

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета

Дата подписания: 11.09.2021 14:44

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486413a158ef966

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске

**ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬСТВА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по выполнению практических работ

по дисциплине Основания и фундаменты

Направление подготовки
Профиль

08.03.01 Строительство
Строительство зданий и сооружений

Пятигорск 2021

Оглавление

Введение	3
Практическая работа № 1.....	4
Тема: Расчет и конструирование фундамента мелкого заложения (ФМЗ).....	4
Для выполнения данного практического занятия студент должен:	4
Актуальность темы	4
Теоретическая часть.....	5
<i>Определение предварительной высоты фундамента по конструктивным</i>	
<i>требованиям.....</i>	<i>5</i>
<i>Выбор глубины заложения фундамента</i>	<i>6</i>
<i>Конструирование фундаментов</i>	<i>7</i>
<i>Определение предварительных размеров подошвы фундамента.....</i>	<i>8</i>
<i>Расчёт давления на подстилающий слой.....</i>	<i>9</i>
Пример решения задачи № 1	10
Контрольные вопросы	12
Список литературы	13
Практическая работа № 2.....	15
Тема: Расчёт свайного фундамента (висячие забивные сваи)	15
Актуальность темы	15
Теоретическая часть.....	16
<i>Определение длины сваи.</i>	<i>16</i>
<i>Определение несущей способности сваи по грунту F_d и расчетной нагрузки $P_{св}$ на</i>	
<i>одну сваю.</i>	<i>16</i>
Пример решения задачи № 1	20
Список литературы	25
Практическая работа № 3.....	27
Тема: Расчёт осадки основания ФМЗ методом послойного суммирования.....	27
Для выполнения данного практического занятия студент должен:	27
Актуальность темы	27
Теоретическая часть.....	28
Пример решения задачи № 3.....	29
Список литературы	32

Введение

В настоящее время актуальными становятся требования к личным качествам современного студента – умению самостоятельно пополнять и обновлять знания, вести самостоятельный поиск необходимого материала.

Чтобы успешно освоить дисциплину и подготовиться к сессии необходимо выполнять внеаудиторные самостоятельные работы, представленные в данном пособии. Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Основания и фундаменты» проводится с **целью**:

- привить студентам твердые знания по расчету и конструированию оснований и фундаментов зданий и инженерных сооружений;
- развить у студентов целостное представление о работе конструктивной системы «основание – фундамент – сооружение»;
- научить студентов практическим методам определения прочности, жесткости, устойчивости оснований и фундаментов в целях их надежного и экономического проектирования.

Для достижения указанных целей, обучающиеся на основе плана самостоятельной работы должны решить следующие **задачи**:

- назначение оснований и фундаментов, их систематизацию и классификацию, уточнение области рационального применения, а также перспектив развития и путей совершенствования;
- представление экспериментальных положений, расчетно-теоретических схем, основных принципов и методов проектирования оснований и фундаментов с физическим содержанием решаемых инженерных задач;
- наработку практических и методических навыков расчета и конструирования оснований и фундаментов;
- формирование необходимой инженерной интуиции и глазомера применительно к фундаментным конструкциям и грунтам их оснований.

Практическая работа № 1. (4,5 часа)

Тема: Расчет и конструирование фундамента мелкого заложения (ФМЗ).

Цель работы: ознакомление с методами определения глубины заложения фундамента.

Для выполнения данного практического занятия студент должен:

- | | |
|----------|--|
| Знать | <ul style="list-style-type: none">- базу нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- параметры расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методику выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;- методику конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию;- методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| Уметь | <ul style="list-style-type: none">- применять базу нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- применять параметры расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- пользоваться методикой выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;- пользоваться методикой конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию |
| Владеть: | <ul style="list-style-type: none">базой нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методикой выбора параметров расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методикой выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;- методикой конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию |

при этом формируются компетенции:

— ПКО-4 - способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения.

Актуальность темы

Глубины заложения фундамента является одним из важнейших факторов безопасной эксплуатации зданий и сооружений и соблюдения их конструктивных особенностей.

Любой фундамент проектируют на основе оценки грунтов основания.

Оценка грунтов основания и выбор типа фундамента рассматриваются отдельно поскольку эти вопросы являются общими для фундаментов мелкого и глубокого заложения.

В остальном проектирование фундамента складывается из ряда этапов, решаемых в определенной последовательности:

- 1 — определение действующих нагрузок;
- 2 — выбор отметки обреза фундамента;
- 3 — выбор глубины заложения фундамента;
- 4 — определение размеров подошвы фундамента расчетами по предельным состояниям основания;
- 5 — конструирование и расчет тела фундамента.

Основными размерами фундамента являются глубина его заложения, высота и ширина подошвы фундамента.

Одновременно с изучением программного теоретического материала по дисциплине «Основания и фундаменты» учебный план предусматривает практические занятия. Практические занятия являются одним из ответственных звеньев учебного процесса и имеют целью закрепить знания, полученные студентами за период изучения теоретического курса, а также должно способствовать умелому применению этих знаний при инженерном решении задач по дисциплине «Основания и фундаменты». В процессе решения задач студент должен научиться пользоваться действующими строительными нормами и правилами, руководствами, справочными и литературными материалами.

Решению задач должно предшествовать изучение соответствующих разделов курса «Основания и фундаменты». При выполнении работы рекомендуется пользоваться литературой, приведенной в методических указаний.

Теоретическая часть

При проектировании зданий и сооружений одним из сложных вопросов является решение задач, связанных с устройством оснований и фундаментов.

Для получения наиболее экономичного решения при проектировании фундаментов задачу необходимо рассматривать комплексно, оценивая следующие вопросы:

- выбор конструкций фундаментов, удовлетворительно работающих при данных грунтовых условиях;
- возможные деформации грунтов основания сооружения;
- способ производства земляных работ и работ по возведению фундаментов.

Определение предварительной высоты фундамента по конструктивным требованиям

Предварительная высота плитной части фундамента по минимальным требованиям принимается 0,2 м. Исходя из условия жесткой заделки колонны в фундаменте, определяется минимальная высота фундамента:

$$H_f = h_{cf} + 0,2, \text{ м} \quad (1.1)$$

где h_{cf} – глубина стакана, м.

Глубина стакана принимается из условия:

$$h_{cf} = h_3 + 0,05, \text{ м} \quad (1.2)$$

где h_3 – глубина заделки колонны в стакан фундамента, определяется как большее из двух значений:

$$h_3 = (1,0 \dots 1,5)h_c, \text{ м} \quad (1.3)$$

$$h_3 = k \cdot d_s, \text{ м} \quad (1.4)$$

где h_c – высота поперечного сечения колонны, м;

d_s – диаметр продольной арматуры колонны, принимаем $d_s^{min} = 16 \text{ мм}$;

$k = 25$ – коэффициент анкеровки арматуры колонны в стакане фундамента.

Минимальная высота железобетонного фундамента под железобетонные колонны для одноэтажных и многоэтажных зданий принимается из условия надежного заземления фундамента в грунте и равна $H_f = 1,5 \text{ м}$.

Окончательная высота фундамента уточняется после определения размеров подошвы.

Выбор глубины заложения фундамента

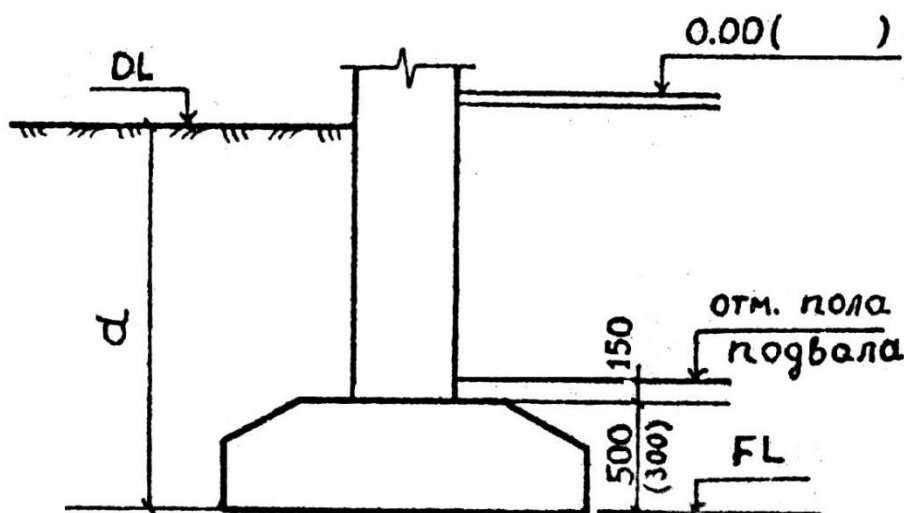


Рис.1. Схема для расчёта глубины заложения подошвы фундамента.

Определение глубины заложения производится с учетом следующих факторов:

1. Климатических условий местности (глубина промерзания грунтов), если грунты строительной площадки пучиноопасны.
2. Инженерно-геологических условий строительной площадки (глубина залегания и мощность несущего слоя грунта).
3. Конструктивных особенностей возводимых и существующих примыкающих площадок, сооружений.
4. Величины и характера нагрузки на основания.
5. Отметка пола первого этажа $\pm 0,000$.

