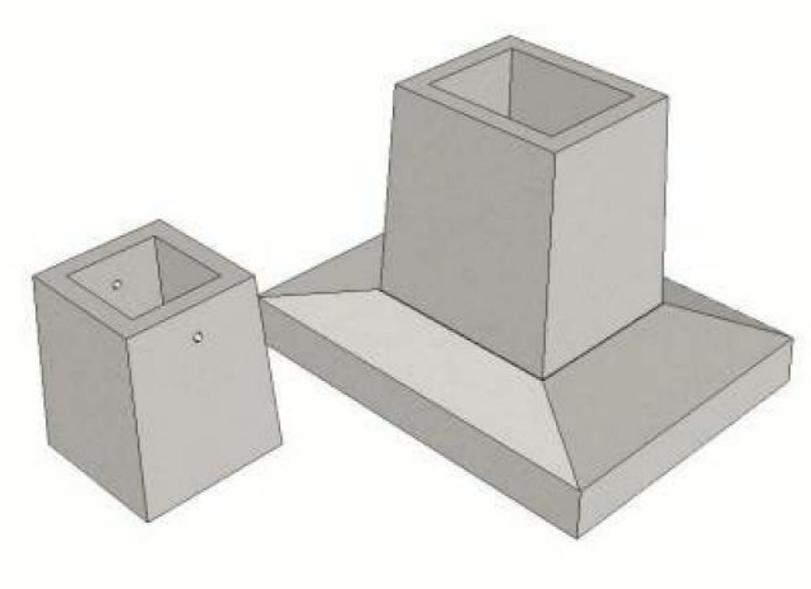


2

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ



*Методические указания по разработке
раздела “Основания и фундаменты” выпускной
квалификационной работы бакалавра по направлению
«Строительство»*

Воронеж 2015

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

"Воронежский государственный архитектурно–строительный университет"

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

*Методические указания
по разработке раздела "Основания и фундаменты"
выпускной квалификационной (бакалаврской) работы
по направлению "Строительство"*

Воронеж 2015

УДК 624.15(079.2)
ББК 38.58я73

Составители М.С. Ким, В.Х. Ким

Основания и фундаменты: методические указания по разработке раздела "Основания и фундаменты" выпускной квалификационной (бакалаврской) работы по направлению "Строительство" / Воронежский ГАСУ; сост.: М.С. Ким, В.Х. Ким. - Воронеж, 2015. - 21 с.

Методические указания составлены на основании Положения об итоговой государственной аттестации выпускников высших учебных заведений и включает в себя основные требования к разделу "Основания и фундаменты".

Раскрывается содержание раздела "Основания и фундаменты", даны методические указания и рекомендуемая литература к его выполнению в выпускной квалификационной (бакалаврской) работе (ВКР).

Предназначены для оказания методической помощи в процессе выполнения ВКР студентам, обучающимся по направлению 080301 (270800) "Строительство" профиль "Промышленное и гражданское строительство" всех форм обучения, а также для руководителей и консультантов ВКР.

Ил. 3. Библиогр.: 8 назв.

УДК 624.15(079.2)
ББК 38.58я73

*Печатается по решению учебно-методического совета
Воронежского ГАСУ*

*Рецензент - С.В. Иконин, проф. кафедры строительных конструкций,
оснований и фундаментов имени Ю.М.Борисова
Воронежского ГАСУ*

ВВЕДЕНИЕ

При разработке дипломного проекта по специальности “Промышленное и гражданское строительство” содержание раздела “Основания и фундаменты” должно отвечать требованиям СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* и СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 [1, 2].

В разделе производятся расчеты и конструирование фундаментов проектируемого здания или сооружения на стадии технического проекта.

Задание на выполнение раздела дипломник получает индивидуально у консультанта по разделу. Раздел консультируют преподаватели кафедры "Строительные конструкции, основания и фундаменты, имени профессора Ю.М.Борисова".

На основе задания, исходных данных и результатов оценки инженерно – геологических условий площадки строительства, выполненной в подразделе “Инженерно-геологические условия площадки строительства”, студенту необходимо разработать фундаменты проектируемого сооружения. Раздел включает пояснительную записку необходимого объема и один лист графического материала формата А1.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗДЕЛА

1. ПОЛУЧЕНИЕ ЗАДАНИЯ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТОВ

Работа над разделом "Основания и фундаменты" может начинаться после окончательного утверждения с консультантом и руководителем ВКР архитектурно-планировочных и конструктивных решений по проектируемому зданию или сооружению и завершения работы над подразделом "Инженерно-геологические условия площадки строительства".

При первом визите к консультанту данного раздела студент должен представить архитектурные чертежи здания или сооружения (планы и разрезы) и подраздел "Инженерно-геологические условия площадки строительства". После анализа представленных материалов совместно с преподавателем - консультантом выбирается тип фундамента в заданных инженерно-геологических условиях. Преподаватель задает два-три сечения для детального расчета.

2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ НАД РАЗДЕЛОМ

Раздел "Основания и фундаменты" в пояснительной записке должен начинаться с краткого описания конструктивных особенностей здания и инженерно-геологических условий площадки строительства, детально исследованных в подразделе "Инженерно-геологические условия". На основании этого необходимо дать обоснование выбора принятого типа фундаментов.

Далее производится сбор нагрузок на фундаменты в сечениях по заданию преподавателя.

