

Расчёт подошвы фундамента и факторы, влияющие на подбор его ширины

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является описание основных факторов, оказывающих влияние на подбор оптимальной ширины подошвы фундамента, а также выполнение её расчёта. Использованы поисковые, аналитические и сравнительные методы исследования. В результате определена оптимальная ширина фундамента и систематизированы основные факторы, определяющие выбор его параметров.

Ключевые слова: строительство, расчёт, ширина фундамента, подошва, удельное сопротивление.

Calculation of the base of the foundation and the factors influencing the selection of its width

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of the study is to describe the main factors influencing the selection of the optimal width of the foundation sole, as well as its calculation. Search, analytical and comparative research methods were used. As a result, the optimal width of the foundation was determined and the main factors determining the choice of its parameters were systematized.

Keywords: construction, calculation, foundation width, sole, resistivity.

1. Введение

Выбор ширины подошвы фундамента является одной из ключевых задач при проектировании оснований зданий и сооружений. От этого параметра напрямую зависят напряженно-деформированное состояние основания, осадка, устойчивость сооружения и экономичность конструкции. Недостаточная ширина приводит к превышению расчётных сопротивлений грунта, потерям несущей способности и рискам аварийных состояний. Чрезмерно завышенная, напротив, увеличивает расход материалов, усложняет производство работ и не имеет рационального обоснования с точки зрения инженерной экономики.

Ширина подошвы фундамента не является произвольной величиной или чисто геометрическим параметром: она выступает результатом комплексного учета расчётных нагрузок, характеристик грунтового массива, конструктивных решений надземной части и требований нормативных документов к надежности и долговечности сооружения.

В статье П.С. Пойта, Т.П. Шалобыта, А.А. Четырбок определяется влияние глубины заложения фундаментов и их габаритов на осадку [1]. В работе В.К. Голубевой приведены причины усиления фундамента, путем увеличения его ширины, а также разобраны основные аспекты данного метода усиления [2]. В публикации Е.А. Подколзиной исследуются зависимости массы фундамента и грунта на его уступах от ширины подошвы, также изложен порядок определения параметров фундамента [3]. В статье С.В. Иконина производится расчёт основных габаритов подошвы ленточного фундамента в бесподвальной части здания [4]. В работе М.М. Пахомовой описана методика расчёта параметров подошвы фундамента [5].

Целью исследования является описание основных факторов, оказывающих влияние на подбор оптимальной ширины подошвы фундамента, а также выполнение её расчёта.

В результате определена оптимальная ширина фундамента и систематизированы основные факторы, определяющие выбор его параметров.

2. Аспекты определения ширины фундамента

Выбор ширины подошвы предполагает согласование расчётных требований с конструктивными и экономическими решениями.

С конструктивной точки зрения ширина должна обеспечивать рациональную работу материала фундамента. Например, для ленточных фундаментов (рис. 1) чрезмерное увеличение ширины при малой высоте может привести повышению изгибающих моментов и снижению трещиностойкости. Для отдельно стоящих фундаментов под колонны ширина определяет не только площадь опирания, но и высоту блоков, схему армирования, необходимость ступенчатого решения и возможность применения типовых изделий.

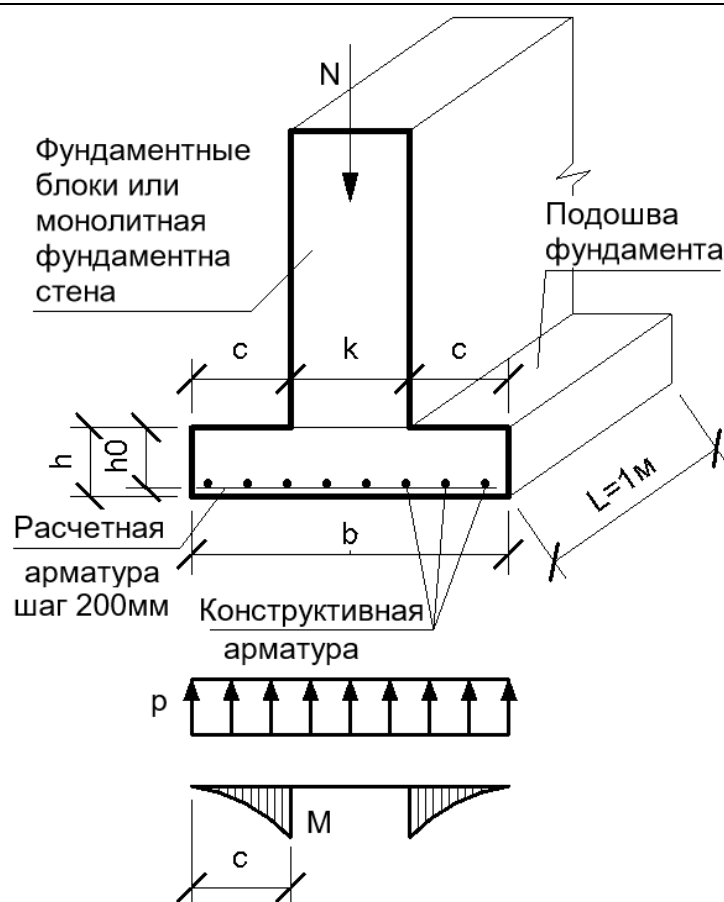


Рисунок 1. Ленточный фундамент в разрезе

С технологической позиции важны вопросы разработок котлованов, возможности применения опалубочных систем, условий бетонирования при отрицательных температурах, защиты подошвы от разуплотнения и размыва, организации дренажа. Выбор слишком широкой подошвы в условиях стесненной застройки или при высоком уровне грунтовых вод может быть неоправданно сложен в реализации.