Отметим, что при необходимости учета глубины промерзания грунтов, глубина заложения фундамента d должна удовлетворить условию:

Определяем расчетную глубину сезонного промерзания для грунта, в котором располагается подошва фундамента (несущий слой) по формуле:

$$d_f = k_h \cdot d_{fn};$$

где: d_f - расчетная глубина сезонного промерзания грунта;

d_{fn} - нормативная глубина сезонного промерзания;

k_h — коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения.

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}$$

где M_t - безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе;

d_0 - величина, зависящая от вида грунта под подошвой фундамента.

В случае учета инженерно-геологических условий строительной площадки необходимо, чтобы

$$d \geq d_f$$

Все коэффициенты в приведённых формулах, принимаются согласно СП 22.13330.2011 – «Основание зданий и сооружений» [5].

По гидрогеологическим условиям в период строительства и эксплуатации сооружения фундаменты мелкого заложения закладываем выше уровня грунтовых вод.

Определяем глубину заложения подошвы фундамента, исходя из конструктивных особенностей здания (рис. 1).

Глубина заложения подошвы фундамента, определяется следующим образом:

$$d = d_6 + h_s + h_{cf} - h_u;$$

где d_6 - размер от чистого пола подвала до пола первого этажа;

- h_s - величина заглубления подошвы фундамента от низа пола подвала;
 h_{cf} - высота принятой конструкции пола подвала;
 h_u - высота цокольной части здания.

По гидрогеологическим условиям в период строительства и эксплуатации сооружения фундаменты мелкого заложения закладываем выше уровня грунтовых вод.

Конструирование фундаментов

После определения глубины заложения, размера подошвы фундамента производится назначение размера и количества уступов, т.е. конструирование фундамента с учетом материала. Известно, что в зависимости от условий работы материала, фундаменты бывают жесткие и гибкие. К жестким относятся каменные и бетонные фундаменты. По форме подошвы бывают сплошные, массивные под все сооружения; сплошными ленточными - по стены зданий и аналогичные конструкции; одиночными – под отдельные опоры, столбы, колонны; групповые – под несколько опор и колонн. При назначении размера уступов фундаментов необходимо исключить работы материала на изгиб, т.е. выполнить условия, записываемые в виде

$$\alpha \leq \alpha_{пред},$$

где α – угол линии уступов фундаментов;

$\alpha_{пред}$ – предельный угол рас-сеивания напряжений в материале фундамента и величины давлений на грунт.

В зависимости от материала наименьшая высота уступов задается $h_{min} = 40$ см постелистого камня; h_{min} уступа = 60 см – для рваного; $h_{min} = 30$ см – для бетона. Тогда для ширины уступов имеем $b_{уст} = h_{min} \operatorname{tg} \alpha_{пред}$.

При изменении глубины заложения фундамента требуется пере-ход от одной отметки к другой уступами высотой 0,5–0,6 м и соотношения длины уступа и высоты в порядке 2:1 в связанных грунтах и 3:1 – в несвязанных. К гибким относятся железобетонные фундаменты. По конструкции они могут быть ленточные, отдельные, перекрестные, сплошные в виде плиты, ребристые, кессонные, коробчатые. Прочность материала гибкого фундамента подбирают по расчету как для железобетонной конструкции, работающей на изгиб.

Как известно, железобетонные фундаменты бывают монолитные и сборные. Наибольшее применение имеют сборные фундаменты. Ленточные фундаменты могут быть сплошными и прерывистыми и состоят из бетонных блоков стен подвалов и железобетонных фундаментных плит, размены и марки которых установлены ГОСТом.

При выборе плиты требуется проверить безопасность величины изгибающего момента M , который возникает в ее консоли с допускаемым значением $M_{дон}$. Необходимо выполнить условия $M < M_{дон}$.

$$M_{дон} = \frac{a_k \cdot l_n \cdot P_{cp}}{2},$$

где $M_{дон}$ – допускаемое значение момента, значение которого указывается ГОСТом;

a_k – вылет консоли;

l_n – длина фундаментной плиты;

P_{cp} -среднее давление на грунт.

При заложении фундамента на различные глубины переход осуществляется ступенями.

Прерывистые ленточные фундаменты принимаются в целях экономии, в песках $l < 0,75$, в глинистых грунтах $l < 0,5$ при отсутствии требований повышенной жесткости. Величины оптимального интервала между плитами определяются по формуле:

$$C_{он} = \left(m_n \frac{b_n \cdot R_n}{b \cdot R} - 1 \right) l_n,$$

где m_n – коэффициент условий работы, принимаемый $m_n=1,3$, для песков $1<0,6$, для глинистых грунтов $I_L=0$; $m_n=1,0$, для песков $0,6<1<0,75$, для глинистых грунтов $0<I_L<0,5$;

b_n – ширина принятой плиты;

b – Расчетная ширина ленточного фундамента;

R – расчетное давление на грунт, вычисленное для случая сплошной фундаментной ширины;

l_n – длина фундаментной плиты;

R_n – расчетное давление на грунт в случае прерывистой плиты.

При конструировании должно быть выполнено условие $C_{on}<C<(0,9\gamma-1,2)$ м и одновременно $C<0,7l_n$, а также $l_n<1,4$. Как и в случае сплошного фундамента, необходимо проверить прочность консоли.

Определение предварительных размеров подошвы фундамента

Размеры подошвы определяем методом последовательного приближения.

Вычисляем площадь подошвы A в первом приближении

$$A_1 = F_{v,II} / R_0 - 0,85\gamma_{bem} \cdot d.$$

Подошву фундамента принимаем квадратной.

Исходя из A_1 , вычисляем ширину подошвы фундамента. Для квадратной подошвы:

$$b_1 = \sqrt{A_1}, \text{ м.}$$

Расчетное сопротивление грунта основания определяется по формуле (9.5) [6]:

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

где γ_{c1} и γ_{c2} – коэффициенты условий работы грунтового основания и здания во взаимодействии с основанием, определяются по таблице 5.4 [5].

$k = 1,0$ – коэффициент надежности, принимаемый равным 1, когда прочностные характеристики грунта (φ и c) определены, как задано в проекте, по результатам непосредственных испытаний грунтов строительной площадки.

M_γ, M_q, M_c – коэффициенты, принимаемые по таблице 5.5 [5] в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения φ грунта, находящегося непосредственно под подошвой фундамента, т.е. рабочего слоя. При $\varphi = 18^\circ$ (суглинок желто-бурый) принимаем:

$$M_\gamma = 0,43 \quad M_q = 2,73; \quad M_c = 5,31.$$

k_z – коэффициент, принимаемый равным: при $b < 10$ м $k_z = 1$;

b – ширина подошвы фундамента, м.

d – глубина заложения фундамента от уровня планировки, м.

γ'_{II} – осредненное (по слоям) значение удельного веса грунта, залегающего выше отметки заложения подошвы фундамента, кН/м^3

$$\gamma'_{II} = \frac{\gamma_{II1} \cdot h_1 + h_2 \gamma_{II2} + h_3 \gamma_{II3}}{h_1 + h_2 + h_3}$$

где: h_1, h_2 и h_3 – мощности вышележащих слоев грунта

γ_{II} – расчётное значение удельного веса грунта, залегающего ниже подошвы фундамента ;

c_{II} – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа. Принимаем $c_{II} = 21,5$ кПа.

d_I – приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, м;

d_b – глубина подвала, равная расстоянию от уровня планировки до пола подвала [5], м:

Вычисляем площадь подошвы во втором приближении

$$A_2 = F_{v,II} / R_0 - 0,85\gamma_{bem} \cdot d$$

Исходя из A_2 , вычисляем ширину подошвы фундамента.

Проверяем относительную разность 2-х значений b (b_1 ; b_2):

$$(b_2 - b_1) / b_2$$

Прекращаем вычисления при относительной разности меньше 10%.

Вычисляем среднее давление под подошвой фундамента

$$P = (F_{v,II} + G_{\phi,II} + G_{GP,II}) / A$$

Рассчитываем значение R при b_n .

Расчёт давления на подстилающий слой

Проверяем выполнение следующих условий:

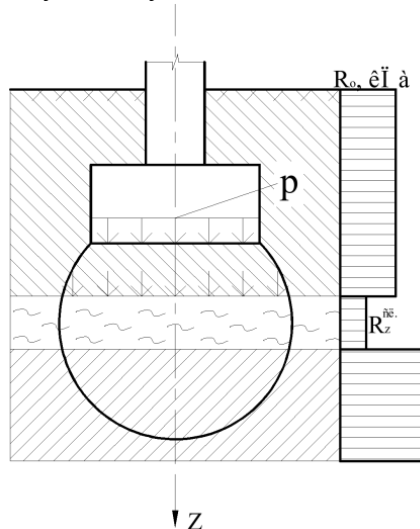


Рисунок 2 Давление на слабый подстилающий слой грунта

а) среднее давление под подошвой фундамента не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания, т.е. $P \leq R$;

б) при действии момента в одном направлении давление под наиболее и наименее нагруженной гранью фундамента должно быть соответственно:

$$P_{max} \leq 1.2R, \text{ кПа} \quad \text{и} \quad P_{min} \geq 0;$$

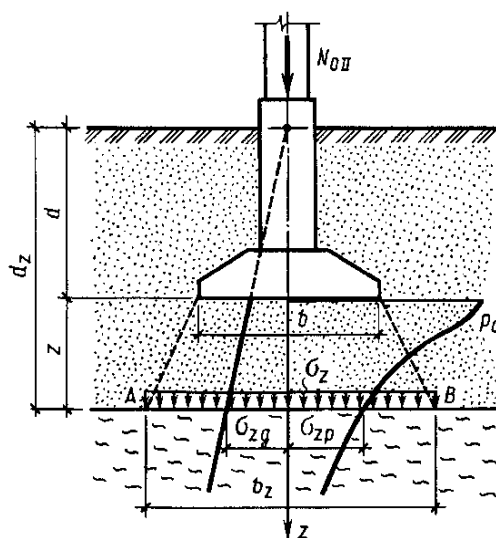


Рисунок 3 Расчетная схема к проверке давления на подстилающий слой слабого грунта.

$$P_{\max}^{\min} = (F_{V,II} + G_{\phi,II} + G_{GP,II}) / A \pm (M_{X,II} + F_{h,II} d) / W_X$$

где $W_X = bl^2 / 6$, м³.

