

РОСЖЕЛДОР

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

"Ростовский государственный университет путей сообщения"

Проконова М.В., Моргун Л.В.

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Учебно-методическое пособие для выполнения
практических занятий по дисциплине «Основания и фундаменты»
для студентов направления «Строительство»
(профиль «Промышленное и гражданское строительство»,
квалификация «Бакалавр»)

Ростов-на-Дону

2017

УДК 624.15 (07)+06

Рецензент – канд. техн. наук, Кашина Ирина Владимировна, профессор кафедры «Уникальные здания и сооружения» ФГБОУ ВО ДГТУ.

Проконова М.В. Основания и фундаменты: - Учебно-методическое пособие выполнения для выполнения практических занятий по дисциплине «Основания и фундаменты»/М.В. Проконова, Л.В. Моргун: ФГБОУ ВО РГУПС. - Ростов н/Д, 2017. - с. 35.- 100 экз.

Рассмотрены основные вопросы проектирования оснований и фундаментов. Приведены порядок расчета оснований и принципы выбора типа фундаментов. Даны пояснения и рекомендации по расчету фундаментов мелкого заложения и свайных фундаментов.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления «Строительство» (профиль «Промышленное и гражданское строительство», квалификация «Бакалавр»).

Одобрено к изданию кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог» ФГБОУ ВО РГУПС.

Учебное издание

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Проконова Марина Валентиновна
Моргун Любовь Васильевна

Учебно-методическое пособие для выполнения практических занятий

Печатается в авторской редакции
Технический редактор

Подписано в печать. Формат 60x84x16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л.
Тираж ___ экз. Изд. №. Заказ

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС

Адрес университета: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского стрелкового Полка Народного Ополчения, 2

Проконова М.В., Моргун Л.В. 2017
© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

Содержание

Введение	3
1. Основные понятия и определения	5
2. Оценка характеристик грунтов оснований	8
3. Выбор вариантов проектирования и определение глубины заложения фундаментов	9
4. Определение нагрузок и воздействий на фундаменты	11
5. Определение размеров фундаментов, возводимых в открытых котлованах	13
6. Расчет оснований по деформациям	17
7. Проектирование свайных фундаментов	25

ВВЕДЕНИЕ

В курсе «Основания и фундаменты» освещаются вопросы проектирования и устройства различных типов оснований и фундаментов. Для успешного усвоения материала необходимо знать следующие дисциплины: инженерную геологию, механику грунтов, теорию упругости, пластичности и ползучести, технологию и организацию строительства, экономику строительства.

Работу оснований и фундаментов следует рассматривать как единую систему «основание-фундамент-сооружение». При проектировании оснований и фундаментов решаются две задачи: первая – выбор типа основания и фундамента и определение основных размеров фундаментов, вторая – подбор и расчет отдельных элементов фундаментов. Проектирование начинают с изучения факторов, определяющих выбор проектных решений. Среди них первостепенную значимость имеют следующие: степень ответственности здания или сооружения, их конструктивные и архитектурно-планировочные особенности; нагрузки, учитываемые в расчетах; данные инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на строительной площадке; местные условия строительства.

Изучив курс «Основания и фундаменты» студент должен уметь решать следующие задачи:

- осуществлять достоверную оценку физико-механических характеристик грунтов оснований, определяющих их деформативность и устойчивость под действием нагрузок от зданий и сооружений;
- в случае необходимости улучшать физико-механические характеристики оснований;
- назначать основные размеры фундаментов в целях обеспечения нормальной эксплуатации зданий и сооружений;
- правильно выбрать методы выполнения строительных работ при устройстве оснований и фундаментов для сохранения природной структуры грунтов.

1. Основные понятия и определения

Фундамент – заглубленная в грунт конструкция, предназначенная для восприятия нагрузок от надземной части здания и сооружения и передачи их на основание.

Фундаменты бывают нескольких типов: мелкого заложения, свайные и глубокого заложения.

Основные элементы фундамента приведены на рис.1.1.

