

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РЕШЕНИЯМ ФУНДАМЕНТОВ ПОД МНОГОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ НА НЕОДНОРОДНЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЯХ

Сегодня в строительной отрасли одной из важнейших задач является повышение эффективности фундаментостроения путем снижения их материалоемкости, общей ресурсоемкости возведения и повышение их эксплуатационной надежности.

Как показывает практика, фундаменты многоэтажных зданий не только создают давление на грунтовое основание порядка 300–700 кПа, но и вовлекают в работу большой примыкающий массив грунта, для которого обычно характерна значительная неоднородность по простиранию и глубине.

Повышенная и неравномерная деформируемость грунтового массива, особенно при неравномерности передачи на него нагрузок, обычно приводит к развитию чрезмерных осадок, прогибов и кренов фундаментных конструкций. Зачастую характерно и существенное развитие зоны деформации грунтового массива вне пятна здания, что обуславливает относительно замедленную стабилизацию осадок.

Поэтому в строительной практике массово под многоэтажные здания проектируют плитные фундаменты (ПФ), представляющие собой сплошную железобетонную плиту повышенной жесткости толщиной 0,6 м и более.

Некоторые ПФ проектируются в виде балочных и безбалочных бетонных или железобетонных плит, при этом ребра балочных плит могут быть обращены как вверх, так и вниз. Обычно ребра жесткости располагаются как по осям зданий, так и в местах действия максимальных продольных и поперечных сил и изгибающих моментов. Места их пересечения служат для установки колонн каркаса.

Применяются и фундаментные плиты переменной толщины с утоньшением в области краев, т. е. тонкостенные площадные конструкции в виде вогнутых или выпуклых, по отношению к грунту, оболочек или плит с выпуклой поверхностью опирания [1].

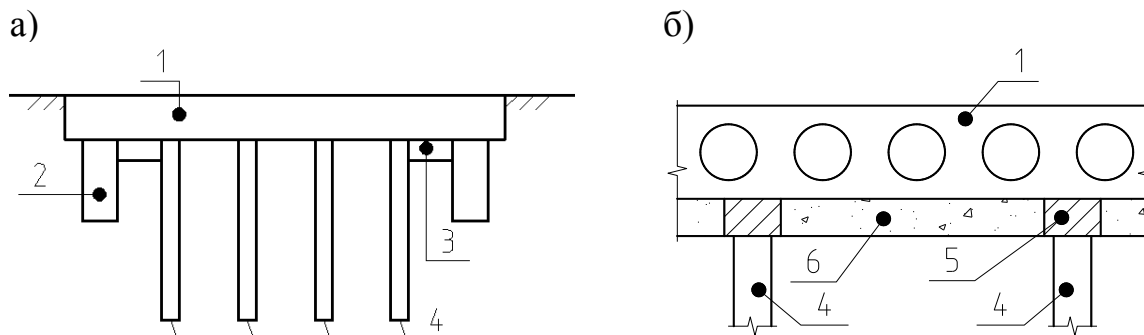
Однако наиболее эффективными являются плитно-свайные фундаменты (ПСФ), представляющие собой монолитную плиту, подкрепленную сваями того или иного типа и расположенными в виде свайного поля, лент, кустов или одиночных свай [2].

Рассматривая особенности работы ПСФ, следует отметить, что для повышения их несущей способности необходимо максимально включать в работу на отпор грунта плиту, что требует:

- непосредственного опирания плиты на грунтовый массив;
- наличия участков достаточно удаленных в плане от свай;

– определенной податливости свай, т. е. возможности осадки свай под нагрузкой.

Обеспечить эти условия позволяет устройство плитно-ребристых свайных фундаментов (ПРСФ) и фундаментов с раздельным сопряжением свай и плиты-ростверка (ПСРФ) (рисунок 1).



1 – плита-ростверк; 2 – периметральная вертикальная стенка;
3 – безопорные участки; 4 – свайное поле;

5 – полость заполненная низко модульным материалом; 6 – бетонная подготовка

Рисунок 1 – Конструктивная схема плитно-ребристого свайного фундамента (а) и с раздельным сопряжением свай и плиты-ростверка (б)

Обеспечению минимального уровня неравномерности вертикальных напряжений и соответственно неравномерности осадок может способствовать разнесенная схема размещения свайных рядов. Каждая из осей первого ряда свай расположенная со стороны поперечных стен, должна располагаться относительно их оси со смещением определяемым соотношением

$$y = (0,05..0,1) \frac{a}{d} \cdot H + d, \quad (1)$$

где a – расчетный шаг размещения свай, м; d – диаметр свай, м; H – толщина фундаментной плиты, м.

