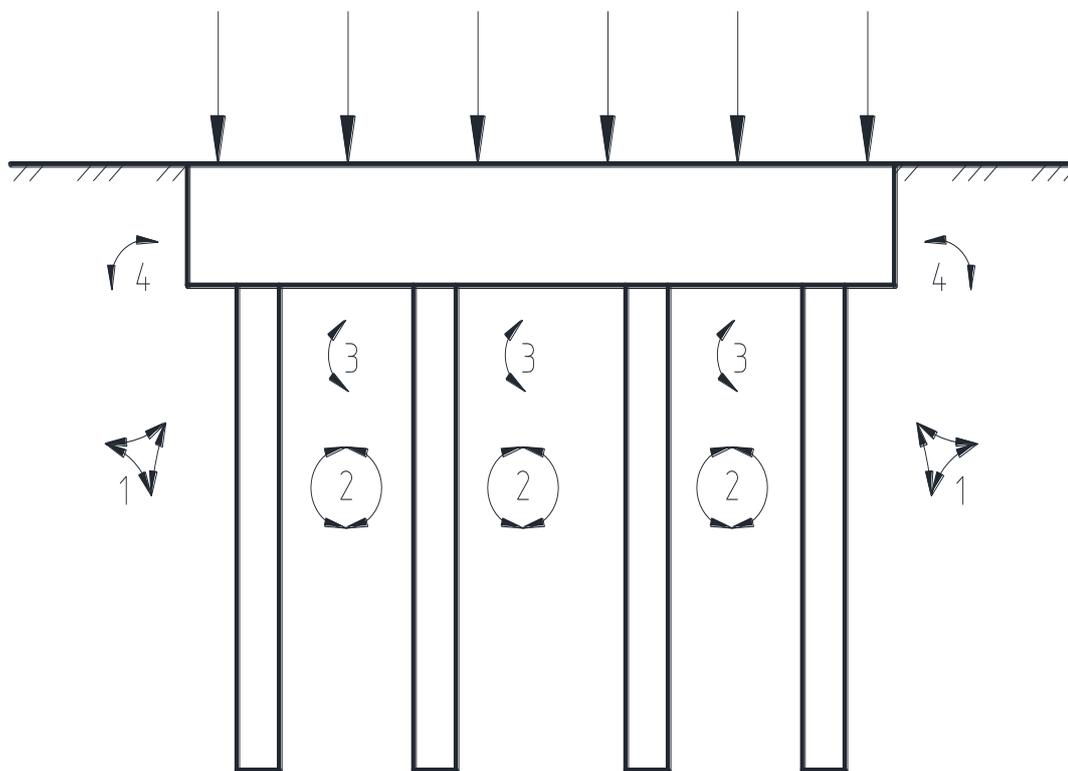
На основе накопленного опыта в настоящее время выработаны следующие положения для проектирования СПФ:

- применять несколько длинных свай вместо большого количества коротких;
- сваи располагать в зоне действия нагрузки;
- при расчёте несущей способности свай по материалу и их конструировании следует учитывать перегруженность угловых и периметральных свай относительно центральных;
- мероприятия по сохранению естественного состояния грунта под плитой должны являться составной частью проекта;
- между плитной частью ростверка и сваями выполнять зазор, который после включения фундаментной плиты в работу замоноличивается.

Исследования взаимодействия свай [2, 10, 11] показали, что лучше использовать меньшее количество свай и располагать их в зоне приложения нагрузки (под колонной или пилоном), чем большее количество свай и высокий ростверк.

Для выравнивания нагрузки между центральными и периметральными сваями последние выполняются более короткими, возможно также повышение несущей способности (жесткости) центральных свай по боковой поверхности или по нижнему концу путём инъекции цементного раствора или предварительного обжатия грунта под нижним концом свай [3].

Следует также отметить, что и механическая работа свай в составе как большеразмерной группы, так и одиночных свай, существенно различается. При этом, жесткость групп свай в составе с плитой меньше жесткости одиночных свай, а жесткость плиты со сваями – меньше жесткости плиты без свай. Это определяет необходимость при проектировании фундаментов рассматривать систему «основание-фундамент» с четырьмя видами взаимодействий элементов конструкции (рисунок 2).



1 – свая-грунт; 2 – свая-свая; 3 – плита-свая; 4 – плита-грунт
Рисунок 2 – Схема взаимодействий элементов в системе «основание-фундамент»

Отсюда основную роль в поведении такой сложной многокомпонентной системы играет распределение нагрузки между свайной и плитной составляющих, которое выражается уравнением

$$L_p = \sum \frac{P_{pile}}{P_{tot}}, \quad (1)$$

где P_{pile} и P_{tot} – соответственно нагрузки на свайную составляющую и общая нагрузка.

Проблема определения свайной составляющей нагрузки обусловлена качественным отличием взаимодействия свайных полей и свайных групп с грунтовым массивом.

По данным натурных наблюдений Р. Катценбах [12] составил график работы плитно-свайных фундаментов, характеризующий распределение нагрузки между плитой-ростверком и свайным полем (рисунок 3).