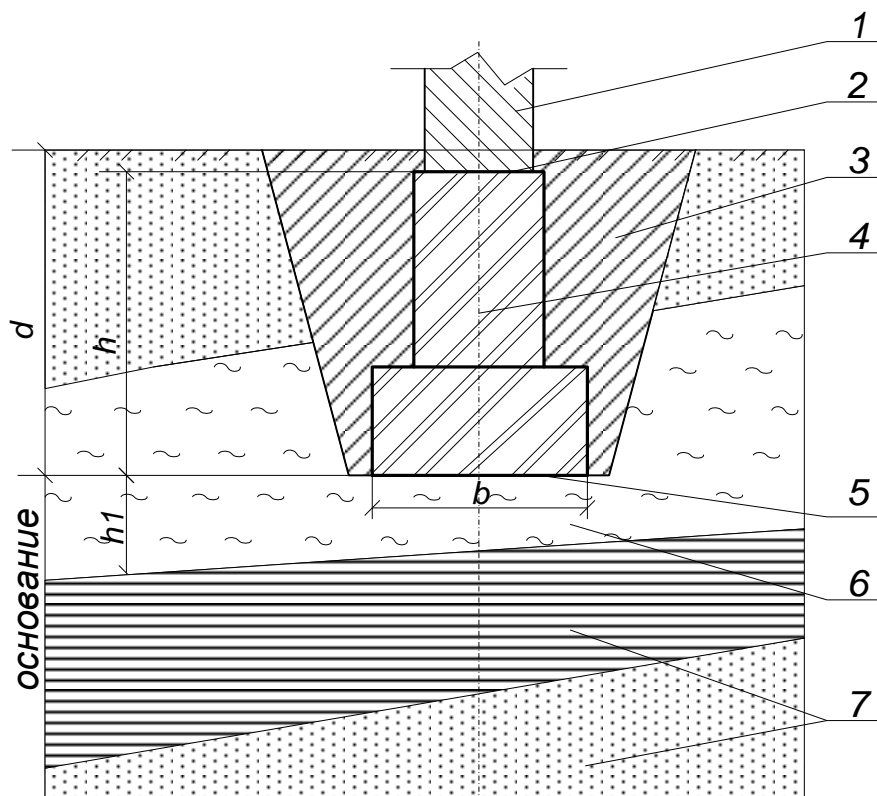


Рисунок 1.1. - Схема фундамента: 1 - конструкция надземного сооружения; 2 - обрез фундамента; 3 - грунт обратной засыпки котлована; 4 - фундамент; 5 - подошва; 6 - несущий слой основания; 7 - грунт.

Верхняя плоскость фундамента, на которую опираются надземные конструкции, называется обрезом (2), а нижняя плоскость, опирающаяся на грунт, называется подошвой. Шириной фундамента b называется меньшая сторона подошвы фундамента. Высотой фундамента h - это расстояние от обреза до подошвы фундамента. Глубиной заложения фундамента d называется расстояние от уровня планировки поверхности земли до подошвы фундамента.

Основание – напластование грунтов под подошвой фундамента, воспринимающее давление от сооружения. Основание может быть естественным и искусственным.

Естественное основание - обычный природный грунт, используемый под подошвой фундаментов без предварительной подготовки. Искусственное основание выполняется заменой грунта или изменением его свойств.

Фундаменты зданий и сооружений устраиваются для восприятия нагрузок от надземных конструкций и передачи их на прочные слои грунта. Основание под действием нагрузок претерпевает деформации. Таким образом, основанная задача при проектировании оснований и фундаментов заключается в подборе типа фундамента, определению его размеров и выборе несущего слоя грунта основания, чтобы обеспечить надежную эксплуатацию здания и сооружения.

Проектирование оснований и фундаментов ведется в соответствии с принципами:

- совместное рассмотрение системы «основание - фундамент - конструкции сооружения»;
- учет технологических особенностей сооружения;
- на основании инженерно-геологических и гидрологических условий строительства;
- обеспечение прочности и эксплуатационных параметров сооружения и ограничение деформаций допустимыми величинами;
- максимальное использование прочностных свойств грунтов;
- экономическая целесообразность принятых решений.

Последовательность проектирования оснований и фундаментов:

1. Анализ инженерно-геологических условий строительства.
2. Анализ конструктивных особенностей сооружения.
3. Определение нагрузок на фундамент.
4. Рассмотрение возможных вариантов оснований и типов фундаментов.
5. Расчет оснований и фундаментов по предельным состояниям.
6. Технико-экономическое сравнение вариантов оснований и фундаментов и выбор оптимального.
7. Разработка чертежей, документации.

2. Оценка характеристик грунтов оснований

Проектирование оснований должно производиться по инженерно-геологическим данным.

Основания можно разделить на скальные и нескальные.

Скальные основания имеют прочность на одноосное сжатие более 50 МПа, нескальные от 5 до 50 МПа.

Нескальные основания представляют собой массивы, сложенные крупнообломочными, песчаными и пылевато-глинистыми грунтами. Крупнообломочные и песчаные грунты классифицируются по гранулометрическому составу и по степени влажности.

К крупнообломочным относятся грунты, у которых частицы диаметром более 2 мм:

- валунные – более 200мм;
- галечниковые – более 10 мм;
- гравийные – более 2 мм.

Частицы песчаных грунтов имеют диаметр менее 2 мм и подразделяются на: песок гравелистый (более 2), песок крупный (2 – 0,5), песок средней крупности (0,25-0,5), песок мелкий и песок пылеватый (более 0,1).

По степени влажности крупнообломочные и песчаные грунты делятся на маловлажные ($0 < S_r \leq 0,5$), влажные ($0,5 < S_r \leq 0,8$) и насыщенные водой ($0,8 < S_r \leq 1$). При $S_r=0$ грунт считается абсолютно сухим, а при $S_r=1$ полностью насыщенный водой.

Плотность сложения песка характеризуется коэффициентом пористости e .