При этом сваи всех следующих рядов должны устанавливаться с меньшим шагом до линии, проходящей через центральную часть здания. Величину уменьшения шага необходимо назначать в соответствии с изменением вертикальных напряжений в зоне сопряжения несущих элементов с плитой-ростверком.

Конструктивно-технологической особенностью фундамента ПСРФ является то, что отдельные группы свай жестко объединены с плитой-ростверком, а все другие – через полости, заполненные низко модульными материалами. Такая схема объединения позволяет на начальном этапе включить в работу не только плиту-ростверк, но и часть свайных групп, расположенных в зоне максимальных усилий.

Для более существенной передачи нагрузки на плиту-ростверк и соответственно снижения осадки целесообразно рассматривать и вариант ПСФ с комбинацией коротких и длинных свай и с различной схемой их объединения – жесткая и полужесткая. При этом длинные сваи должны располагаться по осям

несущих элементов (стен) и объединяться с плитой-ростверком шарнирно с образованием зазора, равного половине осадки, допустимой для конструктивной схемы здания, заполняемого пористым легкосжимаемым материалом, а короткие – в промежутках между ними, объединяемые жестко с плитой-ростверком.

Не менее эффективны и ПСФ с пластической и силовой бетонной подготовкой (рисунок 2).

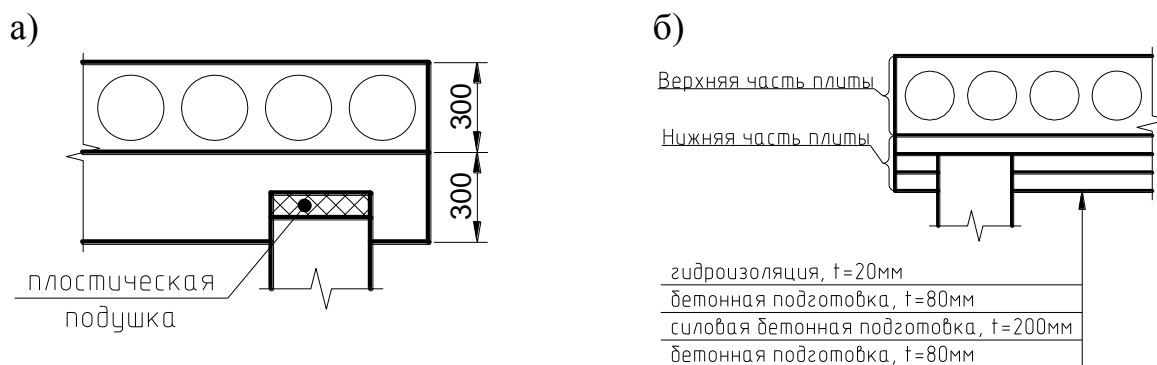


Рисунок 2 – Конструктивные схемы плитно-свайных фундаментов с пластической (а) и силовой бетонной подготовкой (б)

Расчет несущей способности и осадок ПСФ представляет собой решение задачи с пятью неизвестными: осадок фундамента, плиты и группы свай и доли нагрузок, передаваемых на основание сваями и плитой, с учетом условия, что предельное сопротивление грунта в основании, с выпором (сдвигом) его из-под подошвы, может быть реализовано только при осадках, значительно превышающих допустимые значения.

В европейских странах при расчетах и прогнозах несущей способности ПСФ используются двух- и трехуровневые факторы безопасности, которые являются аналогами коэффициентов надежности по нагрузке и грунту.

Большинство расчетных методов базируется на рассмотрении вертикального равновесия в предельном состоянии. Наиболее распространены методы Нордлунда, API, LCPC и «Империал колледж» [2, 3]. По методу Нордлунда, несущую способность по грунту, за счет сопротивления по боковой поверхности R_f и лобового сопротивления R_s , рекомендуется определять по зависимостям:

$$\left. \begin{aligned} R_f &= K_s \cdot C_F \cdot \sigma'_v \cdot \sin \delta \\ R_s &= \alpha_T \cdot N_q \cdot \sigma'_v \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где K_s – коэффициент бокового давления грунта; C_F – поправочный коэффициент для K_s , при условии $\delta \neq \varphi$; σ'_v – максимальное давление на уровне нижнего конца свай; δ – угол трения материала свай по грунту; α_T – геометрический параметр свай, равный $\alpha_T = f\left(\frac{Z}{b}\right)$; N_q – коэффициент несущей способности свай; z – расчетная глубина погружения свай; b – ширина свай.

Метод API является полуэмпирическим и несущая способность свай определяется зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} R_f &= \sigma'_v \cdot K_s \cdot \operatorname{tg} \delta \\ R_s &= \sigma_v(z) \cdot N_q \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $\sigma_v(z)$ – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи.