При определении нагрузок на фундаменты руководствуются актуализированной редакцией СНиП «Нагрузки и воздействия» [3]. Расчет оснований производится на расчетные нагрузки. Нагрузки на основание от надземных частей зданий и сооружений определяются отдельно от вертикальных и горизонтальных сил. Их определяют на уровне обреза фундамента и представляют в виде сосредоточенных сил при передаче давления от колонн через отдельно стоящие фундаменты или нагрузки на один погонный метр при опирании несущих стен на ленточные фундаменты.

Внецентренно приложенные нагрузки на стены и колонны от карнизов, балок и плит перекрытий, стропил принимаются приложенными по оси подошвы фундамента.

При расчете фундаментов зданий, в которых имеются подвалы или заглубленные помещения, необходимо учитывать горизонтальные силы и моменты, возникающие от бокового давления грунта и веса грунта на уступах фундамента. При этом следует учитывать возможную временную нагрузку на поверхности грунта вблизи стен здания от подвижной транспортной нагрузки и складированного материала интенсивностью $q_n = 10 \text{ кН/м}^2$.

Сбор нагрузок производится в табличной форме с указанием грузовых площадей, значений нагрузок, приходящихся на единицу площади, формулы вычислений собственных весов конструкций. Примеры сбора нагрузок на фундаменты бескаркасных гражданских зданий и каркасных промышленных зданий приведены в разделе 1.8 Пособия [4].

Если в расчетно-конструктивном разделе ВКР выполняется статический расчет надземных несущих конструкций здания (как рамы), то нагрузки на фундаменты могут быть приняты как расчетные усилия, полученные по результатам этого расчета. В этом случае сбор нагрузок может не производиться.

2.1. Вариантное проектирование

Раздел консультирует руководитель квалификационной работы.

Вариантное проектирование в разделе Оснований и фундаментов производится студентами, выполняющими ВКР по соответствующей специализации под общим руководством преподавателя - специалиста по основаниям и фундаментам.

Задача вариантного проектирования заключается в поиске рационального варианта фундаментов, максимально удовлетворяющего требованиям обеспечения прочности и нормальной эксплуатации здания в данных инженерно-геологических условиях, технико-экономическим требованиям и функциональному назначению проектируемого здания. Выбор такого варианта выполняется на основе отбора и технико-экономического анализа наиболее прогрессивных и оригинальных конструктивных решений фундаментов. Технико-экономическая оценка вариантов выполняется по материалоемкости, трудоемкости строительно-монтажных работ, по стоимости и приведенным затратам. **Количество вариантов возможных конструктивных решений, отбираемых для сравнения, обычно оговаривается заданием на проектирование, но должно быть не менее трех.**

Расходы материалов подсчитываются приближенно на основе упрощенных расчетов. Трудоемкость и стоимость строительно-монтажных работ также оценивается приближенно с использованием соответствующих сборников. Для проверки достоверности полученных технико-экономических показателей рекомендуется сопоставить их с опубликованными данными для аналогичных конструктивных решений. С соответствующей корректировкой допускается и непосредственное использование этих сведений для технико-экономической оценки рассматриваемых вариантов.

Критерием выбора окончательного варианта для последующего проектирования является минимум приведенных затрат. Однако при этом следует учитывать и такие важные факторы, как новизна и оригинальность конструктивных решений, продолжительность строительства.

В расчетно-пояснительной записке кратко описываются принимаемые решения фундаментов, приводятся обоснования отбора вариантов для сравнения и расчеты по приближенному определению расхода материалов, трудоемкости, стоимости и приведенных затрат. Раздел завершается заключением по выбору варианта для дальнейшего проектирования с анализом его достоинств и недостатков.

Графическая часть вариантного проектирования состоит из одного листа формата А1. Графическая часть содержит схемы рассматриваемых вариантов фундаментов с указанием только основных размеров. Важно, чтобы чертежи давали четкое представление о применяемых конструкциях. Вариант, выбранный для детального проектирования, рекомендуется выделить.

В вариантном проектировании можно рассматривать различные виды фундаментов в заданных инженерно-геологических условиях: фундаменты мелкого заложения и свайные; отдельные фундаменты и плитные под все здание; свайные фундаменты из забивных и буронабивных свай; традиционные конструкции фундаментов и прогрессивные.

2.2. Расчет и проектирование фундаментов мелкого заложения

Расчет фундаментов мелкого заложения включает в себя выбор глубины заложения подошвы с вертикальной привязкой и расчетом абсолютной отметки, соответствующей относительной отметке 0,000; расчет ширины подошвы ленточного или столбчатого фундамента в двух-трех сечениях по заданию преподавателя; расчет осадки в тех же сечениях, вычисление совместных деформаций основания и сооружения и сравнение их с допускаемыми значениями; проверка основания и фундамента по I группе предельных состояний в необходимых случаях. Если проектируется монолитный фундамент, необходим расчет его армирования.

2.2.1. Выбор глубины заложения фундаментов

Глубина заложения фундаментов должна приниматься с учетом:

- назначения и конструктивных особенностей проектируемого сооружения, нагрузок и воздействий на его фундаменты;
- глубины заложения фундаментов примыкающих сооружений, а также глубины прокладки инженерных коммуникаций;
- существующего и проектируемого рельефа застраиваемой территории;
- инженерно-геологических условий площадки строительства (физико-механических свойств грунтов, характера напластований и пр.);
- гидрогеологических условий площадки и возможных их изменений в процессе строительства и эксплуатации сооружения;
- глубины сезонного промерзания грунтов.