Пески гравелистые, крупные и средней крупности:

при $e < 0,55$ – плотные;

при $0,55 < e < 0,7$ – средней плотности;

при $e > 0,7$ – рыхлые.

Пески мелкие:

при $e < 0,6$ – плотные;

при $0,6 < e < 0,75$ – средней плотности;

при $e > 0,75$ – рыхлые.

Пески пылеватые:

при $e < 0,6$ – плотные;

при $0,6 < e < 0,8$ – средней плотности;

при $e > 0,8$ – рыхлые.

В общем случае, при $0,5 \leq e \leq 0,6$ песок является хорошим основанием, а при $e > 0,7$ основание в естественном состоянии обладает значительной сжимаемостью.

Пылевато-глинистые грунты (супеси, глины, суглинки) обладают специфическими особенностями по сравнению с песчаными. Наличие органических веществ, солей, карбонатов и др. веществ вызывает при замачивании явления просадки или набухания. Пылевато-глинистые грунты подразделяют по числу пластичности I_p и показателю текучести I_L .

По числу пластичности различают:

- супеси, при $1 \leq I_p \leq 7$;

- суглинки, при $7 < I_p \leq 17$;

- глины, при $I_p < 17$.

Показатель текучести I_L характеризует консистенцию глинистого грунта. По его величине можно косвенно определить и степень сжимаемости основания.

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p},$$

где w – естественная влажность грунта, w_p – влажность на границе раскатывания, w_L – влажность на границе текучести.



Т.о., если грунт имеет показатель текучести менее 0, то данный слой грунта обладает низкой сжимаемостью, а значение более 0,75 говорит о повышенной сжимаемости основания.

Наихудшим видом основания являются илы и заторфованные грунты. Лессовые грунты в маловлажном состоянии могут служить хорошим основанием. Однако при замачивании водой они дают просадку.

При проектировании оснований используются расчетные значения характеристик грунта

$$X = \frac{X_n}{\gamma_g},$$

где X_n – нормативное значение характеристики грунта, γ_g – коэффициент надежности по грунту.

Для полной оценки грунта основания необходимо определить среднее значение модуля деформации

$$E = \frac{\beta_0(1 + e_0)}{\alpha},$$

где β_0 – коэффициент, зависящий от бокового расширения грунта, e_0 – коэффициент пористости грунта, α – коэффициент сжимаемости грунта.

$$\beta_0 = 1 - \frac{2\nu_0^2}{1 - \nu},$$

здесь ν_0 – коэффициент бокового расширения грунта (коэффициент Пуассона).

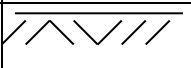
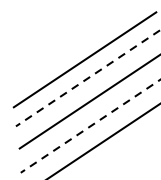
$$\alpha = \frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1},$$

здесь e_1, e_2 – коэффициенты пористости грунта, P_1, P_2 – давление на грунт, МПа (берутся по данным компрессионных испытаний).

Основными строительными характеристиками грунтов являются: модуль деформации E , удельный вес γ , влажность w , угол внутреннего трения φ , сцепление c .

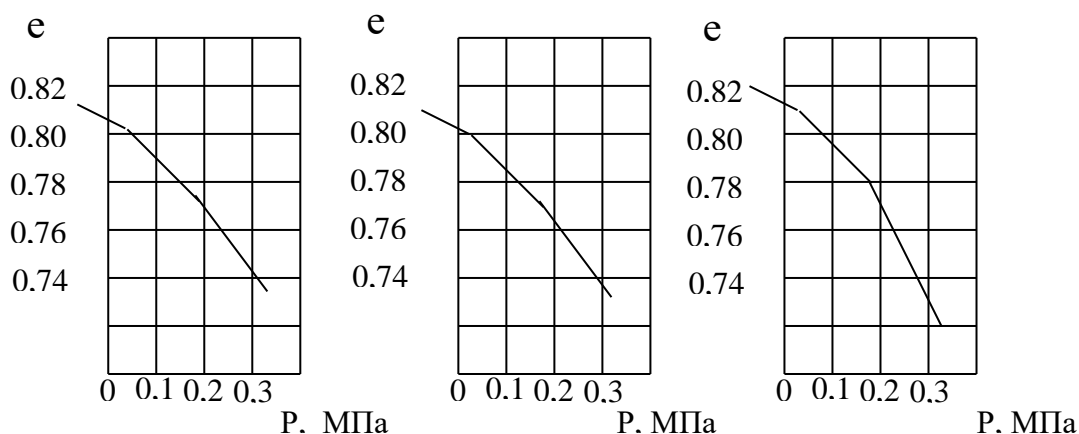
Задание: подобрать несущий слой грунта под многоэтажное каркасное здание. По компрессионной кривой определить модуль деформации грунта. Охарактеризовать грунты основания.

Данные по геологической скважине: Скв. 1 Н_{абс} = 180,30 м.