Метод LCPC позволяет определить несущую способность сваи на основании зависимости R_f от типа сваи, метода устройства и R_s . Метод «Империл колледж» базируется на величине радиального напряжения в зоне ниже конца сваи и

$$R_f = \sigma_{rf} \cdot \operatorname{tg} \delta, \quad (4)$$

где σ_{rf} – местное радиальное напряжение, равное

$$\sigma_{rf} = 0,029 \cdot R_s \left(\frac{\sigma_v}{P_a} \right)^{0,13} \cdot \left(\frac{h}{R} \right)^{-0,38}; \quad (5)$$

P_a – атмосферное давление и $P = 100$ кПа; R и h – радиус и длина заглубления сваи.

Метод «Империл колледж» является наиболее распространенным. Так как более полно учитывает грунтовые условия (расчетный диаметр фракций, форма и тип минеральных агрегатов, прочность материала), а также шероховатость поверхности свай и др.

Однако следует отметить, что если все эти предлагаемые конструкции и методы расчетов фундаментов в некоторой мере решают проблему допустимой осадки, то проблема выравнивания неравномерных осадок еще требует своего решения.

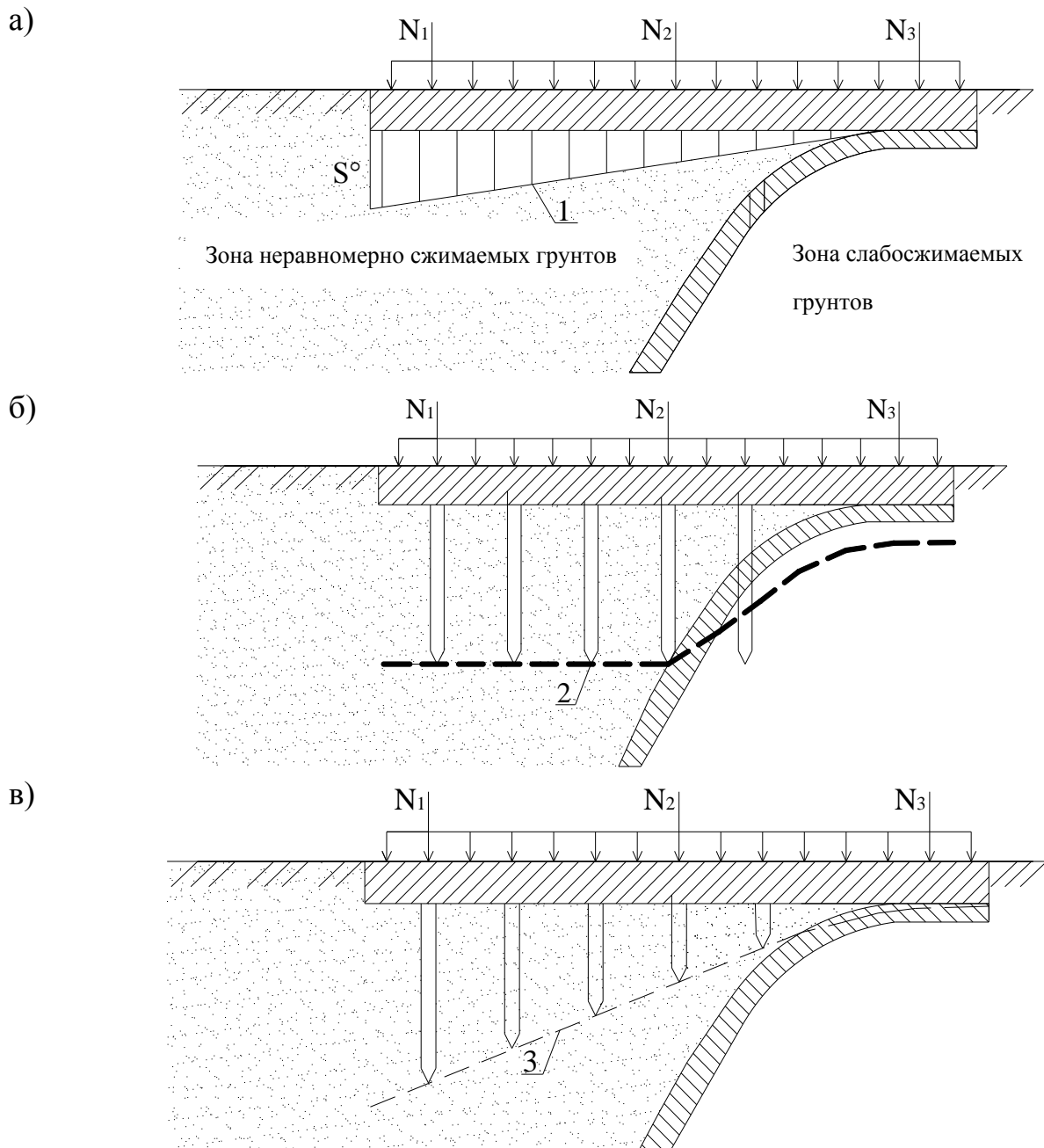
На рисунке 3 показаны особенности работы плитных (ПФ) и плитно-свайных фундаментов (ПСФ) на неоднородных грунтовых основаниях.