Все перечисленные факторы должны быть учтены при выборе глубины заложения фундаментов. Принятая глубина заложения фундаментов должна обеспечивать надежную работу основания из условия его расчета по предельным состояниям. Минимальная глубина заложения должна быть не менее 0,5 м, но обязательно больше толщины почвенно-растительного или культурного слоев.

Одним из основных факторов, определяющих заглубление фундаментов, является глубина сезонного промерзания грунтов. По условиям недопущения возникновения сил морозного пучения грунтов под подошвой фундаментов глубина их заложения должна назначаться с учетом расчетного значения глубины промерзания грунта. Рекомендации по выбору глубины заложения подошвы фундаментов в зависимости от вида грунта и глубины расположения уровня подземных вод даны в соответствующих таблицах [1, 4].

Глубина заложения фундаментов при отсутствии подвала или технического подполья измеряется от уровня планировки, а при наличии их – от пола подвала или технического подполья до подошвы фундамента.

Фундаменты сооружения или его отсека должны закладываться на одном уровне. При необходимости заложения соседних фундаментов на разных отметках их допустимую разность Δh определяют исходя из условия

$$\Delta h \leq a \left(\operatorname{tg} \varphi_I + \frac{c_I}{p_I} \right), \quad (2.1)$$

где a – расстояние между фундаментами в свету; φ_I, c_I – расчетные значения угла внутреннего трения и удельного сцепления грунта; p_I – среднее давление под подошвой вышерасположенного фундамента от расчетных нагрузок (для расчета основания по несущей способности) [1, 4].

При проектировании сборных ленточных фундаментов уступы устраиваются за счет использования доборных блоков. Высота уступа в связных грунтах не должна превышать 0,6 м, а в песчаных – высоты фундаментной плиты.

В слоистых основаниях все фундаменты предпочтительно возводить на одном грунте или на грунтах с одинаковыми прочностными и деформационными свойствами. Рекомендации по выбору глубины заложения фундаментов содержатся в [1, 4, 5, 7].

2.2.2. Расчет фундаментов при центральном и внецентренном приложении нагрузки

Размеры подошвы фундамента зависят от величины действующей на него нагрузки и физико-механических характеристик грунтов основания. Они предварительно определяются от действия расчетных нагрузок с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1$, исходя из условия соблюдения принципа линейной деформируемости грунта:

$$p \leq R, \quad (2.2)$$

где p – среднее давление под подошвой грунта;

R – расчетное сопротивление грунтов основания.

Затем вычисленные размеры подошвы фундамента уточняются расчетом по деформациям, а при необходимости – по устойчивости.

Центрально нагруженные фундаменты

Размеры подошвы центрально нагруженного фундамента (рис.2.1) определяются из условия

$$p = \frac{N + G + Q}{A} \leq R, \quad (2.3)$$

где p – среднее давление под подошвой грунта; N – осевая нагрузка на обрезах фундамента; G – собственный вес фундамента; Q – вес грунта на уступах фундамента; A – площадь подошвы фундамента; R – расчетное сопротивление грунтов основания

Для ленточного фундамента $A = b \cdot l$ м, для столбчатого с квадратной подошвой $A = b^2$; для столбчатого с прямоугольной подошвой $A = \eta b^2$ ($\eta = l/b$ - соотношение сторон подошвы; l и b - соответственно длина и ширина подошвы фундамента).

Для предварительного расчета выражение (2.3) можно записать в виде

$$p = \frac{N}{A} + \gamma_{mt} \cdot d \leq R, \quad (2.4)$$

где γ_{mt} - осредненный удельный вес фундамента и грунта на его уступах, принимаемый равным 20 кН/м^3 ; d - глубина заложения фундамента.

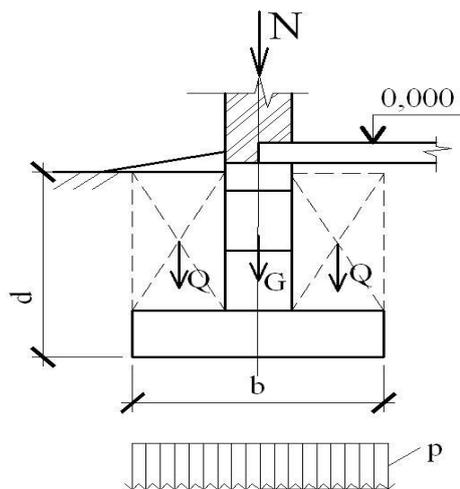


Рис. 2.1. Расчетная схема центрально нагруженного фундамента

Расчетное сопротивление грунта основания определяется по формуле

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} \left[M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_B \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II} \right], \quad (2.5)$$

где γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы, принимаемые также по таблицам [1, 4, 5, 7]; k - коэффициент, имеющий значение $k = 1$, если прочностные характеристики грунта φ и c определены непосредственными испытаниями, и $k = 1,1$, если они приняты по таблицам [1, 4]; M_γ, M_q, M_c - коэффициенты, являющиеся функцией расчетного значения угла внутреннего трения (табл. в [1, 4, 5, 7]); k_z - коэффициент, принимаемый при $b \leq 10 \text{ м}$ - $k_z = 1$, при $b > 10 \text{ м}$ - $k_z = \frac{z_0}{b} + 0,2$ (здесь $z_0 = 8 \text{ м}$); b - ширина подошвы фундамента; d_1 - глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, определяемая по формуле

$$d_1 = h_s + \frac{h_{cf} \cdot \gamma_{cf}}{\gamma'_{II}}, \quad (2.6)$$

где h_s – толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала; h_{cf} – толщина конструкции пола подвала; γ_{cf} – расчетное значение удельного веса конструкции пола подвала; γ_{II} – осредненное (по слоям) расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента; γ'_{II} – то же, залегающих выше подошвы фундамента; C_{II} – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента; d_b – глубина подвала – расстояние от уровня планировки до пола подвала (для сооружений с подвалом шириной $B \leq 20$ м и глубиной более 2 м принимается $d_b = 2$ м, а при ширине подвала $B > 20$ м принимается $d_b = 0$).