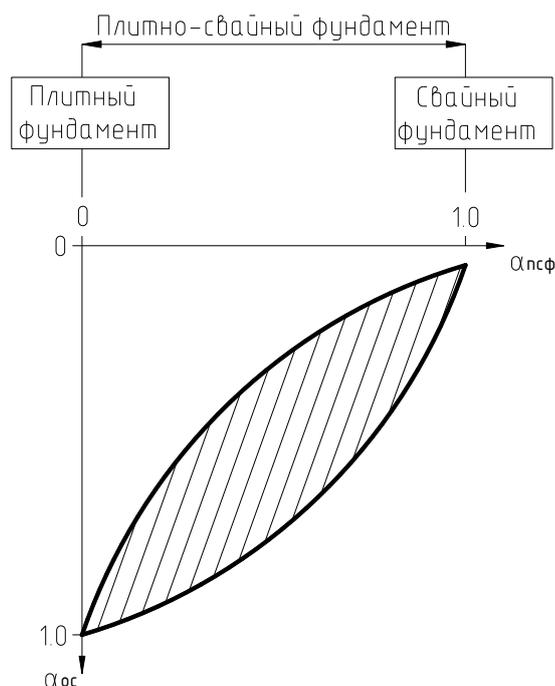


Рисунок 3 – График работы плитно-свайных фундаментов

Распределение нагрузки определяется коэффициентом:

$$\alpha_{псф} = \sum \frac{R_{сваи}}{R_{общ}}, \quad (2)$$

где $R_{сваи}$ и $R_{общ}$ – соответственно несущая способность свайного поля и общая несущая способность фундамента, зависящим от коэффициента соотношения осадок, – $\alpha_{ос} = \frac{S_{псф}}{S_{пф}}$, где $S_{псф}$ и $S_{пф}$ – соответственно величины осадок плитно-свайного и плитного фундаментов. При этом коэффициент $\alpha_{псф} = 0$ соответствует плитному, а $\alpha_{псф} = 1$ – свайному фундаменту.

Вывод

При свайных полях вовлекается в работу весь массив межсвайного грунта и отпор грунта препятствует смещению свай и концентрируется только в нижней части по острию и части ствола пропорционально шагу свай, что не характерно для одиночных подкрепляющих свай и свайных кустов.

Все это создает существенные трудности при проектировании фундаментов высотных зданий. Пакеты расчетных программ на основе метода конечных элементов, использующие модель упругой или упруго-идеально-пластической среды с условием текучести Кулона-Мора, не учитывают различий деформируемости и жесткости грунта от его напряженного состояния.

К настоящему времени имеется ряд теоретических и экспериментальных исследований в данном направлении, центральной идеей которых является передача нагрузки ростверком не только на сваи, но и на грунтовое основание, при наличии контакта, через его подошву, т. е. концепция использования плитно-свайных фундаментов, для которых характерно совместное действие обеих компонент-фундаментной плиты и свай – в передаче нагрузки на основание.

Список цитированных источников

1. Тур, В. В. Применение постнапряженных плоских плит при устройстве фундаментов на слабых грунтах / В. В. Тур / Сб. статей Междунар. НТС по геотехнике в рамках ISSMGE «Теория и практика внедрения еврокодов по геотехнике в европейских странах и Республике Беларусь»; БрГТУ – Брест, 2018. – С. 98 – 104.
2. Гусев, Г. Н. Численное моделирование силового взаимодействия плитно-свайного фундамента с грунтовым массивом / Г.Н. Гусев, А. А. Ташкинов // Вычислительная механика сплошных сред. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 359–363.
3. Бартоломей, Л. А. Повышение эффективности способов проектирования массивных плитных и свайных фундаментов / Л. А. Бартоломей, И. В. Глушков, А. Г. Кузнецов // Развитие городов и геотехническое строительство. – М., 2006. – С. 48–53.
4. Отчет о результатах исследования несущей способности Собіах-перекрытий из пустотелых блоков при нагрузке силами сдвига // Дормштадт: издательство Дормштацкого технического университета, 2008. – 37 с.
5. Чураков, А. Г. Двухосная пустотная плита с инновационными видами пустот / А. Г. Чураков // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2014. – № 6(21), С-Петербург. – С. 71–81.
6. Оржеховский, Ю. Р. Экспериментальное исследование плитно-свайного фундамента Ю. Р. Оржеховский, В. В. Лушников, А. С. Ярдаков // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. Строительные науки. – 2009. – Вып. 1. – С. 71 – 73.
7. Мирсаяпов, И.Т. Моделирование напряженно-деформированного состояния плитно-свайного фундамента при совместном деформировании с окружающим грунтовым массивом / И. Т. Мирсаяпов, Д. А. Артемьев // Вестник гражданских университетов. – С-Петербург, 2009. – № 2. – С. 121–124.
8. Шулятьев, О. А. Фундаменты высотных зданий / О.А. Шулятьев // Вестник ПНИПУ, «Строительство и архитектура». – М., 2014. – № 4. – С. 203–245.
9. Ильичев В. А. Принципы проектирования оснований и фундаментов высотных зданий, учитывающие их геотехнические особенности / В. А. Ильичев, В. П. Петрухин, В. И. Шейнин // Современное высотное строительство / ГУЦ «ИТЦ Москомархитектуры». М., 2007. – С. 255–261.
10. Петрухин, В. П. Эффект краевой сваи и его учет при расчете плитного ростверка / В. П. Петрухин, [и др.] // Развитие городов и геотехническое строительство. – М. : НИИОСП, 2007. – № 11. – С. 90–97.
11. Романов, О. М. Взаимодействие ростверка, свай и основания / О. М. Романов, Н. Ю. Анкяпец // Сб. научных трудов ПолКТУ. Полтава, 2012. – вып. 5(35). – С. 148–153.
12. Катценбах, Р. Опыт оптимизации стоимости фундаментов высотных зданий / Р. Катценбах, [и др.] // Научно-технический и производственный журнал. Жилищное строительство. – 2010. – № 5. – С. 7–13.

УДК 624.014.27

Тышкевич А. А., Цыбулько В. А.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Шурин А. Б.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМ ИЗ ГНУТОСВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ПО СНИП II-23 И ТКП EN 1993-1-8

Общеизвестно, что в стержневых конструкциях из труб при бесфасоночных узловых соединениях расход металла определяется предельными состояниями узловых соединений. Следует отметить, что методы оценки предель-