Если условие не соблюдается (но очень близко к соблюдению).

Смещаем подошву фундамента в направлении действия момента относительно неподвижной колонны, тогда величина эксцентриситета e_ϕ , м - равна расстоянию от центра подошвы до точки пересечения оси колонны с подошвой фундамента (рис. 4). Значения $P_{\max}$ и $P_{\min}$ для проверки вышеприведенных условий определяем по формуле:

$$P_{\max}^{\min} = (F_{V,II} + G_{\phi,II} + G_{GP,II}) / A \pm [M_{X,II} + F_{h,II} d - (F_{V,II} + G_{\phi,II} + G_{GP,II}) e_\phi] / W_X$$

Если условия соблюдаются, то для дальнейших расчетов принимаем последние значения b_n и A_n .

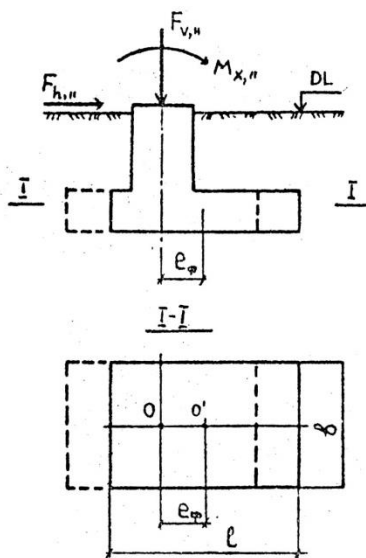


Рис. 4. Схема размещения подошвы фундамента относительно оси колонны при центральном нагружении (штриховая линия); при действии значительных по величине моментов (сплошная линия): 0 – точка пересечения оси колонны с подошвой фундамента; 0' – геометрический центр подошвы фундамента

Пример решения задачи № 1

Расчет и конструирование фундамента мелкого заложения

Исходные данные:

Нагрузка на верхний обрез фундамента		
$F_{v,II}$, кН	$M_{x,II}$, кН	$F_{h,II}$, кН·м
1350	135	18

Грунты основания:

1-й слой – чернозем, мощность 0,3 м, $\gamma_{II} = 17,0$ кН/м³

2-й слой – суглинок с черноземом, мощность 0,7 м, $\gamma_{II} = 19,3$ кН/м³; с $R_0 = 221$ кПа; $c_n = 24,5$ кПа; $\phi_n = 21^\circ$; $E = 15500$ кПа.

3-ой слой – суглинок желто-бурый, мощность 4,2 м; $\gamma_{II} = 19,5$ кН/м³; $\gamma_{sb} = 9,92$ кН/м³; с $R_0 = 297$ кПа, $c_n = 21,5$ кПа, $\phi_n = 18^\circ$; $E = 13500$ кПа;

Размеры подошвы определяем методом последовательного приближения.

Вычисляем площадь подошвы A в первом приближении

$$A_1 = F_{v,II} / R_0 - 0,85 \gamma_{bem} \cdot d = 1350 / (297 - 0,85 \cdot 24 \cdot 1,5) = 6,48 \text{ м}^2.$$

Подошву фундамента принимаем квадратной.

Исходя из A_1 , вычисляем ширину подошвы фундамента. Для квадратной подошвы:
 $b_1 = \sqrt{A_1} = 2,54 \text{ м.}$

Расчетное сопротивление грунта основания определяется по формуле (9.5) [6]:

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

где γ_{c1} и γ_{c2} - коэффициенты условий работы грунтового основания и здания во взаимодействии с основанием, определяются по таблице 9.1 [6]. Принимаем $\gamma_{c1} = 1,1$; $\gamma_{c2} = 1,0$.

$k = 1,0$ - коэффициент надежности, принимаемый равным 1, когда прочностные характеристики грунта (φ и c) определены, как задано в проекте, по результатам непосредственных испытаний грунтов строительной площадки.

M_γ, M_q, M_c - коэффициенты, принимаемые по таблице 6.1 [6] в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения φ грунта, находящегося непосредственно под подошвой фундамента, т.е. рабочего слоя. При $\varphi = 18^\circ$ (суглинок желто-бурый) принимаем:

$$M_\gamma = 0,43 \quad M_q = 2,73; \quad M_c = 5,31.$$

k_z - коэффициент, принимаемый равным: при $b < 10 \text{ м}$ $k_z = 1$;

b - ширина подошвы фундамента, м.

В данном случае для фундамента из сборных железобетонных элементов принимаем $k_z = 1$.

d - глубина заложения фундамента от уровня планировки, м. Согласно проведенным выше вычислениям $d = 1,5 \text{ м.}$

γ'_{II} - осредненное (по слоям) значение удельного веса грунта, залегающего выше отметки заложения подошвы фундамента, кН/м^3

$$\gamma'_{II} = \frac{\gamma_{II1} \cdot h_1 + h_2 \gamma_{II2} + h_3 \gamma_{II3}}{h_1 + h_2 + h_3}$$

где: h_1, h_2 и h_3 - мощности вышележащих слоев грунта (соответственно 0,3 м, 0,7 и 0,5 м);

$$\gamma'_{II} = \frac{17,0 \cdot 0,3 + 19,3 \cdot 0,7 + 19,5 \cdot 0,5}{0,3 + 0,7 + 0,5} = 18,9 (\text{кН/м}^3)$$

$$\gamma_{II} = 19,5 (\text{кН/м}^3)$$

γ_{II} - расчетное значение удельного веса грунта, залегающего ниже подошвы фундамента ;

c_{II} - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа. Принимаем $c_{II} = 21,5 \text{ кПа.}$

d_I - приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, м;

$$d_1 = d = 1,5 \text{ м} - \text{нет подвала}$$

d_b - глубина подвала, равная расстоянию от уровня планировки до пола подвала [6], м:

$$d_b = 0$$

Рассчитываем значение R при $b = 2,54 \text{ м.}$

$$R = \frac{1,1 \cdot 1,0}{1,0} [0,43 \cdot 1 \cdot 2,54 \cdot 19,5 + 2,73 \cdot 1,5 \cdot 18,9 + (2,73 - 1) \cdot 0 \cdot 18,9 + 5,47 \cdot 21,5] = 237,9 \text{ кПа.}$$

Вычисляем площадь подошвы во втором приближении

$$A_2 = F_{v,II} / R_0 - 0,85 \gamma_{\text{бет}} \cdot d = 1350 / (237,9 - 0,85 \cdot 24 \cdot 1,5) = 6,51 \text{ м}^2$$

Исходя из A_2 , вычисляем ширину подошвы фундамента. Для квадратной подошвы:

$$b_2 = \sqrt{6,51} = 2,55 \text{ м.}$$

Проверяем относительную разность 2-х значений b ($b_1 = 2,54 \text{ м; } b_2 = 2,55 \text{ м}$):

$$(2,55 - 2,54)/2,55 = 0,004$$

Относительная разность меньше 10%.

Так как заданный по условию момент 135 кН·м принимаем $b = 2,6$ м, $A = 6,76$ м².

Проверяем выполнение следующих условий:

а) среднее давление под подошвой фундамента не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания, т.е. $P \leq R$; $235,7$ кПа $\leq 238,5$ кПа – условие соблюдается;

б) при действии момента в одном направлении давление под наиболее и наименее нагруженной гранью фундамента должно быть соответственно:

$$P_{\max} \leq 1,2R = 286,2 \text{ кПа} \quad \text{и} \quad P_{\min} \geq 0;$$

$$P_{\max} = (F_{V,II} + G_{\phi,II} + G_{ГР,II}) / A \pm (M_{X,II} + F_{h,II} d) / W_X$$

$$\text{где } W_X = bl^2 / 6 = 2,6 \cdot 2,6^2 / 6 = 2,93 \text{ м}^3.$$

$$P_{\max, \min} = 235,7 \pm (135 + 18 \cdot 1,5) / 2,93 = 235,7 \pm 55,3;$$

$$P_{\max} 291,0 \leq 1,2 R = 286,2 \text{ кПа}$$

$$P_{\min} = 180,4 \geq 0; \text{ условие не соблюдается.}$$

Смещаем подошву фундамента в направлении действия момента относительно неподвижной колонны, тогда величина эксцентриситета $e_\phi = 0,06$ м - равна расстоянию от центра подошвы до точки пересечения оси колонны с подошвой фундамента (рис. 5). Значения $P_{\max}$ и $P_{\min}$ для проверки вышеприведенных условий определяем по формуле:

$$P_{\max} = (F_{V,II} + G_{\phi,II} + G_{ГР,II}) / A \pm [M_{X,II} + F_{h,II} d - (F_{V,II} + G_{\phi,II} + G_{ГР,II}) e_\phi] / W_X$$

$$P_{\max, \min} = 235,7 \pm [135 + 18 \cdot 1,5 - (1350 + 6,76 \cdot 1,5 \cdot 24) \cdot 0,01] / 2,93 = 235,7 \pm 50,0;$$

$$P_{\max} = 285,7 < 1,2 R = 286,2 \text{ кПа.}$$

$$P_{\min} = 185,7 \text{ кПа} > 0. \text{ Условия соблюдаются.}$$

Для дальнейших расчетов принимаем $b = 2,6$ м, $A = 6,76$ м².

Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на величину потребной площади фундамента?
2. Как изменится величина потребной площади фундамента при увеличении расчетной вертикальной нагрузки?
3. При каком соотношении потребной, минимальной и максимальной площадей фундамента конструируют фундамент с минимальными размерами?
4. При каком соотношении потребной, минимальной и максимальной площадей фундамента конструируют фундамент с максимальными размерами?
5. Исходя из каких соображений назначается количество уступов?
6. Чему равен минимальный и максимальный вылет уступа?
7. Какова последовательность конструирования фундамента?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Перечень основной литературы

1. Барменкова Е.В. Расчет системы здание - фундамент - основание с использованием модели двухслойной балки на упругом основании винклеровского типа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Барменкова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 35 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40439>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Основания и фундаменты [Электронный ресурс]: методическое пособие к выполнению курсового проектирования для студентов по направлению подготовки 270800.62 «Строительство» профиль («Промышленное и гражданское строительство»)/ — Электрон. текстовые данные.— Черкесск: Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, 2014.— 97 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27214>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Черныш А.С. Расчет оснований и фундаментов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Черныш А.С., Калачук Т.Г., Куликов Г.В.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014.— 83 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28392>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Перечень дополнительной литературы

4. Алексеев С.И. Механика грунтов, основания и фундаменты [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев С.И., Алексеев П.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014.— 332 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45278>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
5. СП 22.13330.2011. Основания и фундаменты зданий и сооружений. – М., 2011.
6. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. – М., 2011.
7. СП 26.13330.2012. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. - М., 2012.
8. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М., 2012.
9. СП 47.1333.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М., 2016

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

10. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основания и фундаменты».
11. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Основания и фундаменты».
12. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Основания и фундаменты».

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

13. Научная электронная библиотека диссертаций Российской государственной

библиотеки (РГБ) – www.diss.rsl.ru

14. «Национальный Электронно-Информационный консорциум» (НП «НЭИКОН») www.neicon.ru

15. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» www.window.edu.ru

16. Ассоциация региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) – www.arbicon.ru

17. Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» www.ict.edu.ru

18. Научная электронная библиотека e-library – www.elibrary.ru

19. Электронная библиотека и электронный каталог научной библиотеки СКФУ – www.library.stavsu.ru

Практическая работа № 2 (4,5 часа)

Тема: Расчёт свайного фундамента (висячие забивные сваи)

Цель работы: Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки, конструктивных параметров ростверков куста свай

Для выполнения данного практического занятия студент должен:

- | | |
|----------|--|
| Знать | <ul style="list-style-type: none">- базу нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- параметры расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методику выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;— - методику конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию;— методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| Уметь | <ul style="list-style-type: none">- применять базу нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- применять параметры расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- пользоваться методикой выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;— - пользоваться методикой конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию |
| Владеть: | <ul style="list-style-type: none">базой нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методикой выбора параметров расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методикой выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;- методикой конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию |

при этом формируются компетенции:

— ПКО-4 - способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения.

Актуальность темы

В тех случаях, когда с поверхности залегают слои слабых грунтов, не обладающих достаточной несущей способностью, чтобы служить основанием для фундаментов мелкого заложения проектируемого сооружения, возникает необходимость передачи нагрузки на более плотные грунты, расположенные на некоторой глубине. В этих условиях чаще всего прибегают к устройству фундаментов из свай.

В настоящее время в строительстве применяется более 150 типов свай и их конструктивных видов, которые принято классифицировать по двум основным признакам: по характеру передачи нагрузки на грунт и по условиям изготовления свай.

Теоретическая часть

Свайей называют погруженный в готовом виде или изготовленный в грунте стержень, предназначенный для передачи нагрузки от сооружения на грунт основания. Группы или ряды свай, объединенные поверху распределительной плитой или балкой, образуют свайный фундамент. Распределительные плиты и балки, выполненные, как правило, из монолитного или сборного железобетона, называют ростверками. Ростверки воспринимают, распределяют и передают на сваи нагрузку от расположенного на фундаменте сооружения.

К висячим сваям относятся сваи, опирающиеся на сжимаемые грунты. Под действием продольного усилия N висячая свая получает вертикальные перемещения, достаточные для возникновения сил трения между свайей и грунтом. В результате нагрузка на основание передается как боковой поверхностью свай, так и ее нижним концом.

Несущая способность висячей сваи определяется суммой сопротивления сил трения по ее боковой поверхности и грунта под острием. трения между свайей и грунтом. В результате нагрузка на основание передается как боковой поверхностью свай, так и ее нижним концом. Несущая способность висячей сваи определяется суммой сопротивления сил трения по ее боковой поверхности и грунта под острием.

Определение длины свай.

Минимальная длина свай L должна быть достаточной для того, чтобы прорезать слабые грунты основания с заглублением на минимальную величину Δh в несущий слой.

$$l = H_1 + H_2 + H_3 + \Delta h + 0,1 - H_p,$$

где: L – длина свай, принимается кратно 1 м;

H_i – мощность слоёв грунтового основания;

$0,1$ – заделка свай в ростверк;

Δh – принимается с учётом заделки свай в несущий слой грунта.

Величина Δh зависит от показателя текучести глинистого грунта I_L :

– при $I_L < 0,1$ $\Delta h_{min} = 0,5$ м;

– при $I_L > 0,1$ $\Delta h_{min} = 1 \dots 1,5$ м.

Для песчаных грунтов: плотных $\Delta h \geq 0,5$ м; песков средней плотности $\Delta h \geq 1$ м.

Глубина заложения подошвы ростверка принимается не менее:

$$H_p \geq d_s + h_{cf} + h_p$$

где: d_s – глубина подвала, м;

$h_{cf} = 0,2$ м – толщина конструкции пола подвала;

$h_p = 0,4$ м – высота плиты ростверка.

Определение несущей способности свай по грунту F_d и расчетной нагрузки $R_{св}$ на одну сваю.

Несущую способность F_d , кН, висячей забивной и вдавливаемой свай и свай-оболочки, погружаемой без выемки грунта, работающих на сжимающую нагрузку, следует определять как сумму расчетных сопротивлений грунтов основания под нижним концом свай и на ее боковой поверхности по формуле

$$F_d = \gamma_c \left(\gamma_{cr} \cdot R \cdot A + U \sum \gamma_{cf} \cdot f_1 \cdot h_1 \right)$$

γ_c – коэффициент условий работы свай в грунте;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай, кПа;

A – площадь поперечного сечения свай, м²;

U – наружный периметр поперечного сечения свай, м;

f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности свай, кПа;

h_i - толщина слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай;

γ_{cR} ; γ_{cf} - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности свай, принимаемой по таблице 2.1.

В формуле суммировать сопротивления грунта следует по всем слоям грунта, пройденным сваями, за исключением случаев, когда проектом предусматривается планировка территории срезкой или возможен размыв грунта. В этих случаях следует суммировать сопротивления всех слоев грунта, расположенных соответственно ниже уровня планировки (срезки) и дна водоема после его местного размыва при расчетном паводке.

Коэффициенты условий работы грунта

Таблица 2.1

Способы погружения забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, и виды грунтов	Коэффициенты условий работы грунта при расчете несущей способности свай	
	под нижним концом γ_{cR}	на боковой поверхности γ_{cf}
1 Погружение сплошных и полых с закрытым нижним концом свай механическими (подвесными), паровоздушными и дизельными молотами	1,0	1,0
2 Погружение забивкой и вдавливанием в предварительно пробуренные лидерные скважины с заглублением концов свай не менее 1 м ниже забоя скважины при ее диаметре:		
а) равном стороне квадратной свай	1,0	0,5
б) на 0,05 м менее стороны квадратной свай	1,0	0,6
в) на 0,15 м менее стороны квадратной или диаметра свай круглого сечения (для опор линий электропередачи)	1,0	1,0
3 Погружение с подмывом в песчаные грунты при условии добивки свай на последнем этапе погружения без применения подмыва на 1 м и более	1,0	0,9
4 Вибропогружение свай-оболочек, вибропогружение и вибро-вдавливание свай в грунты:		
а) пески средней плотности:		
крупные и средней крупности	1,2	1,0
мелкие	1,1	1,0
пылеватые	1,0	1,0

Расчетные сопротивления под нижним концом забивных и вдавливаемых свай

Таблица 2.2

Глубина погружения нижнего конца свай, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R, кПа						
	песков средней плотности						
	гравелистых	крупных	—	средней крупности	мелких	пылеватых	—
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500	6600 4000	3000	3100 2000	2000 1200	1100	600
4	8300	6800 5100	3800	3200 2500	2100 1600	1250	700