Для бесподвальной части здания $(M_q - 1)d_b \cdot \gamma'_{II} = 0$.

Обычно ширину подошвы находят одновременно с определением расчетного сопротивления грунта, которое в свою очередь зависит от ширины подошвы, которая нам пока не известна. Это значительно осложняет решение. Для определения ширины подошвы можно воспользоваться одним из следующих методов:

- приравняв между собой выражения (2.4) и (2.5), можно решить получившееся уравнение относительно b и принять за ширину подошвы фундамента один из корней уравнения [8];
- использовать метод последовательных приближений, приняв в первом приближении $R = R_0$, где R_0 – табличное значение расчетного сопротивления грунта [4];
- построить графики зависимостей $p = f(b)$ и $R = f(b)$, задавшись несколькими значениями ширины подошвы b и определив для них значения давления под подошвой p и расчетного сопротивления грунта R . Этот метод определения ширины подошвы фундамента называется графоаналитическим [4].

Внецентренно нагруженные фундаменты

Когда равнодействующая внешних нагрузок не проходит через центр тяжести подошвы фундамента, размеры подошвы фундамента определяют как у внецентренно нагруженного элемента. В этом случае при определении размеров подошвы фундамента должны удовлетворяться следующие условия:

$$P \leq R; \quad (2.7)$$

$$P_{max} \leq 1,2R; \quad (2.8)$$

$$P_{min} > 0, \quad (2.9)$$

где P – среднее давление под подошвой фундамента; P_{max} – максимальное краевое давление под подошвой фундамента; P_{min} – минимальное краевое давление под подошвой фундамента.

На первом этапе расчета фундамент можно рассматривать как центрально нагруженный и определить ширину его подошвы любым из предложенных методов. Если момент действует относительно одной из главных осей, краевые давления определяются по формуле

$$P_{\max/\min} = \frac{N + Q + G}{A} \pm \frac{M}{W}. \quad (2.10)$$

Момент сопротивления подошвы фундамента вычисляется по формуле

$$W = \frac{b^2 \cdot l}{6}. \quad (2.11)$$

Для ленточного фундамента $l = 1$ м.

Расчетная схема внецентренно нагруженного ленточного фундамента представлена на рис. 2.2.

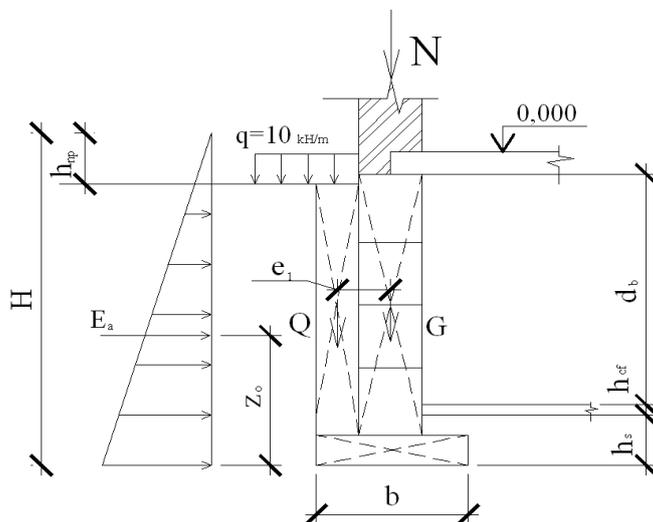


Рис. 2.2. Расчетная схема внецентренно нагруженного ленточного фундамента

Примеры расчета ленточных и столбчатых фундаментов под стены и колонны зданий при центральном и внецентренном нагружении приведены в разделе 3.2 [4].

Вычисленные размеры подошвы фундамента уточняются расчетом по деформациям [1, 4, 5, 7].

2.1.3. Расчет осадки фундаментов методом послойного суммирования

Сущность метода послойного суммирования заключается в определении осадок элементарных слоев основания в пределах сжимаемой толщи от допол-

нительных вертикальных напряжений σ_{zp} , возникающих от нагрузок, передаваемых сооружением. Осадка фундамента определяется суммированием осадок элементарных слоев основания.

Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений [1] рекомендует определять осадку по формуле

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i})h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i}h_i}{E_{e,i}}, \quad (2.12)$$

где β – безразмерный коэффициент, принимаемый равным 0,8 независимо от вида грунта; $\sigma_{zp,i}$ – вертикальное нормальное напряжение от внешней нагрузки в середине i -го слоя; h_i – толщина i -го слоя грунта, принимаемая не более 0,4 ширины фундамента; E_i – модуль деформации i -го слоя грунта, принимаемый по ветви первичного нагружения; $\sigma_{zy,i}$ – среднее значение вертикального напряжения в i -м слое грунта от собственного веса выбранного при отрывке котлована грунта; $E_{e,i}$ – модуль деформации i -го слоя грунта, принимаемый по ветви вторичного нагружения; n – число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания.