№ слоя	Глубина подошвы слоя, м	Мощность слоя грунта, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Условные обозначения грунта	Литологическое описание грунтов
1	0,8	0,8	179,50		Почвенно-растительный слой
2	11,0	10,2	169,3		Суглинок, тяжелый, светло-коричневый, маловлажный в верхней части слоя, ниже – средневлаж-

					ный.
--	--	--	--	--	------

Результаты компрессионных испытаний (на глубинах 2.0 м, 4.0 м, 7.5 м)



3. Выбор вариантов проектирования и определение глубины заложения фундаментов

Даже при однородном грунте в пределах большой глубины можно наметить несколько вариантов устройства фундаментов. Варианты могут отличаться друг от друга по материалу, конструкциям фундамента, глубине его заложения, ширине подошвы, подготовке основания, способу устройства фундаментов и т.д. Из них следует выбрать оптимальное решение, что можно сделать на основе технико-экономического сравнения вариантов. При этом должны учитываться стоимость возводимой конструкции фундамента, ее долговечность, скорость возведения, сохранение структуры грунтов в основании во время земляных работ.

Процесс рассмотрения вариантов является основным в проектировании фундаментов, поэтому важно правильно решить главные вопросы при их выборе. Для этого рекомендуется:

- 1) составить эскизы всех реальных вариантов;
- 2) отобрать наиболее приемлемые из них;
- 3) рассчитать отобранные варианты для наиболее загруженного фундамента;
- 4) произвести технико-экономическое сравнение вариантов.

Расчет фундаментов начинают с предварительного выбора их конструкции и основных размеров, к которым в первую очередь относится глубина заложения фундамента.

При выборе глубины заложения фундаментов стоит основная задача в выборе несущего слоя грунта. При этом необходимо учитывать следующие факторы:

- инженерно-геологические и гидрогеологические условия площадки строительства (характер напластования грунтов, их физико-механические свойства, положение подземных вод с учетом изменений);
- климатические особенности района строительства (промерзание – оттаивание грунтов);

- особенности возводимого и соседних сооружений (наличие и размеры подземных и повалых помещений, глубина заложения соседних фундаментов, наличие коммуникаций);

- способ производства работ по отрывке котлована.

Заглубление фундаментов в грунт ниже дневной поверхности или уровня пола подвала принимают не менее 0,5 м.

Из условия промерзания глубина заложения фундаментов назначается в зависимости от их вида, состояния, влажности, уровня подземных вод в период промерзания. Для грунтов, которые подвергаются силам морозного пучения необходимо фундаменты закладывать ниже глубины сезонного промерзания. К таким грунтам относятся пылевато-глинистые грунты, пески мелкие и пылеватые. Скальные породы, крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средней крупности относятся к непучинистым грунтам. Глубина заложения в них не зависит от глубины промерзания.

Расчетная глубина промерзания

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

где d_{fn} – нормативная глубина промерзания грунта, м; k_h – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения на глубину промерзания грунтов (принимается по табл 3.1). Для неотопливаемых помещений равен 1,1.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунта d_{fn} определяется по формуле

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

где d_0 – глубина промерзания: для глин и суглинков 0,23, супесей, песков пылеватых и мелких – 0,28; песков средней крупности, крупных и гравелистых – 0,30; крупнообломочных грунтов – 0,34;

M_t – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур воздуха за зиму в данном районе, принимаемых по СНиП «Строительная климатология»

Таблица 3.1 - Коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения на глубину промерзания грунтов

Особенности сооружения	Коэффициент, при расчетной температуре воздуха в помещении, примыкающем к фундаментам наружных стен, °С				
	0	5	10	15	20 и более
Без подвала, с полами, устраиваемыми: на грунте	0,9	0,9	0,7	0,6	0,5
на лагах, по грунту	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
по утепленному цокольному перекрытию	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
С подвалом или тех-					

ническим подпольем	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
--------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Также, расчетную глубину промерзания рекомендуют корректировать в зависимости от положения грунтовых вод и показателя текучести пылевато-глинистых грунтов (табл.3.2).

Таблица 3.2 - Глубина заложения подошвы фундамента в зависимости от расчетной глубины промерзания

Наименование грунта под подошвой фундамента	Глубина заложения фундамента от уровня планировки в зависимости от глубины расположения подземных вод, м	
	$d_w \leq (d_f + 2)$	$d_w > (d_f + 2)$
Скальные, крупнообломочные с песчаным заполнителем, пески гравелистые, крупные и средней крупности	не зависит от d_f	не зависит от d_f
Пески мелкие и пылеватые	Не менее d_f	не зависит от d_f
Супеси с показателем текучести: $I_l < 0$ $I_l \geq 0$	Не менее d_f Не менее d_f	не зависит от d_f Не менее d_f
Суглинки, глины, крупнообломочные грунты с пылевато-глинистым заполнителем при показателе текучести: $I_l \geq 0,25$ $I_l < 0,25$	Не менее d_f Не менее d_f	Не менее d_f не менее $0,5 d_f$

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

$$\Delta h \leq \alpha (tg\varphi_I + c_I / p),$$

где α - расстояние между фундаментами в свету, м;

φ_I , c_I - расчетные значения угла внутреннего трения, град., и удельного сцепления, кПа;

p - среднее давление под подошвой вышерасположенного фундамента от расчетных нагрузок (для расчета основания по несущей способности), кПа.