Экономическая эффективность ширины подошвы оценивается через совокупные затраты: увеличение площади подошвы уменьшает требования к качеству грунта, но увеличивает расход бетона, арматуры и объем земляных работ. В ряде случаев более рациональным становится либо усиление грунта (инъекции, уплотнение, заменяемый слой), либо применение других типов фундаментов.

3. Факторы, влияющие на выбор ширины фундамента

На величину ширины фундамента влияют следующие группы факторов, которые в расчётной практике рассматриваются совместно.

Во-первых, это характер и величина нагрузок: длительные статические нагрузки от собственного веса здания, эксплуатационные нагрузки, технологические нагрузки, а также возможные временные и особые комбинации (ветровые, снеговые, сейсмические воздействия). Чем выше результирующая нагрузка на фундамент, тем больше требуется площадь

подошвы, если прочностные и деформационные свойства грунта остаются неизменными.

Во-вторых, инженерно-геологические условия. Для слабых, водонасыщенных, просадочных, органических или насыпных грунтов требуется увеличенная площадь подошвы или переход к другим типам фундаментов (ленточным с расширениями, плитным, свайным и т.п.) (рис. 2). Для плотных песков, полутвердых и твёрдых глин возможно назначение меньшей ширины при сохранении достаточного запаса по несущей способности. Важное значение имеет глубина распространения слабых слоев: при небольшой мощности слабого слоя увеличение ширины подошвы может быть менее эффективно, чем замена или укрепление грунта.

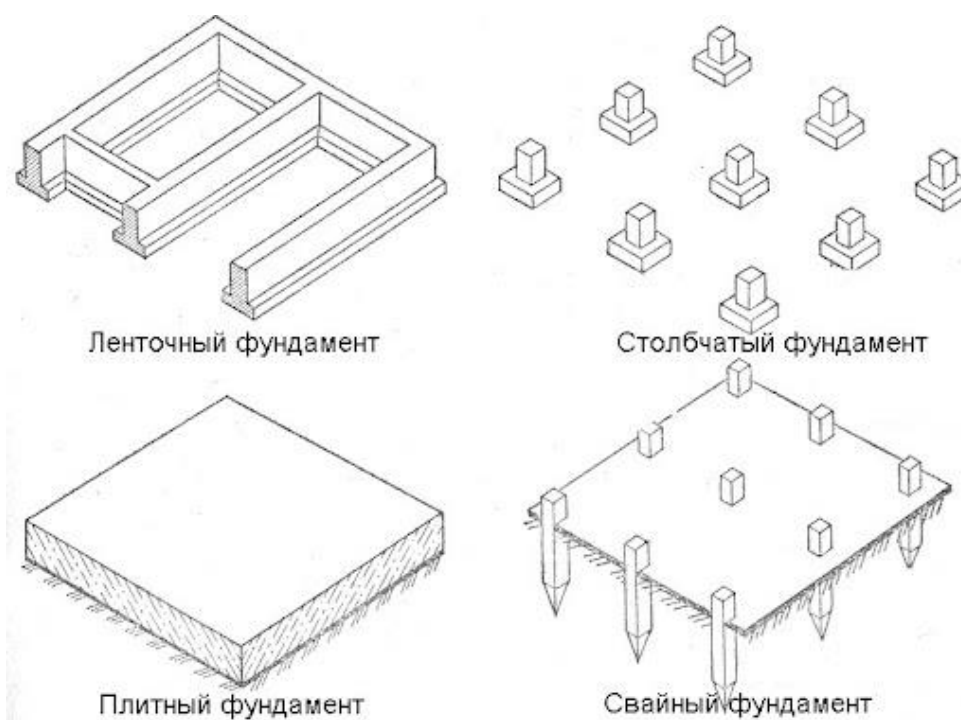


Рисунок 2. Виды фундаментов

В-третьих, глубина заложения фундамента. При увеличении глубины заложения, как правило, растет расчётное сопротивление основания вследствие повышения бокового обжатия грунта и вовлечения в работу более плотных слоёв. Это позволяет при тех же нагрузках уменьшить требуемую ширину подошвы либо получить больший запас по несущей способности. Однако увеличение глубины влечёт рост объемов земляных работ и стоимости, поэтому выбор ширины и глубины заложения представляет собой задачу оптимизации.