При расчете осадки фундаментов, возводимых в котлованах глубиной менее 5 м, допускается в формуле (2.12) не учитывать второе слагаемое. В таком случае формула принимает вид

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{h_i \sigma_{zp,i}}{E_i}, \quad (2.13)$$

где β – безразмерный коэффициент, равный 0,8; n – число слоев, на которые разделена по глубине сжимаемая толща основания; $\sigma_{zp,i}$ – среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в i -м слое грунта, равное полусумме напряжений на верхней и нижней границах слоя; h_i , E_i – толщина и модуль деформаций i -го слоя грунта.

В расчете осадок отдельных слоев ограничиваются толщиной, ниже которой деформации грунтов пренебрежимо малы. Нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_c$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = k\sigma_{zg}$, где

- а) $k = 0,2$ при $b \leq 5$ м;
- б) $k = 0,5$ при $b > 20$ м;
- в) при $5 < b \leq 20$ м k определяют интерполяцией.

При этом глубина сжимаемой толщи не должна быть меньше $b/2$ при $b \leq 10$ м и $(4 \text{ м} + 0,1b)$ при $b > 10$ м.

Если в пределах глубины H_c , найденной по указанным выше условиям, залегает слой грунта с модулем деформации $E > 100$ МПа, сжимаемая толща принимается до кровли этого слоя.

Если найденная по указанным выше условиям нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации $E < 5$ МПа или такой

слой залегает непосредственно ниже глубины $z = H_c$, то этот слой включают в сжимаемую толщу, а за H_c принимают минимальное из значений, соответствующих подошве слоя или глубине, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,1\sigma_{zg}$ [1] .

Расчет основания по деформациям считается удовлетворительным, если совместная деформация основания и сооружения не превышает предельного значения и выполняется условие

$$S < S_U, \quad (2.14)$$

где S – совместная деформация основания и сооружения; S_U – предельное значение совместной деформации основания и сооружения, устанавливаемое в соответствии с указаниями нормативных документов [1] для соответствующих сооружений.

Для многоэтажных бескаркасных зданий с несущими стенами определяется средняя осадка S , а также относительная неравномерность осадки ($\Delta S/L$) и крен i здания. Для одноэтажных и многоэтажных зданий с полным каркасом определяется максимальная осадка S и относительная неравномерность осадки ($\Delta S/L$) и сравнивается с соответствующими предельными значениями.

2.2.4. Расчет оснований фундаментов мелкого заложения по первой группе предельных состояний

Расчет оснований по несущей способности (по первой группе предельных состояний) производится в случаях, если [1, 4]:

- на основание передаются значительные горизонтальные нагрузки;
- глубина заложения фундамента от уровня планировки или от пола подвала не превышает $0,5b$;
- сооружение расположено на откосе или вблизи откоса;
- основание сложено медленно уплотняющимися глинистыми, органоминеральными или органическими грунтами;
- основание сложено скальными грунтами.

Целью расчета оснований по несущей способности является обеспечение прочности и устойчивости оснований, а также недопущение сдвига фундамента по подошве и его опрокидывания.

Расчет оснований по несущей способности, согласно [1], производится из условия

$$N \leq \frac{\gamma_c N_u}{\gamma_n}, \quad (2.15)$$

где N – расчетная вертикальная нагрузка на основание; N_u – вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания; γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый в зависимости от вида грунта $\gamma_c = 0,8 \dots 1,0$; γ_n – коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый для сооружений I уровня ответственности $\gamma_n = 1,2$, для сооружений II уровня от-

ветственности $\gamma_n = 1,15$, для сооружений III уровня ответственности $\gamma_n = 1,1$.

Для определения вертикальной составляющей силы предельного сопротивления основания N_u , сложенного нескальными грунтами, находящимися в стабилизированном состоянии, используется выражение [1, 4]

$$N_u = b'l'(N_\gamma \xi_\gamma b' \gamma_1 + N_q \xi_q \gamma' d + N_c \xi_c c_1), \quad (2.16)$$

где b' и l' – приведенные ширина и длина подошвы фундамента, определенные из условия, что при внецентренном приложении нагрузки равнодействующая всех сил находится в центре тяжести приведенной прямоугольной площади; N_γ , N_q , N_c – безразмерные коэффициенты несущей способности, определяемые по таблицам [1, 4] в зависимости от значения угла внутреннего трения грунта φ_1 и угла наклона к вертикали равнодействующей внешней нагрузки δ ; γ_1 и γ' – расчетные значения удельного веса грунтов соответственно ниже и выше подошвы фундамента; c_1 – расчетное значение удельного сцепления грунта; d – глубина заложения фундамента; ξ_γ , ξ_q , ξ_c – коэффициенты формы.

Расчет по формуле (2.16) допускается выполнять, если соблюдается условие

$$\operatorname{tg} \delta < \sin \varphi_1, \quad (2.17)$$

где δ – угол наклона равнодействующей внешней нагрузки к вертикали; φ_1 – угол внутреннего трения грунта.

При расчете ленточных фундаментов, опирающихся на нескальные грунты, находящиеся в стабилизированном состоянии, расчет по несущей способности требуется для фундаментов наружных стен подвала, так как на эти фундаменты передается горизонтальное давление грунта засыпки. Пример расчета несущей способности основания содержится в главе 5 [4].