Задание: рассмотреть возможные варианты фундаментов и найти минимальную глубину заложения фундаментов наружных конструкций. Характеристики грунтов принять из задания раздела 2.

Задача 1. 12-ти этажный жилой дом с продольными несущими стенами в г. Ростов-на-Дону, подвал на глубине 1,2 м.

Задача 2. Производственное здание с полами на грунте в г. Санкт-Петербурге. Температура в помещении 20°C. Подземные воды на глубине 2,5 м.

4. Определение нагрузок и воздействий на фундаменты

На характер развития деформаций оснований фундаментов оказывают влияние нагрузки, передаваемые на фундаменты от надземных конструкций, оборудования и т.п., а также от особенности конструктивной схемы сооружения.

Нагрузки бывают нормативными и расчетными. В соответствии со СНиП «Нагрузки и воздействия» нагрузки могут быть постоянными (вес несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений, вес и давление грунтов и др.) и временными. Временные делятся на длительные (вес временных перегородок и оборудования), кратковременные (вес людей и материалов, от подвижного подъемно-транспортного оборудования, ветровые, гололедные) и особые (сейсмические, аварийные).

Различают основные сочетания нагрузок (постоянные, временные) и особые сочетания (наличие особой нагрузки).

Расчет оснований по деформациям производится по основному сочетанию нагрузок. Нагрузки на перекрытия и снеговые считаются длительными.

Вероятность совместного проявления нескольких временных нагрузок при их наибольших значениях учитываются введением понижающего коэффициента сочетаний нагрузок ψ . При наличии постоянной и двух или более кратковременных вводится коэффициент сочетаний для временных нагрузок, равный 0,9.

При определении нагрузок составляются схемы грузовых площадей и подсчитываются полезная нагрузка и собственный вес конструкций на 1 м^2 . В каркасных зданиях нагрузка с выделенных грузовых площадей на уровне каждого перекрытия передается на отдельные колонны. В зданиях с продольными и поперечными несущими стенами подсчитывается нагрузка, приходящаяся на 1 м длины несущей стены на уровне отметки верха фундамента.

При расчете металлических и ж/б рам усилия N , M , Q передаются на фундаменты в уровне заделки колонн и определяются от действия постоянных, снеговых, ветровых и крановых нагрузок. Заделка колонн в фундамент принимается жесткой.

Порядок определения грузовой площади при сборе нагрузок для различных конструктивных схем зданий приведен на рис.4.1.

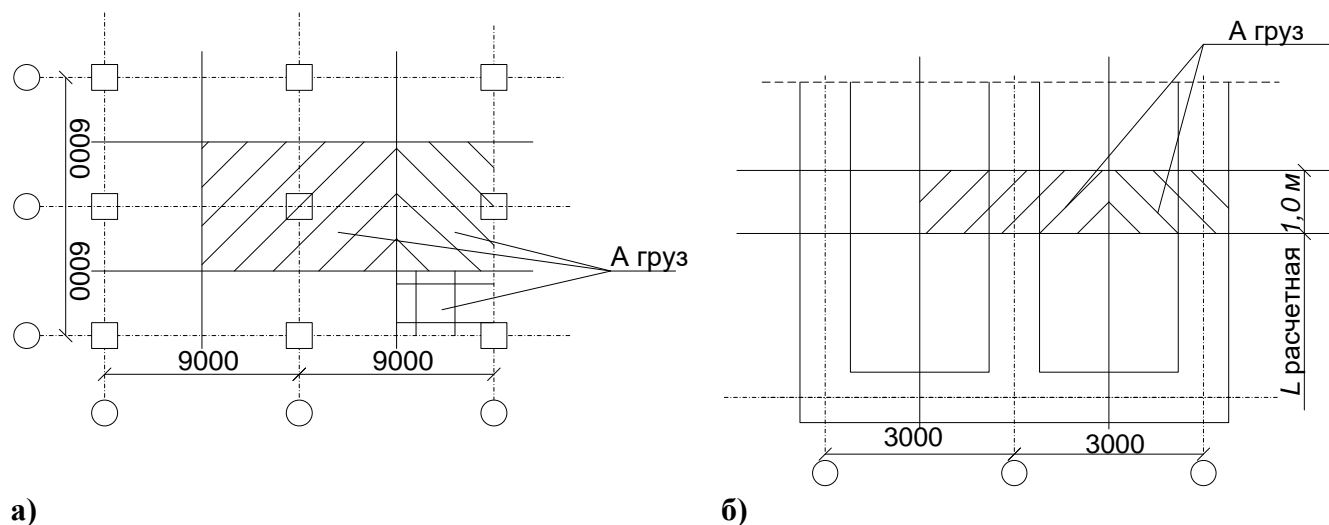


Рисунок 4.1. - Схемы определения грузовой площади для сбора нагрузок
а) для зданий с рамным каркасом на фундамент под колонну,

б) для зданий с несущими стенами на ленточный фундамент

Задание: собрать нагрузку на фундамент.