Окончание таблицы 2.2

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R , кПа						
	песков средней плотности						
	гравелистых	крупных	—	средней крупности	мелких	пылеватых	—
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
5	8800	7000 6200	4000	3400 2800	2200 2000	1300	800
7	9700	7300 6900	4300	3700 3300	2400 2200	1400	850
10	10500	7700 7300	5000	4000 3500	2600 2400	1500	900
15	11700	8200 7500	5600	4400 4000	2900	1650	1000
20	12600	8500	6200	4800 4500	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
>35	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400
Примечания 1 Над чертой даны значения R для песков, под чертой — для глинистых грунтов. 2 В таблицах 7.2 и 7.3 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 м — от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки. Глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта в водоеме следует принимать от уровня дна после общего размыва расчетным паводком, на болотах — от уровня дна болота. При проектировании путепроводов через выемки глубиной до 6 м для свай, забиваемых молотами без подмыва или устройства лидерных скважин, глубину погружения в грунт нижнего конца сваи в таблице 7.2 следует принимать от уровня природного рельефа в месте сооружения фундамента. Для выемок глубиной более 6 м глубину погружения свай следует принимать как для выемок глубиной 6 м. 3 Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести I_L глинистых грунтов значения R и f в таблицах 7.2 и 7.3 определяют интерполяцией. 4 Для плотных песков, плотность которых определена по данным статического зондирования, значения R по таблице 7.2 для свай, погруженных без использования подмыва или лидерных скважин, следует увеличить на 100 %. При определении плотности грунта по данным других видов инженерных изысканий и отсутствии данных статического зондирования для плотных песков значения R по таблице 7.2 следует увеличить на 60 %, но не более чем до 20 000 кПа. 5 Значения расчетных сопротивлений R по таблице 7.2 допускается использовать при условии, если заглубление свай в неразмываемый и несрезаемый грунт составляет не менее, м: 4,0 — для мостов и гидротехнических сооружений; 3,0 — для зданий и прочих сооружений. 6 Значения расчетного сопротивления R под нижним концом забивных свай сечением 0,15 x 0,15 м и менее, используемых в качестве фундаментов под внутренние перегородки одноэтажных производственных зданий, допускается увеличивать на 20 %. 7 Для супесей при числе пластичности $I_p < 4$ и коэффициенте пористости $e < 0,8$ расчетные сопротивления R и f следует определять как для пылеватых песков средней плотности. 8 При расчетах показатель текучести грунтов следует принимать применительно к прогнозируемому их состоянию в период эксплуатации проектируемых зданий и сооружений.							

Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных и вдавливаемых свай
Т а б л и ц а 2.3

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек f , кПа								
	песков средней плотности								
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	—	—	—	—	—	—
	глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном								
	<0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
>35	100	70	50	36	22	13	9	8	7

П р и м е ч а н и я
 1 При определении расчетного сопротивления грунта на боковой поверхности свай f следует учитывать требования, изложенные в примечаниях 2, 3 и 8 к таблице 7.2.
 2 При определении расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f_i пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.
 3 Значения расчетного сопротивления плотных песков на боковой поверхности свай f_i следует увеличивать на 30 % по сравнению со значениями, приведенными в таблице.
 4 Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15 % по сравнению со значениями, приведенными в таблице 7.3, при любых значениях показателя текучести.

Расчетная допустимая нагрузка на сваю $P_{св}$ определяется по формуле:

$$P_{св} = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{563,3}{1,4} = 402,3 \text{ (кН)}$$

где: $\gamma_k = 1,4$ - коэффициент надежности.

Необходимое число свай n :

$$n = \gamma_k \cdot F_{v,II} / F_d, \text{ (шт. свай)}$$

Определяем расстояние a между сваями из условия: $a = (3 - 5) d$, м.

Расчет одиночной сваи в составе фундамента по первой группе предельных состояний (по несущей способности грунта основания сваи)

Вычисляем усилия передаваемые ростверком на сваи. Вертикальное усилие на уровне подошвы ростверка N_{d1} :

$$N_{d1} = F_{v,II} + G_{pI} + G_{гр};$$

где: G_{pI} – вес ростверка, кН;

$G_{гр}$ – вес грунта на обрезах ростверка, кН.

Определяют расчетную нагрузку на максимально и минимально нагруженные сваи (крайние в кусте) N_1

$$N_{\max, \min} = \frac{N_{d1}}{n} \pm M_{x,I} \frac{y_{\max, \min}}{\sum y_i^2} = 341,6 \pm \frac{135 \cdot 0,9}{0,45^2 \cdot 4} = 341,6 \pm 150,0 \text{ кН};$$

где y_i - расстояние от центральной оси X ростверка до оси каждой сваи;

- $y_{\max, \min}$ – расстояние от оси X до оси крайних свай по обе стороны.

Проверяем условие: $N_{\max} \leq F_d / \gamma_k$

Если условие не выполнено, но результат близок к допустимому, то смещаем ростверк вместе со сваями относительно неподвижной колонны в направлении действия момента $M_{x,1}$, т.е. задаём эксцентриситет e_ϕ и вычисляем:

$$N_{I,\max(\min)} = N_{d,I} / n \pm (M_{x,I} y_{\max(\min)} - N_{d,I} e) / \sum_{i=1}^n y_i^2.$$

Пример решения задачи № 1

Расчёт свайного фундамента

Условия задачи:

Нагрузка на верхний обрез фундамента:

Таблица 2.4

Номер фундамента	$F_{v,II}$ кН	M_{II} , к Н · м	$F_{h,II}$ кН
2	2225	87	24

1-й слой грунта

Плодородный слой чернозёма имеет мощность 0,3 м, объёмная масса $\gamma_{sb} = 17$ кН/м³.

2-й слой грунта

- число пластичности: $I_p = 0,12$;
- коэффициент пористости: $e = 0,72$;
- степень влажности: $S_R = 0,86$ – влажные;
- показатель текучести:
 $I_L = 0,42$;
- удельный вес с учётом взвешивающего действия воды:
 $\gamma_{sb} = 9,88$ (кН/м³).

Устанавливаем грунт – суглинок, содержит чернозём с $R_0 = 221$ кПа, $c_n = 24,5$ кПа; $\varphi_n = 21^\circ$; $E = 15500$ кПа.

3-й слой грунта (образец 2) скважина 1, глубина отбора образца 4,0 м.

- число пластичности:
 $I_p = 0,15$;
- коэффициент пористости:
 $e = 0,72$;
- степень влажности:
 $S_R = 0,9$ – насыщенные водой;
- показатель текучести:
 $I_L = 0,53$;
- удельный вес с учётом взвешивающего действия воды:
 $\gamma_{sb} = 9,92$ (кН/м³).

Устанавливаем грунт – суглинок жёлто-бурый, тугопластичный, насыщенный водой с $R_0 = 297$ кПа, $c_n = 21,5$ кПа, $\varphi_n = 18^\circ$; $E = 13500$ кПа.

4-й слой грунта (образец 3) скважина 2, глубина отбора образца 7,0 м.

- число пластичности: $I_p = 0$;
- коэффициент пористости:
 $e = 0,98$;
- степень влажности:
 $S_R = 1,0$ – насыщенный водой.
- показатель текучести:

I_L – нет;

- удельный вес с учётом взвешивающего действия воды:

$$\gamma_{sb} = 8,78 \text{ (кН/м}^3\text{)}.$$

Устанавливаем грунт – песок жёлто-бурый, пылеватый, насыщенный водой, с $R_0 = 100$ кПа, $c_n = 2,0$ кПа, $\varphi_n = 26^\circ$; $E = 11000$ кПа.

5-й слой грунта (образец 4) скважина 2, глубина отбора образца 11,0 м

- число пластичности:

$$I_p = 0,10.$$

- коэффициент пористости:

$$e = 0,74;$$

- степень влажности:

$$S_R = - \text{насыщенные водой.}$$

- показатель текучести:

$$I_L = 0,80$$

- удельный вес с учётом взвешивающего действия воды:

$$\gamma_{sb} = 9,84 \text{ (кН/м}^3\text{)}.$$

Устанавливаем грунт – суглинок жёлто-бурый, текучепластичная, насыщенная водой с $R_0 = 183$ кПа; $c_n = 20,5$ кПа; $\varphi_n = 18^\circ$; $E = 12500$ кПа.

6-й слой грунта (образец 5) скважина 3, глубина отбора образца 14,0 м.

- число пластичности:

$$I_p = 0,2;$$

- коэффициент пористости:

$$e = 0,74;$$

- степень влажности:

$$S_R = 1,0 - \text{насыщенные водой.}$$

- показатель текучести:

$$I_L = 0,15;$$

- удельный вес с учётом взвешивающего действия воды:

$$\gamma_{sb} = 10,0 \text{ (кН/м}^3\text{)}.$$

Устанавливаем грунт – глина коричневая, полутвёрдая, насыщенная водой с $R_0 = 340$ кПа; $c_n = 21,3$ кПа; $\varphi_n = 19^\circ$; $E = 21300$ кПа

Район строительства г. Пятигорск

Уровень грунтовых вод соответствует отметке $WL = 6,0$ м. Здание имеет подвал, глубиной 2,7 м. Глубина заложения ростверка 3,0 метра.