Также важно учитывать особенности планировки и конструктивного решения здания. Расположение колонн и стен, шаг несущих элементов, наличие перепадов нагрузок, температурных и осадочных швов, близость соседних фундаментов – всё это влияет на необходимую ширину подошвы. Для ленточных фундаментов под несущими стенами ширина, как правило, определяется исходя из линейной равномерно распределенной нагрузки, для

столбчатых и фундаментов под колонны – из сосредоточенных усилий и возможного эксцентриситета.

К тому же, существенную роль играет строительно-технологический аспект: принятая ширина должна быть реализуемой с точки зрения опалубки, армирования, транспортировки и укладки бетона, обеспечения защитных слоев арматуры и организации работ в стесненных условиях. Слишком малая ширина может привести к трудностям размещения арматурного каркаса и нарушению требований долговечности.

4. Расчёт подошвы фундамента

Исходные данные фундамента:

N_{II} – распределенная вертикальная нагрузка на фундамент (183,87 кН/м)

R_o – расчётное сопротивление грунта (263,8 кПа)

γ – средний удельный вес материала фундамента (18 кН/м³)

d – глубина заложения фундамента (2 м)

Определим ориентировочную ширину фундамента:

$$b = \frac{N_{II}}{R_o - \gamma \cdot d}$$

$$b = \frac{183,37}{263,8 - 18 \cdot 2} = 0,8 \text{ м}$$

Вычислим приведенную глубину заложения наружных и внутренних фундаментов:

$$d_1 = h_s + h_{cf} \cdot \frac{\gamma_{cf}}{\gamma_{II}^1}$$

$$d_1 = 0,93 + 0,17 \cdot \frac{32}{18,5} = 1,224 \text{ м}$$

h_s – толщина слоя грунта выше подошвы фундамента.

h_{cf} – толщина конструкции пола подвала.

γ_{cf} – расчётное значение удельного веса конструкции.

Определим расчётное сопротивление грунта:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma_{II}^1 + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma_{II}^1 + M_c \cdot c_{II}]$$

$$R_1 = 1,25 \cdot 1 \cdot (0,67 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 18,5 + 3,66 \cdot 1,224 \cdot 18,5 + (3,66 - 1) \cdot 0,9 \cdot 18,5 + 6,25 \cdot 32) = 421,35 \text{ кПа}$$

Пересчитаем ориентировочную ширину фундамента, основываясь на полученном значении расчётного сопротивления грунта:

$$b = \frac{N_{II}}{R_1 - \tilde{\gamma} \cdot d} = \frac{183,37}{421,35 - 18 \cdot 2} = 0,48 \text{ м}$$

Исходя из конструктивных особенностей принимаем значение ширины фундамента, равное 0,6. Тогда расчётное сопротивление грунта равно:

$$R_2 = 1,25 \cdot 1 \cdot (0,67 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 18,5 + 3,66 \cdot 1,224 \cdot 18,5 + (3,66 - 1) \cdot 0,9 \cdot 18,5 + 6,25 \cdot 32) = 418,25 \text{ кПа}$$

Найдём среднее давление под подошвой фундамента по формуле:

$$p_{II} = \frac{N_{II}}{b} + \gamma_{mt} \cdot d$$
$$p_{II} = \frac{183,37}{0,6} + 20 \cdot 2 = 345,62 \text{ кПа}$$

γ_{mt} – средневзвешенное значение удельных весов

Проверим выполнение условия $p_{II} < R$:

$$345,62 \text{ кПа} < 418,25 \text{ кПа}$$

Условие выполняется, следовательно, ширина фундамента выбрана корректно и равна 60 см.

5. Выводы

Ширина подошвы фундамента представляет собой ключевой параметр, определяющий надежность и долговечность здания через взаимодействие конструкции с грунтовым основанием. Её выбор требует комплексного анализа инженерно-геологических условий, схемы нагрузок, глубины заложения фундамента, конструктивных особенностей сооружения, деформационных характеристик грунта, технологических ограничений и экономических факторов.

Библиографический список

1. Пойта П.С., Шалобыта Т.П., Четырбок А.А. Оценка влияния глубины заложения и ширины подошвы фундамента на его осадку// Перспективные направления инновационного развития строительства и подготовки инженерных кадров. 2022. С. 157-166. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=53974866>
2. Голубева В.К. Усиление ленточного фундамента методом увеличения его ширины//Наука. Техника. Технологии (Политехнический Вестник). 2020. №2. С. 318-321. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43736374>
3. Подколзина Е.А. Определение ширины подошвы центрально-нагруженного фундамента// Проектирование и строительство. 2019. С. 307-311. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37227626>
4. Иконин С.В. Расчёт ширины подошвы ленточного фундамента в бесподвальной части здания//Программные средства для информатизационных технологий, используемых во ВГАСУ. 2002. С. 87-88. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48686096>
5. Пахомова М.М. Определение требуемой площади подошвы для ленточного фундамента//Научному прогрессу – творчество молодых. 2023. №1. С. 84-86. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54712784>