Задача 1. Определить нагрузку на ленточный фундамент четырехэтажного административного здания в г. Ростов-на-Дону.

Конструкция здания: высота 14,0 м, пролет между несущими стенами 6 м.

- вес стены – 8 кН/м²
- вес перекрытий – 4 кН/м²
- вес плит покрытия – 6 кН/м²

Задача 2. Определить нагрузку на фундамент под средней колонной одноэтажного промышленного цеха в г. Краснодар.

Исходные данные:

- колонна железобетонная (бетон В 20) – 0,4х0,4 м;
- балка покрытия – 4 кН/м
- вес плит покрытия – 5 кН/м²

Сетка колонн 6,0 х 6,0 м. Высота здания до стропильных конструкций 10,0 м.

5. Определение размеров фундаментов, возводимых в открытых котлованах

Предварительные размеры подошвы фундамента определяются по формуле

$$A = \frac{N_0^H}{R_0 - \gamma d},$$

где A – площадь подошвы фундамента, м²; N_0^H – нагрузка от надземных конструкций, кН; R_0 – расчетное сопротивление грунта основания под подошвой условного фундамента, шириной 1 м, кПа; γ – осредненное значение удельного веса грунта и материала фундамента, кН/м³ (при наличии подвала 17 кН/м³, при отсутствии подвала – 20 кН/м³); d – глубина заложения фундамента, м.

Ширина подошвы фундамента b находится:

- для квадратной подошвы $b = \sqrt{A}$, м;
- для прямоугольной формы, с соотношением большей стороны к меньшей

$$\eta = \frac{l}{b}, \quad b = \sqrt{\frac{A}{\eta}}.$$

Найденные размеры подошвы фундамента округляют с учетом унификации элементов конструкций, конструируют и рассчитывают на прочность.

По принятым размерам определяют объем фундамента V_f и вес N_f .

Определяется вес грунта обратной засыпки N_g .

Размеры подошвы фундамента должны быть проверены исходя из условия:

- для центрально-нагруженных фундаментов

$$p_{II} = \frac{N_0^{II} + N_f + N_g}{l \cdot b} \leq R,$$

- для внецентренно-нагруженных фундаментов

$$p_{11\max, \min} = \left(\frac{N_0^{II} + N_f + N_g}{l \cdot b} \right) (1 \pm 6e_x / l \pm 6e_y / b),$$

$$e_x = \frac{M_{xII}}{N_{II}}, \quad e_y = \frac{M_{yII}}{N_{II}}.$$

$$p_{11\max} \leq 1.2R, \quad p_{11\min} \geq 0,$$

где p_{II} – давление под подошвой фундамента, кПа; R – расчетное сопротивление грунта основания, кПа, e_x, e_y – эксцентриситеты действия нагрузок вдоль осей x, y ; M_{Ix}, M_{Iy} – моменты, действующие вдоль осей инерции x, y .

В соответствии со СНиП 2.02.01-83 «Основания зданий и сооружений» среднее давление под подошвой фундамента p_{II} не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания R , кПа (тс/м²), определяемого по формуле

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

где γ_{c1}, γ_{c2} - коэффициенты, условий работы, принимаемые по табл. 5.1 ;

k - коэффициент, принимаемый равным: $k = 1$, если прочностные характеристики грунта (φ и c) определены непосредственными испытаниями, и $k = 1,1$, если они приняты по табл. 1-3 рекомендуемого приложения 1 СНиП «Основания зданий и сооружений»;

M_{γ}, M_q, M_c - коэффициенты, принимаемые по табл. 5.2;

k_z - коэффициент, принимаемый равным: при $b < 10$ м - $k_z = 1$, при $b \geq 10$ м -

$$k_z = z_0 / b + 0,2;$$

b - ширина подошвы фундамента, м;

γ_{II} - осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³ (тс/м³);

γ'_{II} - то же, залегающих выше подошвы;

c_{II} - расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа (тс/м²);

d_1 - глубина заложения фундаментов бесподвальных сооружений от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундамен-

тов от пола подвала, определяемая по формуле $d_1 = h_s + h_{cf} \frac{\gamma_{cf}}{\gamma_{II}}$, здесь h_s - толщина

слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м; h_{cf} - толщина конструкции пола подвала, м; γ_{cf} - расчетное значение удельного веса конструкции пола подвала, кН/м³ (тс/м³);

d_b - глубина подвала - расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом шириной $B \leq 20$ м и глубиной свыше 2 м принимается $d_b = 2$ м, при ширине подвала $B > 20$ м - $d_b = 0$).