Принимаем железобетонную забивную сваю - висячую сечением 35 x 35 см, стандартной длины $l = 4$ м, длина острия 0,3 м; заделку сваи в ростверк принимаем 0,10 м.

Рабочая длина сваи 3,9 м.

В соответствии с опасностью возникновения оползневых процессов и высокой сейсмичностью района строительства проектная глубина погружения свай принимается одинаковой.

В данном случае нижний конец сваи забивается в песок до отказа сваи.

Определение несущей способности сваи по грунту F_d и расчетной нагрузки $R_{св}$ на одну сваю.

Определяем несущую способность сваи:

$$F_d = \gamma_c \left(\gamma_{сR} \cdot R \cdot A + U \sum \gamma_{сf} \cdot f_1 \cdot h_1 \right)$$

где: $\gamma_c = 1$ - коэффициент условий работы сваи в грунте;

$R = 3720$ кПа - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи;

$A = 0,09 \text{ м}^2$ - площадь поперечного сечения сваи, м^2 ;

$U = 1,2 \text{ м}$ - наружный периметр поперечного сечения сваи, м ;

f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа;

h_i - толщина слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи;

$\gamma_{cR} = \gamma_{cf} = 1$ - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, принимаемой по таблице.

Находим значения f_i для определенных инженерно-геологических условий на средней глубине слоя :

- для суглинка жёлто-бурого на средней глубине слоя $z_1 = 4,0 \text{ м}$, $h_1 = 2,0 \text{ м}$, $f_1 = 22,0 \text{ кПа}$;
- для суглинка жёлто-бурого на средней глубине слоя $z_2 = 5,1 \text{ м}$, $h_2 = 0,2 \text{ м}$, $f_2 = 24,0 \text{ кПа}$;
- для песка жёлто-бурого на средней глубине слоя $z_3 = 6,05 \text{ м}$, $h_3 = 1,7 \text{ м}$, $f_3 = 58 \text{ кПа}$;

Определяем несущую способность сваи:

$$F_d = 1 \cdot [1 \cdot 3720 \cdot 0,09 + 1,2 \cdot (1 \cdot 22,0 \cdot 2,0 + 1 \cdot 24,0 \cdot 0,2 + 1 \cdot 58 \cdot 1,7)] = 493,7 \text{ (кН)}.$$

Расчетная допустимая нагрузка на сваю $P_{св}$ определяется по формуле:

$$P_{св} = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{493,7}{1,4} = 352,6 \text{ (кН)}$$

где: $\gamma_k = 1,4$ - коэффициент надежности.

Необходимое число свай n :

$$n = \gamma_k \cdot F_{v,II} / F_d = 1,4 \cdot 2225 / 493,7 = 6,3 \text{ (свай)}$$

Учитывая значительный крутящий момент и горизонтальную силу, принимаем 8 свай.

Определяем расстояние a между сваями: $a = 3 \cdot d = 3 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ м}$ Принимаем размеры ростверка: ширина - $b_p = 2,2 \text{ м}$, длину - $l_p = 2,4 \text{ м}$, высоту - $h_p = 0,4 \text{ м}$.

Расчет одиночной сваи в составе фундамента по первой группе предельных состояний (по несущей способности грунта основания сваи) [7].

Вычисляем усилия передаваемые ростверком на сваи. Вертикальное усилие на уровне подошвы ростверка N_{d1} :

$$N_{d1} = F_{v,II} + G_{pI} + G_{zp};$$

где: G_{pI} – вес ростверка;

G_{zp} – вес грунта на обрезах ростверка.

$$N_{d1} = 2225 + 2,4 \cdot 2,2 \cdot 0,4 \cdot 24 = 2275,7 \text{ (кН)};$$

$$N = N_{d1} / n = 284,5 \text{ (кН)} < P_{св} = 352,6 \text{ кН}.$$

Определяют расчетную нагрузку на максимально и минимально нагруженные сваи (крайние в кусте) N_1

$$N_{max,min} = \frac{N_{d1}}{n} \pm M_{x,I} \frac{y_{max,min}}{\sum y_i^2} = 284,5 \pm \frac{87 \cdot 1,8}{0,9^2 \cdot 4 + 0,45^2 \cdot 2} = 284,5 \pm 43,0 \text{ кН};$$

где y_i - расстояние от центральной оси X ростверка до оси каждой сваи;
 $y_{max,min}$ – расстояние от оси X до оси крайних свай по обе стороны.

Проверяем условие: $N_{max} \leq F_d / \gamma_k$

$$N_{max} = 327,5 \text{ кН};$$

$$N_{min} = 241,5 \text{ кН} > 0;$$

$$N_{max} \leq P_{св}; \quad 327,5 < 352,6 \text{ т.е. условие выполнено.}$$

Расчет основания свайного фундамента по II группе предельных состояний – по деформациям.

Для проверки осадок необходимо определить среднее давление p под подошвой условного фундамента и убедиться в том, что оно не превышает расчетного сопротивления R грунта, на который опирается условный фундамент, т.е. соблюдается условие: $p \leq R$.

Определение среднего давления p под подошвой условного фундамента.

Для вычисления p необходимо определить площадь условного квадратного фундамента $A_{усл}$ и нагрузки, передающиеся на эту площадь от собственного веса всех элементов, входящих в объем условного фундамента, а также от сооружения.

а) Площадь условного отдельно стоящего прямоугольного фундамента:

$$A_{усл} = b_{усл} \cdot l_{усл}$$

$$b_{усл} = a_b(m_b - 1) + 2\frac{d}{2} + 2 \cdot l_{св} \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi_{ср}}{4};$$

$$l_{усл} = a_l(m_l - 1) + 2\frac{d}{2} + 2 \cdot l_{св} \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi_{ср}}{4};$$

где: a_b и a_l – расстояние между осями свай соответственно по поперечным и продольным осям, м;

m_b и m_l – количество рядов свай по ширине и длине фундамента

$d = 0,35$ м – сторона квадратной сваи;

$l_{св} = 3,9$ м – рабочая длина сваи;

$\varphi_{ср}$ – среднее значение угла внутреннего трения φ слоев грунта в пределах рабочей длины сваи.

$$\frac{\varphi_{ср}}{4} = \frac{1}{4} \left(\frac{\varphi_{II1} \cdot l_1 + \varphi_{II2} \cdot l_2 + \dots + \varphi_i \cdot l_i}{l_1 + l_2 + \dots + l_i} \right) = \frac{1}{4} \left(\frac{18 \cdot 2,2 + 26 \cdot 1,7}{2,2 + 1,7} \right) = 5^\circ 20';$$

$$\operatorname{tg} 5^\circ 20' = 0,0932;$$

$$b_{усл} = 0,45 \cdot 4 + 0,3 + 2 \cdot 3,9 \cdot 0,0932 = 2,8 \text{ м};$$

$$l_{усл} = 0,8 \cdot 2 + 0,3 + 2 \cdot 3,9 \cdot 0,0932 = 2,6 \text{ м};$$

$$A_{усл} = 7,3 \text{ м}^2.$$

б) Объем условного фундамента, всех входящих в него конструктивных элементов и грунта:

$$Q_{ср} = V_{ср} \cdot \gamma_{ср} = (V_{усл.ф} - V_{св} - V_p) \gamma_{ср}$$

γ_{cp} - средневзвешенное значение удельного веса грунта в объеме условного фундамента:

$$\gamma_{cp} = \frac{\sum \gamma_{IIi} \cdot h_i}{\sum h_i} = \frac{19,5 \cdot 2,2 + 18,8 \cdot 0,8 + 8,78 \cdot 0,9}{2,2 + 0,8 + 0,9} = 16,9 (\text{кН/м}^3)$$

- объем условного фундамента: $V_{\text{усл.ф}} = A_{\text{усл}} \cdot h_{\text{усл}} = 7,3 \cdot 3,9 = 28,5 \text{ м}^3$;
- объем свай: $V_{\text{св}} = 0,3^2 \cdot 3,9 \cdot 8 = 2,8 \text{ м}^3$;
- объем ростверка: $V_p = 2,4 \cdot 2,2 \cdot 0,4 = 2,1 \text{ м}^3$;
- объем грунта в условном фундаменте:

$$V_{\text{гр}} = 28,5 - 3,8 - 2,1 = 22,6 \text{ м}^3.$$

в) Нагрузки от составных элементов условного фундамента:

- вес грунта в условном фундаменте:

$$Q_{\text{гр}} = V_{\text{гр}} \cdot \gamma_{cp} = 22,6 \cdot 16,9 = 381,9 (\text{кН});$$

- вес свай: $Q_{\text{св}} = V_{\text{св}} \cdot \gamma_{\text{жб}} = 2,8 \cdot 24 = 67,4 (\text{кН});$

- вес ростверка: $Q_p = V_p \cdot \gamma_{\text{жб}} = 2,1 \cdot 24 = 50,4 (\text{кН});$

Среднее вертикальное значение давления p от всех нагрузок под подошвой условного свайного фундамента:

$$p = \frac{2225 + 381,9 + 67,4 + 50,4}{7,3} = 373,3 (\text{кПа})$$

д) Вычисление расчетного сопротивления R песка, залегающей под подошвой условного фундамента:

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

$\gamma_{c1} = 1,25$ – коэффициент условия работы, зависящий от вида грунта.