Все расчеты могут производиться с использованием программ для ЭВМ, в том числе, описанных в [6].

2.2.5. Расчет конструкций фундаментов

Расчет конструкций фундаментов требуется выполнять, только если фундаменты проектируются монолитными. Расчет монолитных фундаментов производится по правилам расчета железобетонных конструкций. Расчет осуществляется по расчетным усилиям, принятым для расчета по I группе предельных состояний, без учета собственного веса фундамента и грунта на его уступах. Производится расчет фундаментов на продавливание для определения его конструктивной высоты и на изгиб для определения необходимого количества арматуры.

2.3. Проектирование свайных фундаментов

Свайные фундаменты могут проектироваться в виде:

- а) одиночных свай — под отдельно стоящие опоры;
- б) свайных лент — под стены зданий и сооружений при передаче на фундамент распределенных по длине нагрузок с расположением свай в один, два и более рядов;
- в) свайных кустов — под колонны с расположением свай в плане на участке квадратной, прямоугольной, трапецеидальной и других форм;
- г) сплошного свайного поля — под тяжелые сооружения со сваями, расположенными под всем сооружением и объединенными сплошным ростверком;
- д) свайно-плитного фундамента.

В зависимости от конструкции здания применяют ленточные ростверки, ростверки стаканного типа и плитные ростверки.

Могут применяться как забивные железобетонные сваи квадратного или круглого сечения, так и буронабивные сваи, в том числе с уширением. Приветствуется применение в ВКР буронабивных свай, выполняемых по прогрессивным технологиям (буроинъекционных, свай-РИТ, бетонируемых полым шнеком и др.).

Расчет свайных фундаментов включает расчет несущей способности свай; определение шага свай в ленточном свайном фундаменте или количества свай в свайном кусте в тех сечениях, для которых собраны нагрузки; расчет осадки свайных фундаментов в тех же сечениях, вычисление совместных деформаций основания и сооружения и сравнение их с допускаемыми значениями; подбор молота для забивки свай и определение расчетного отказа для забивных свай.

Расчет свайных фундаментов и их оснований производится в соответствии с [2] по двум группам предельных состояний. По первой группе определяют несущую способность свай по грунту. Расчет ведется с использованием расчетных характеристик грунтов. По второй группе предельных состояний рассчитывают осадки оснований свайных фундаментов.

По несущей способности грунтов основания сваи рассчитывают из условия

$$N \leq \frac{\gamma_0 F_d}{\gamma_n \gamma_k}, \quad (2.18)$$

где N - расчетная нагрузка, передаваемая на сваю; F_d - расчетная несущая способность грунта основания одиночной сваи или материала сваи; γ_k - коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным $\gamma_k = 1,4$, если несущая способность сваи определена расчетом, или $\gamma_k = 1,2 - 1,25$, если несущая способность сваи определена по результатам полевых испытаний; γ_0 — коэффициент

условий работы, учитывающий повышение однородности грунтовых условий при применении свайных фундаментов, принимаемый равным $\gamma_0 = 1$ при одно-свайном фундаменте и $\gamma_0 = 1,15$ при кустовом расположении свай; γ_n — коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,10 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности.

При расчете по второй группе предельных состояний (по деформациям) должно удовлетворяться условие (2.14) как и для фундаментов мелкого заложения. Предельное значение совместной деформации основания свай, свайного фундамента и сооружения S_U устанавливается нормативными документами [1, 4].

По условиям взаимодействия с грунтом различают сваи-стойки и висячие сваи. Сваи-стойки опираются на практически несжимаемые грунты (скальные, крупнообломочные) и передают давление на грунт только за счет нижнего конца. Силы сопротивления грунтов по боковой поверхности свай-стоек не учитываются.

К висячим относятся все сваи, опирающиеся на сжимаемые грунты и передающие нагрузку на грунты основания боковой поверхностью и нижним концом.

Фундаменты из свай-стоек рассчитывают по прочности материала свай и грунта основания. За несущую способность свай принимается наименьшее из полученных значений. Фундаменты из висячих свай рассчитывают по несущей способности и деформациям грунтов основания.

2.3.1. Расчёт несущей способности свай

Несущая способность свай-стоек по грунту определяется по формуле

$$F_d = \gamma_c R A, \quad (2.19)$$

где γ_c — коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый $\gamma_c = 1$; R — расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-стойки; A — площадь опирания сваи на грунт (площадь поперечного сечения нижнего конца сваи). Расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи-стойки для забивных свай, опирающихся нижним концом на скальные и малосжимаемые грунты, принимается равным $R = 20000$ кПа.

Несущая способность по грунту висячих забивных свай, работающих на сжимающую нагрузку, определяется как сумма расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом свай и по их боковой поверхности:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + U \sum_{i=1}^n \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (2.20)$$

где γ_c — коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый для всех видов забивных свай $\gamma_c = 1$; R — расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, определяемое по таблицам [2, 4]; A — площадь поперечного сечения нижнего конца сваи; U — наружный периметр поперечного сечения ствола сваи;

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта на боковой поверхности сваи, принимаемое по таблицам [2, 4]; h_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи; γ_{cR} – коэффициент условия работы грунта под нижним концом сваи; γ_{cf} – коэффициент условия работы грунта на боковой поверхности сваи, учитывает влияние способа погружения свай на расчетное сопротивление грунта.