При наличии в пределах сжимаемой толщи основания на глубине z от подошвы фундамента слоя грунта меньшей прочности, чем прочность грунта вышележащих слоев, размеры фундамента должны назначаться такими, чтобы для суммарного напряжения σ_z обеспечивалось условие.

$$\sigma_z = (\sigma_{zp} - \sigma_{z\gamma}) + \sigma_{zg} \leq R_z,$$

где σ_{zp} , $\sigma_{z\gamma}$ и σ_{zg} - вертикальные напряжения в грунте на глубине z от подошвы фундамента, кПа;

R_z - расчетное сопротивление грунта пониженной прочности, кПа, на глубине z , вычисленное для условного фундамента шириной b_z , м, равной

$$b_z = \sqrt{A_z + a^2} - a,$$

где $A_z = N / \sigma_{zp}$; $a = (l - b) / 2$,

здесь N - вертикальная нагрузка на основание от фундамента; l и b - соответственно длина и ширина фундамента.

Таблица 5.1 - Коэффициенты условий работы грунтов

Грунты	Коэффициент γ_{c1} ,	Коэффициент γ_{c2} для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L/H ,	
		4 и более	1,5 и менее
Крупнообломочные с песчаным заполнителем м песчаные, кроме мелких и пылеватых	1,4	1,2	1,4
Пески мелкие	1,3	1,1	1,3
Пески пылеватые: маловлажные и влажные	1,25	1,0	1,2

насыщенные водой	1,1	1,0	1,2
Пылевато-глинистые, а также крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем с показателем текучести грунта или заполнителя $I_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1
То же, при $0,25 < I_L \leq 0,5$	1,2	1,0	1,1
То же, при $I_L > 0,5$	1,0	1,0	1,0
При промежуточных значений L/H коэфф. γ_{c2} определяется по интерполяции.			

Таблица 5.2 - Коэффициенты M_γ , M_q , M_c

Угол	Коэффициенты			Угол	Коэффициенты		
φ_{II} , град.	M_γ	M_q	M_c	φ_{II} , град.	M_γ	M_q	M_c
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	1,00	3,14	23	0,69	3,65	6,24
1	0,01	1,06	3,23	24	0,72	3,87	6,45
2	0,03	1,12	3,32	25	0,78	4,11	6,67
3	0,04	1,18	3,41	26	0,84	4,37	6,90
4	0,06	1,25	3,51	27	0,91	4,64	7,14
5	0,08	1,32	3,61	28	0,98	4,93	7,40
6	0,10	1,39	3,71	29	1,06	5,25	7,67
7	0,12	1,47	3,82	30	1,15	5,59	7,95
8	0,14	1,55	3,93	31	1,24	5,95	8,24
9	0,16	1,64	4,05	32	1,34	6,34	8,55
10	0,18	1,73	4,17	33	1,44	6,76	8,88
11	0,21	1,83	4,29	34	1,55	7,22	9,22
12	0,23	1,94	4,42	35	1,68	7,71	9,58
13	0,26	2,05	4,55	36	1,81	8,24	9,97
14	0,29	2,17	4,69	37	1,95	8,81	10,37
15	0,32	2,30	4,84	38	2,11	9,44	10,80
16	0,36	2,43	4,99	39	2,28	10,11	11,25
17	0,39	2,57	5,15	40	2,46	10,85	11,73
18	0,43	2,73	5,31	41	2,66	11,64	12,24
19	0,47	2,89	5,48	42	2,88	12,51	12,79
20	0,51	3,06	5,66	43	3,12	13,46	13,37
21	0,56	3,24	5,84	44	3,38	14,50	13,98
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

Задание: определить размеры фундамента. Выполнить проверку давления под подошвой полученного фундамента.

Задача 1. Фундамент под колонну с вертикальной нагрузкой 1200 кН и моментом 40кН/м. Глубина заложения 2 м, подвала нет, грунт - глина в мягкопластичном состоянии ($I_f=0,6$), обладающая характеристиками: $\varphi=14^\circ$, $c=41$ кПа, γ_{II} , γ'_{II} - 18,5 кН/м³. Соотношение сторон 1,5.

Задача 2. Сборный ленточный фундамент под стену. Глубина заложения $d=2$ м, подвал отсутствует, $N_{0II}=400$ кН/м, грунт - глина в мягкопластичном состоянии ($I_f=0,6$), обладающая характеристиками: $\varphi=14^\circ$, $c=41$ кПа, γ_{II} , γ'_{II} - 18,5 кН/м³.

6. Расчет оснований по деформациям

Целью расчета оснований по деформациям является ограничение абсолютных или относительных перемещений фундаментов такими пределами, при которых гарантируется нормальная эксплуатация сооружения и не снижается его долговечность.

Расчет оснований по деформациям производится исходя из условия

$$s \leq S_u ,$$

где s - совместная деформация основания и сооружения, определяемая расчетом;

S_u - предельное значение совместной деформации основания и сооружения, устанавливаемое в соответствии с указаниями СНиП.

6.1. Осадка основания s с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства определяется методом послойного суммирования по формуле

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

где β - безразмерный коэффициент, равный 0,8;

σ_{zp} - среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в i -м слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней z_{i-1} и нижней z_i границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента;

h_i и E_i - соответственно толщина и модуль деформации i -го слоя грунта;

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

При этом распределение вертикальных нормальных напряжений по глубине основания принимается в соответствии со схемой, приведенной на рис.6.1.