$\gamma_{c2} = 1,1$ – коэффициент условия работы, зависящий от геометрических параметров здания.

$k = 1$ – коэффициент надежности.

$k_z = 1$ – коэффициент, принимается равным единице при ширине фундамента $b < 10$ м.

Так как угол внутреннего трения φ_2 рабочего слоя равен 26° , то

$$M_{\gamma} = 0,84; M_q = 4,37; M_c = 6,9;$$

$d = 3,9$ м – глубина заложения ростверка;

$b_{\text{усл}} = 2,8$ м – ширина условного фундамента;

$$R = \frac{1,25 \cdot 1,1}{1} (0,84 \cdot 1 \cdot 3,2 \cdot 8,8 + 4,37 \cdot 3,9 \cdot 16,9 + 6,9 \cdot 2,0) = 447,5 (\text{кПа})$$

$$373,3 < 447,5 \text{ – условие выполняется.}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Перечень основной литературы

20. Барменкова Е.В. Расчет системы здание - фундамент - основание с использованием модели двухслойной балки на упругом основании винклеровского типа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Барменкова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 35 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40439>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

21. Основания и фундаменты [Электронный ресурс]: методическое пособие к выполнению курсового проектирования для студентов по направлению подготовки 270800.62 «Строительство» профиль («Промышленное и гражданское строительство»)/ — Электрон. текстовые данные.— Черкесск: Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, 2014.— 97 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27214>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

22. Черныш А.С. Расчет оснований и фундаментов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Черныш А.С., Калачук Т.Г., Куликов Г.В.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014.— 83 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28392>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Перечень дополнительной литературы

23. Алексеев С.И. Механика грунтов, основания и фундаменты [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев С.И., Алексеев П.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014.— 332 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45278>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

24. СП 22.13330.2011. Основания и фундаменты зданий и сооружений. – М., 2011.

25. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. – М., 2011.

26. СП 26.13330.2012. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. - М., 2012.

27. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М., 2012.

28. СП 47.1333.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М., 2016

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

29. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основания и фундаменты».

30. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Основания и фундаменты».

31. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Основания и фундаменты».

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

32. Научная электронная библиотека диссертаций Российской государственной

библиотеки (РГБ) – www.diss.rsl.ru

33. «Национальный Электронно-Информационный консорциум» (НП «НЭИКОН») www.neicon.ru

34. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» www.window.edu.ru

35. Ассоциация региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) – www.arbicon.ru

36. Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» www.ict.edu.ru

37. Научная электронная библиотека e-library – www.elibrary.ru

38. Электронная библиотека и электронный каталог научной библиотеки СКФУ – www.library.stavsu.ru

Практическая работа № 3 (1,5 часа)

Тема: Расчёт осадки основания ФМЗ методом послойного суммирования

Цель работы: Определение несущей способности одиночной сваи при действии вертикальной нагрузки, конструктивных параметров ростверков куста свай

Для выполнения данного практического занятия студент должен:

- | | |
|----------|--|
| Знать | <ul style="list-style-type: none">- базу нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- параметры расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методику выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;— - методику конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию;— методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |
| Уметь | <ul style="list-style-type: none">- применять базу нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- применять параметры расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- пользоваться методикой выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;— - пользоваться методикой конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию |
| Владеть: | <ul style="list-style-type: none">базой нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методикой выбора параметров расчетной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;- методикой выполнения расчетов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;- методикой конструирования и графического оформления проектной документации на строительную конструкцию |

при этом формируются компетенции:

— ПКО-4 - способность проводить расчетное обоснование и конструирование строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения.

Актуальность темы

Согласно СП 22.13330.2011 основания должны рассчитываться по двум группам предельных состояний: первой - по несущей способности и второй - по деформациям. Студент должен обосновать необходимые расчеты оснований по предельным состояниям, а также метод расчета осадок основания..

Под воздействием нагрузки от сооружения его основание деформируется и дает

осадку, а в некоторых случаях - просадку. Осадкой основания (или осадкой фундамента) называют вертикальное перемещение поверхности грунта под подошвой фундамента, связанное с передачей на основание нагрузки от сооружения. Различают осадку основания равномерную и неравномерную. При равномерной осадке перемещения точек поверхности грунта под всей площадью фундамента одинаковы, а при неравномерной - неодинаковы. Равномерная осадка основания, как правило, не является опасной; неравномерная же осадка часто становится причиной нарушения условий нормальной эксплуатации сооружений, а иногда и их аварий. Для уплотнения грунта под нагрузкой требуется определенное время, в течение которого наблюдается рост осадки основания. Осадку, соответствующую окончательному уплотнению грунта, называют полной, конечной или стабилизированной. Большую быстро протекающую осадку, сопровождающуюся коренным изменением сложения грунта, называют просадкой. Просадка наблюдается, например, при выпирании грунта из-под подошвы фундамента и при замачивании макропористых грунтов под нагрузкой.

Теоретическая часть

Осадку основания фундамента с использованием расчетной схемы в виде линейно деформируемого полупространства определяют методом послойного суммирования по формуле [5]:

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

где: β – безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{zy,i}$ – среднее значение вертикального нормального напряжения от внешней нагрузки в i -м слое грунта по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, кПа;

h_i – толщина i -го слоя грунта, м, принимаемая не более 0,4 ширины фундамента;

E_i – модуль деформации i -го слоя грунта, кПа;

$\sigma_{zp,i}$ – среднее значение вертикального напряжения в i -м слое грунта по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, от собственного веса, выбранного при отрывке котлована, кПа;

n – число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания.

Значения вертикальных напряжений от внешней нагрузки σ_{zp} , на глубине z от подошвы фундамента по вертикали, проходящей через центр подошвы, определяют по формуле:

$$\sigma_{zp} = \alpha p,$$

где α – коэффициент, принимаемый по табл. П 2.4 приложения 2 в зависимости от относительной глубины $\frac{z}{b_f}$, равной $\frac{2z}{b_f}$ и соотношения сторон $\frac{b_f}{l_f}$;

p – среднее давление под подошвой фундамента, кПа.

Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на отметке подошвы фундамента $\sigma_{zg,0}$, на глубине z от подошвы фундаментов определяют по формуле:

$$\sigma_{zg} = \alpha \cdot \sigma_{zg,0};$$

где γ – средний удельный вес грунта, расположенного выше подошвы фундамента, кН/м³;

d – глубина заложения фундамента, м.

Вертикальное эффективное напряжение от собственного веса грунта σ_{zp} , на границе слоя, расположенного на глубине z от подошвы фундамента, определяется по формуле:

$$\sigma_{zg} = \gamma' + \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i - u,$$

где: γ_i , h_i – соответственно удельный вес, кН/м³, и толщина i -го слоя грунта, залегающего выше границы слоя на глубине z от подошвы фундамента, м;

u – поровое давление на рассматриваемой границе слоя, кПа.

Для неводонасыщенных грунтов поровое давление принимается равным нулю ($u=0$).

Удельный вес грунтов, залегающих ниже уровня подземных вод, должен приниматься с учетом взвешивающего действия воды при коэффициенте фильтрации слоя грунта больше 1×10^{-5} м/сут и $I_L > 0,25$ (для глинистых грунтов).

При расположении ниже уровня грунтовых вод слоя грунта с коэффициентом фильтрации менее 1×10^{-5} м/сут и $I_L < 0,25$ (для глинистых грунтов) его удельный вес принимается без учета взвешивающего действия воды, для определения в этом слое и ниже его следует учитывать давление столба воды, расположенного выше этого слоя.

Нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z=H_c$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5 \cdot \sigma_{zg}$.

Расчетную величину осадки основания S сравниваем с предельным значением осадки основания фундаментов S_u , приведенным в рекомендуемом Приложении Д [5]:

$$S \leq S_u.$$

Пример решения задачи № 3

Условия задачи те же, что в задачах 1 и 2.

Последовательность расчета осадки основания фундамента мелкого заложения:

1. Вычерчиваем расчетную схему (рис.7).
2. Вычисляем вертикальные нормальные напряжения от собственного веса грунта

$$\bar{\sigma}_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_{II,i} h_i$$

и строим эпюру σ_{zg} слева от оси z и эпюру $0,2 \sigma_{zg}$ справа. Ниже уровня грунтовых вод учитываем взвешивающее действие воды на скелет песчаного грунта и супеси.

На поверхности земли $\sigma_{zg}^0 = 0$; $0,2\sigma_{zg}^0 = 0$.