Для забивных железобетонных свай $\gamma_{cR} = \gamma_{cf} = 1$.

Несущая способность буронабивных свай рассчитывается по формуле (2.20). Значения расчетного сопротивления грунта R и f_i , а также коэффициентов γ_c , γ_{cR} и γ_{cf} определяются по соответствующим таблицам [2].

Глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3 м следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 до 10 м – от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки.

Расчетная схема забивной висячей сваи показана на рис. 2.3.

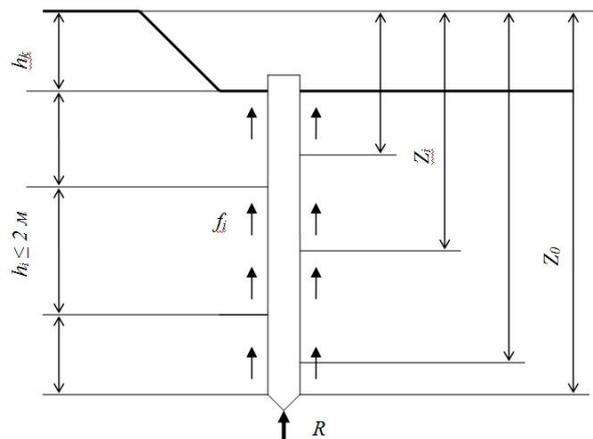


Рис. 2.3. Расчетная схема висячей сваи

В некоторых случаях на боковой поверхности свай при осадке околосвайного грунта может возникать отрицательное (негативное) трение, направленное вертикально вниз и создающее дополнительную нагрузку на сваи. Такое негативное трение может возникать при планировке территории подсыпкой толщиной более 1,0 м; значительной загрузке пола около фундаментов нагрузкой от оборудования или складированных материалов; прорезке сваями насыпных грунтов; вследствие просадки грунтов при замачивании; при строительстве нового здания вблизи существующих. Отрицательное трение учитывается до глубины, на которой значение осадки околосвайного грунта после возведения и загрузки свайного фундамента превышают половину предельного значения осадки фундамента. Расчетные сопротивления грунта f_i принимают по соответствующей таблице со знаком «минус».

Примеры расчета несущей способности свай можно найти в разделе 7.2 [4].

2.3.2. Последовательность проектирования свайных фундаментов

Проектирование свайного фундамента рекомендуется производить в следующей последовательности:

- Анализируются инженерно-геологические условия площадки, выбирается несущий слой грунта, в который возможно заглубление свай. Нижний конец свай следует заглублять в прочные грунты, прорезая более слабые напластования грунтов. При этом заглубление забивных свай в грунты, принятые за основание, должно быть: в крупнообломочные, гравелистые и крупные песчаные, а также глинистые грунты твердой консистенции – не менее 0,5 м, в прочие дисперсные грунты – не менее 1 м [2, 4].
- Выбирается тип свай, ее поперечное сечение и длина. Длина свай зависит от положения в грунте ее нижнего конца и уровня расположения подошвы ростверка.
- Определяется несущая способность свай и расчетная допускаемая нагрузка на нее $P = F_d / \gamma_k$.
- Определяется шаг свай в ленточном свайном фундаменте или количество свай в ростверке.

При однорядном расположении свай в ростверке шаг их рассчитывается по формуле

$$L = \frac{P}{N}, \quad (2.21)$$

где L - шаг свай; P - расчетная допустимая нагрузка на сваю; N - расчетная нагрузка, действующая на один метр ростверка.

Шаг висячих свай должен быть не менее $3d$ (где d – диаметр круглого, или сторона квадратного, или большая сторона прямоугольного поперечного сечения ствола свай), а для свай-стоек – $1,5d$. Если шаг свай получится меньше, то несущая способность свай недостаточна. Необходимо увеличить ее длину или площадь поперечного сечения и вновь рассчитать ее несущую способность. Можно, не изменяя несущей способности свай, расположить их в ростверке в шахматном порядке, а также в два или более рядов. Максимальный шаг свай обычно принимают не более $6d$.

Количество свай в свайном кусте под отдельную колонну рассчитывается по формуле

$$n = \frac{N}{P}, \quad (2.22)$$

где n - требуемое количество свай в свайном кусте; P - расчетная допустимая нагрузка на сваю; N - расчетная нагрузка, действующая на ростверк.

Расстояние в ростверке между осями висячих забивных и вдавливаемых свай должно быть не менее $3d$, а свай-стоек — не менее $1,5d$.

Расстояние в свету между стволами буровых, набивных свай и свай-оболочек должно быть не менее 1,0 м, а расстояние между буроинъекционными сваями в осях — не менее $3d$.

- Назначаются размеры ростверка из конструктивных соображений и проверяются расчетом. Расстояние от края ростверка до внешней стороны сваи принимается: при однорядном расположении свай – $0,2d + 5$ см; при двухрядном – $0,3d + 5$ см, а при большем числе рядов – $0,4d + 5$ см. Размеры ростверков под колонны каркасных зданий принимают в плане кратными 30 см. Край ростверка располагается на расстоянии 10 см от края наружного контура свай с каждой стороны. Высота ростверка назначается по расчету или по конструктивным соображениям и принимается кратной 15 см.
- Рассчитывается осадка свайного фундамента. Расчет осадки фундамента из висячих свай производится как для условного фундамента на естественном основании в соответствии с требованиями СНиП [1, 2, 4]. Полученные по расчету значения деформаций (осадок) свайного фундамента и его основания не должны превышать предельных значений.
- Подбирается оборудование для погружения забивных свай. Погружение свай в грунт до заданной отметки возможно с помощью молотов, вибропогружателей, вибровдавливающих агрегатов и других механизмов. Наибольшее распространение получил метод погружения свай забивкой различными молотами. Для успешного погружения свай необходимо, чтобы отношение веса ударной части молота к весу сваи было не менее 1,5 при плотных грунтах и не менее 1,25 при грунтах средней плотности.