Анализ особенностей работы фундаментов ПФ и ПСФ позволяет отметить, что одним из определяющих этапов в проектировании является определение местоположения поверхности равной несущей способности, не только в плане и по глубине, но и поверхности с несущей способностью, обеспечивающей равномерную осадку, т. е. глубину погружения поддерживающих свай [4, 5].

Единственной основой для определения глубины погружения поддерживающих свай являются данные инженерно-геологических изысканий, дающие относительно достоверные сведения только в тех точках, где производился отбор проб или методами зондирования определялись расчетные характеристики грунтов. Во всех остальных точках грунтового полупространства свойства грунтов обычно устанавливаются интуитивно или методами математической интерпретации.

Поэтому решение проблемы фундаментостроения требует понимания, что не только неоднородное, но и любое грунтовое основание объективно является стохастической средой, т. е. пространственная неоднородность и стохастическая природа – это фундаментальное свойство любой грунтовой среды и для адекватного описания распределения его физико-механических свойств необходимо применение вероятностных методов, позволяющих разработать вероятностную модель грунтового основания, адекватно отражающую его неоднородность

и способную компенсировать неполноту знаний инженерно-геологических условий стройплощадки.



а – плитный; б – плитный на свайном поле;

в – плитно-свайный, обеспечивающий равномерную осадку;

1 – эпюра осадок; 2 – поверхность равной несущей способности;

3 – поверхность с несущей способностью, обеспечивающей равномерную осадку

Рисунок 3 – Особенности работы ПФ и ПСФ на неоднородных грунтовых основаниях

Выводы

Основными принципами совершенствования и оптимизации фундаментных конструкций под многоэтажные здания на неоднородных грунтовых основаниях на сегодня являются:

– снижение массы фундаментов и расхода материалов на единицу несущей способности;

- снижение трудоемкости устройства фундаментных конструкций;
- создание конструкций, позволяющих вовлечь в работу максимальный объем грунта и получить более равномерное напряженно-деформированное состояние массива грунта в основании фундаментов и снизить концентрацию напряжений на границе «фундамент-основание»;
- уточнение расчетных схем грунтовых оснований.

Список цитированных источников

1. Особенности конструирования плитных и плитно-свайных фундаментов под каркасные и крупнопанельные многоэтажные здания / П. С. Пойта [и др.] // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2018. – № 1 (104) : Строительство и архитектура. – С. 58–64.
2. Плитно-свайные фундаменты как способ решения сложных геотехнических проблем / Ю. Р. Оржеховский [и др.] // Академ. вестник УралНИИпроекта, РААСН. – № 4 : Строительные науки. – 2013. – С. 83–86.
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. – 2006. – С. 48–53.
4. Шведовский, П. В. Пути повышения энергетической эффективности конструктивно-технологических решений в фундаментостроении / П. В. Шведовский, Д. Н. Клебанюк, П. С. Пойта / Инновационные решения проблем экономики знаний Беларуси и Казахстана : сборник материалов научно-практической конференции / Белорусский национальный технический университет. – Минск : БНТУ, 2016. – 136–137.
5. Клебанюк, Д. Н. Особенности оптимизации энергетической эффективности инженерных решений при выборе проектного варианта плитно-свайных фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях / Д. Н. Клебанюк, П. С. Пойта, П. В. Шведовский // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях : материалы научного семинара. – Брест : БрГТУ, 2017. – С. 43–47.

УДК 692.232.44

Вашкевич Р. И.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Черноиван Н. В.

ОБЛИЦОВОЧНАЯ ПАНЕЛЬ ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЛЯ УТЕПЛЕНИЯ ФАСАДОВ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЗДАНИЙ

Сегодня в Республике Беларусь эксплуатируется около 120 млн м² крупнопанельных жилых зданий, построенных по нормативам, действующим до 1994 года, когда сопротивление теплопередаче наружных стен не превышало $R = 1,0 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$. Обследования технического состояния таких зданий свидетельствуют о том, что после длительной эксплуатации жилищный фонд не отвечает современным требованиям по теплотехническим характеристикам [1]. Высокий уровень энергопотребления на отопление объясняется низким сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций эксплуатируемых жилых зданий. Авторами публикации для снижения трудоемкости производства работ по тепловой реабилитации фасадов эксплуатируемых крупнопанельных зданий предлагается применить теплоизоляционную облицовочную фасадную панель заводского изготовления (рисунок 1).