На контакте I и II слоёв (глубина 0,3 м)

$$\sigma_{zg}^I = 17,0 \cdot 0,3 = 5,1 \text{ (кПа);}$$

$$0,2\sigma_{zg}^I = 1,0 \text{ кПа.}$$

На контакте II и III слоёв (глубина 1,0 м)

$$\sigma_{zg}^{II} = 5,1 + 19,3 \cdot 0,7 = 18,61 \text{ кПа;}$$

$$0,2\sigma_{zg}^{II} = 3,7 \text{ кПа;}$$

На контакте III и IV слоёв (глубина 5,2 м)

$$\sigma_{zg}^{III} = 18,61 + 19,5 \cdot 4,2 = 100,51 \text{ кПа;}$$

$$0,2\sigma_{zg}^{III} = 20,1 \text{ кПа;}$$

На контакте IV и грунтовых вод (глубина 6,0 м)

$$\sigma_{zg}^{IV} = 100,51 + 18,8 \cdot 0,8 = 115,55 \text{ кПа;}$$

$$0,2\sigma_{zg}^{IV} = 23,11 \text{ кПа;}$$

На контакте V слоя и грунтовых вод (глубина 7,9 м):

$$\sigma_{zg}^V = 115,55 + 8,78 \cdot 1,8 = 131,4 \text{ кПа;}$$

$$0,2\sigma_{zg}^V = 26,3 \text{ кПа.}$$

$$\sigma_{zg}^V = 131,4 + 9,84 \cdot 4,4 = 174,64 \text{ кПа;}$$

$$0,2\sigma_{zg}^V = 34,9 \text{ кПа.}$$

На контакте V и VI слоёв (глубина 12,3 м)

$$\sigma_{zg}^{VI} = 174,64 + 10,0 \cdot 6,2 = 236,6 \text{ кПа;}$$

$$0,2\sigma_{zg}^{VI} = 47,3 \text{ кПа.}$$

В VI слое (глубина 15,0 м):

$$\sigma_{zg}^{VI} = 236,6 + 20,0 \cdot 2,7 = 290,64 \text{ кПа;}$$

$$0,2\sigma_{zg}^{VI} = 58,1 \text{ кПа.}$$

3. Определяем величину дополнительного (осадочного) давления на грунт под подошвой фундамента.

$$P_0 = P - \sigma_{zg,0} = 289,3 - 19,2 \cdot 3,0 = 231,7 \text{ кПа}$$

где: $P = (F_{V,II} + G_{f,II} + G_{zp,II})/A$.

4. Разбиваем толщу основания на элементарные слои толщиной h_i (не обязательно равные) исходя из условия $h_i \leq 0,2b$.

Границы элементарных слоев совпадают с границами естественных напластований. Определяем координату подошвы элементарных слоев, причем $z = 0$ соответствует подошве фундамента, и начинаем заполнение табл. 9.

5. Вычисляем дополнительные вертикальные нормальные напряжения на границах слоев грунта

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0,$$

где α - коэффициент, учитывающий уменьшение по глубине дополнительного давления (приложение Д1) [5].

Таблица 9.

Расчёт осадок фундамента ФМЗ ф2 методом послойного суммирования

№ п.п	Z, м	2*Z/b	α	$\sigma_{гр} = \alpha P_0$	№ слоя	$\sigma_{гр}^0$, кПа	h_i , см	β_i	E_i , кПа	S_i , см
1	0	0	1	231,7	3					
2	0,64	0,40	0,960	222,4	3	227,1	64	0,8	13 500	0,86
3	1,28	0,80	0,800	185,4	3	203,9	64	0,8	13 500	0,77
4	1,92	1,20	0,606	140,4	3	162,9	64	0,8	13 500	0,62
5	2,20	1,38	0,537	124,5	3	132,5	28	0,8	13 500	0,22
6	2,56	1,60	0,449	104,0	4	114,3	36	0,8	11 000	0,30
7	3,20	2,00	0,336	77,9	4	90,9	64	0,8	11 000	0,42
8	3,84	2,40	0,257	59,5	4	68,7	64	0,8	11 000	0,32
9	4,80	3,00	0,537	124,5	4	92,0	96	0,8	11 000	0,64
10	5,12	3,20	0,160	37,1	5	80,8	32	0,8	12 500	0,17
11	6,40	4,00	0,108	25,0	5	31,0	128	0,8	12 500	0,25
12	7,68	4,80	0,077	17,8	5	21,4	128	0,8	12 500	0,18
										4,75

Строим эпюру σ_{zp} . Точка пересечения эпюр σ_{zp} и σ_{zq} соответствует нижней границе сжимаемой толщи (В.С) – 5,9 м.

6. Определяют величину средних дополнительных давлений в каждом из элементарных слоев

$$\bar{\sigma}_{zp,i}^{cp} = (\bar{\sigma}_{zp,i-1} + \bar{\sigma}_{zp,i}) / 2$$

7. Определяем величины осадок каждого элементарного слоя

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zpi} \cdot h_i}{E_i},$$

Где β - коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения при деформировании грунтов в условиях компрессии.

2. Суммарная осадка всех элементарных слоев составляет расчетную величину осадки основания s .

$$s = 4,75 \text{ (см)}.$$

Проверяем условия (7.4) [6, с.258]: $s \leq s_u$.

По таблице 9.2 [6, с.263]: $s_u = 10 \text{ см}$; $4,75 < 10$.

Условие выполняется.

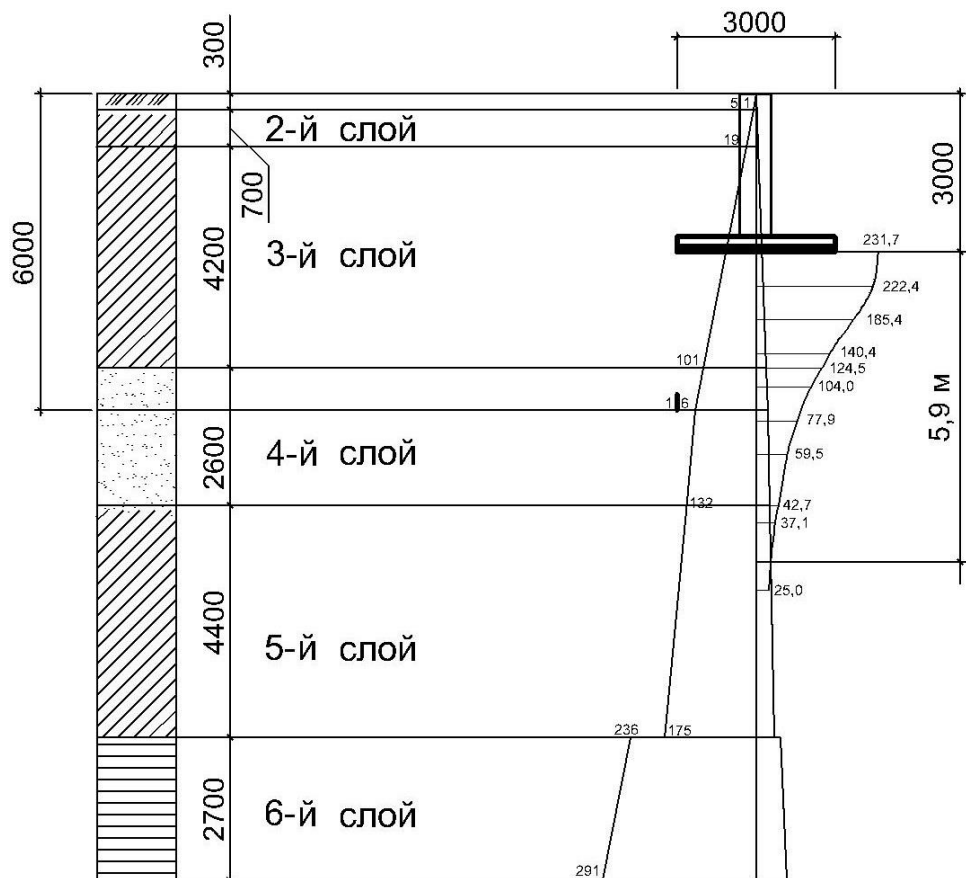


Рис. 7. Схема к расчёту осадки фундамента методом элементарного суммирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Перечень основной литературы

39. Барменкова Е.В. Расчет системы здание - фундамент - основание с использованием модели двухслойной балки на упругом основании винклеровского типа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Барменкова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 35 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40439>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

40. Основания и фундаменты [Электронный ресурс]: методическое пособие к выполнению курсового проектирования для студентов по направлению подготовки 270800.62 «Строительство» профиль («Промышленное и гражданское строительство»)/ — Электрон. текстовые данные.— Черкесск: Северо-Кавказская государственная гуманитарно-технологическая академия, 2014.— 97 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/27214>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

41. Черныш А.С. Расчет оснований и фундаментов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Черныш А.С., Калачук Т.Г., Куликов Г.В.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2014.— 83 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28392>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Перечень дополнительной литературы

42. Алексеев С.И. Механика грунтов, основания и фундаменты [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев С.И., Алексеев П.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014.— 332 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45278>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

43. СП 22.13330.2011. Основания и фундаменты зданий и сооружений. – М., 2011.

44. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. – М., 2011.

45. СП 26.13330.2012. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. - М., 2012.

46. СП 25.13330.2012. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М., 2012.

47. СП 47.1333.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М., 2016

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

48. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основания и фундаменты».

49. Методические рекомендации для студентов по организации самостоятельной работы по дисциплине «Основания и фундаменты».

50. Методические указания по выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Основания и фундаменты».

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

51. Научная электронная библиотека диссертаций Российской государственной

библиотеки (РГБ) – www.diss.rsl.ru

52. «Национальный Электронно-Информационный консорциум» (НП «НЭИКОН») www.neicon.ru

53. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» www.window.edu.ru

54. Ассоциация региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) – www.arbicon.ru

55. Портал «Информационно-коммуникационные технологии в образовании» www.ict.edu.ru

56. Научная электронная библиотека e-library – www.elibrary.ru

57. Электронная библиотека и электронный каталог научной библиотеки СКФУ – www.library.stavsu.ru