Подбор молота производится по следующей методике [2, 7]. Необходимую для забивки сваи максимальную энергию удара молота E_k определяют по формуле

$$E_k = 1,75aP, \quad (2.23)$$

где a – коэффициент, равный 25 кДж/кН; P – расчетная нагрузка на сваю, принятая в проекте.

Принятый тип молота с расчетной энергией удара должен удовлетворять условию

$$\frac{Q_n + q}{E_{kp}} \leq k_n, \quad (2.24)$$

где Q_n – полный вес молота; q – вес сваи, включая вес наголовника и подбабка; E_{kp} – расчетная энергия удара принятого молота; k_n – коэффициент, принимаемый по таблицам [2, 7].

Технические характеристики механизмов для погружения свай в грунт приведены в таблицах [7].

- Определяется расчетный отказ для забивных свай. Расчетным отказом

называют величину погружения сваи от одного удара молота, при котором свая приобретает заданную в проекте несущую способность. Расчетный отказ сваи вычисляется по формуле

$$S_a = \frac{nAE_{kp}}{\frac{F_d}{M} \left(\frac{F_d}{M} + nA \right)} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 (m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}, \quad (2.25)$$

где n – коэффициент, зависящий от материала сваи и способа забивки, принимаемый для железобетонных свай, погружаемых с металлическим наголовником, 1500 кН/м^2 ; E_{kp} – расчетная энергия удара принятого молота; F_d – расчетная несущая способность сваи; M – коэффициент, принимаемый при забивке свай молотами ударного действия, $M = 1$; ε – коэффициент восстановления удара при забивке свай, $\varepsilon^2 = 0,2$; m_1 – вес молота; m_2 – вес сваи и наголовника; m_3 – вес подбабка.

Формулой (25) можно пользоваться при правильно подобранном оборудовании для погружения сваи и при $S_a \geq 0,002 \text{ м}$.

3. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В графической расти подраздела разрабатывается один лист формата А1 (без учета графической расти вариантного проектирования). Для фундаментов мелкого заложения на листе необходимо представить план фундаментов, два-три характерных сечения, опалубочный чертеж и схему армирования (только для монолитных фундаментов), спецификации и примечания. Для свайных фундаментов на листе располагают совмещенный план свайного поля и ростверков, сечения по сваям совместно с инженерно-геологическим разрезом, узлы сопряжения свай с ростверком, схему армирования ростверков, спецификации и примечания.

При оформлении графической расти ВКР следует руководствоваться требованиями ГОСТ [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* . - М., 2011. - 162 с.
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-85 . - М., 2011. - 86 с.
3. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* . - М., 2011. - 81 с.

4. Алексеев В.М. Проектирование оснований и фундаментов сельскохозяйственных зданий и сооружений: учебное пособие. / Алексеев В.М., Калугин П.И. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 1999. – 527 с.
5. Далматов Б.И. и др. – Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений – М, СП-б., 2006. – 430 с.
6. Иконин С.В. Расчет оснований фундаментов мелкого заложения на персональных ЭВМ: методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов дневного и заочного обучения специальностей ПГС и ГСХ / Иконин С.В., Ким М.С. – Воронеж, 2003. – 36 с.
7. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика / Под. ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова - М., Стройиздат, 2007. – 479 с.
8. ГОСТ 21.501-2011. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений. - М., Стандартинформ, 2013. - 45 с.

Оглавление

Введение.....	3
Порядок выполнения раздела.....	3
1 Получение задания на проектирование основания и фундаментов	3
2 Последовательность работы над разделом.....	4
2.1. Вариантное проектирование.....	4
2.2 Расчет и проектирование фундаментов мелкого заложения	6
2.2.1 Выбор глубины заложения фундаментов	6
2.2.2 Расчет фундаментов при центральном и внецентренном приложении нагрузки.....	7
2.2.3 Расчет осадки фундаментов методом послойного суммирования	10
2.2.4 Расчет оснований фундаментов мелкого заложения по первой группе предельных состояний.....	12
2.2.5 Расчет конструкций фундаментов.....	13
2.3 Проектирование свайных фундаментов.....	13
2.3.1 Расчёт несущей способности свай.....	15
2.3.2 Последовательность проектирования свайных фундаментов.....	17
3 Графическая часть.....	19
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	19

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Методические указания по разработке
раздела “Основания и фундаменты” к выпускной
квалификационной (бакалаврской) работе
по направлению «Строительство»

Составители: канд. техн. наук, доц. Ким Марина Семеновна
канд. техн. наук, доц. Ким Вячеслав Хакченович
Фото на обложке: источник http://rostov.pulscen.ru/products/fundament_

Редактор Аграновская Н.Н

Подписано в печать 16.01.15. Формат 60x84 1/16. Уч.-изд. л.
Усл.-печ. л. 1,3. Бумага писчая. Тираж 300 экз. Заказ № _____.

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы
и учебно-методических пособий Воронежского ГАСУ
394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