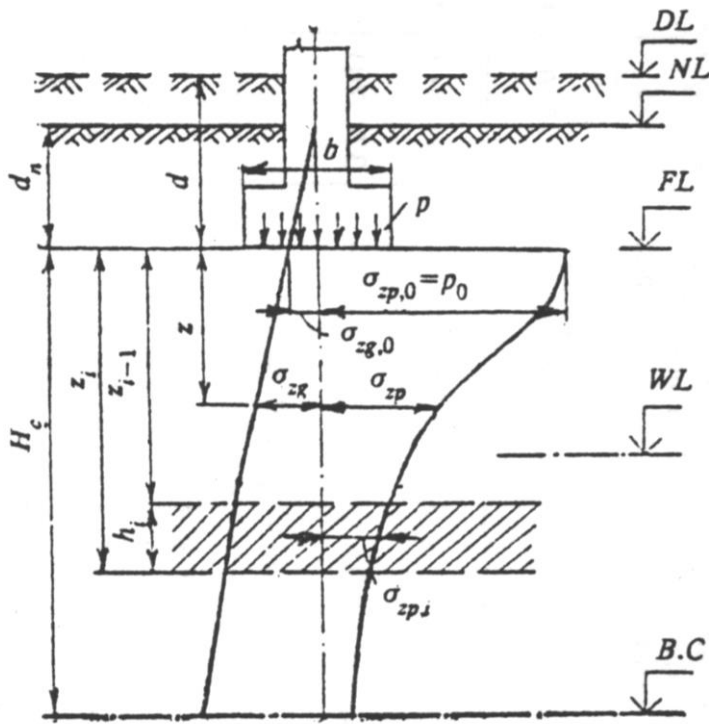


Рисунок 6.1. - Схема распределения вертикальных напряжений в линейно-деформируемом полупространстве

DL – отметка планировки; NL - отметка поверхности природного рельефа; FL - отметка подошвы фундамента; WL - уровень подземных вод; $B.C$ - нижняя граница сжимаемой толщи; d и d_n глубина заложения фундамента соответственно от уровня планировки и поверхности природного рельефа; b - ширина фундамента; p - среднее давление под подошвой фундамента; p_0 - дополнительное давление на основание; σ_{zg} и $\sigma_{zg,0}$ – вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы; σ_{zp} и $\sigma_{zp,0}$ – дополнительное вертикальное напряжение от внешней нагрузки на глубине z от подошвы фундамента и на уровне подошвы; H_c – глубина сжимаемой толщи.

Дополнительные вертикальные напряжения на глубине z от подошвы фундамента: σ_{zp} – по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента:

$$\sigma_{zp} = \alpha p_0,$$

где α - коэффициент, принимаемый по табл.6.1 в зависимости от формы подошвы фундамента, соотношения сторон прямоугольного фундамента и относительной глубины, равной: $\xi = 2z/b$ при определении σ_{zp} ; $p_0 = p - \sigma_{zg,0}$ - дополнительное вертикальное давление на основание; p - среднее давление под подошвой фундамента; $\sigma_{zg,0}$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента.

Таблица 6.1 - Коэффициент α

$\zeta = 2z / b$	Коэффициент α для фундаментов							
	круг- лых	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$, равным						ленточных ($\eta \geq 10$)
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,972	0,975	0,976	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,848	0,866	0,876	0,879	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,682	0,717	0,739	0,749	0,754	0,755
1,6	0,390	0,449	0,532	0,578	0,612	0,629	0,639	0,642
2,0	0,285	0,336	0,414	0,463	0,505	0,530	0,545	0,550
2,4	0,214	0,257	0,325	0,374	0,419	0,449	0,470	0,477
2,8	0,165	0,201	0,260	0,304	0,349	0,383	0,410	0,420
3,2	0,130	0,160	0,210	0,251	0,294	0,329	0,360	0,374
3,6	0,106	0,131	0,173	0,209	0,250	0,285	0,319	0,337
4,0	0,087	0,108	0,145	0,176	0,214	0,248	0,285	0,306
4,4	0,073	0,091	0,123	0,150	0,185	0,218	0,255	0,280
4,8	0,062	0,077	0,105	0,130	0,161	0,192	0,230	0,258
5,2	0,053	0,067	0,091	0,113	0,141	0,170	0,208	0,239
5,6	0,046	0,058	0,079	0,099	0,124	0,152	0,189	0,223
6,0	0,040	0,051	0,070	0,087	0,110	0,136	0,173	0,208
6,4	0,036	0,045	0,062	0,077	0,099	0,122	0,158	0,196
6,8	0,031	0,040	0,055	0,064	0,088	0,110	0,145	0,185
7,2	0,028	0,036	0,049	0,062	0,080	0,100	0,133	0,175
7,6	0,024	0,032	0,044	0,056	0,072	0,091	0,123	0,166
8,0	0,022	0,029	0,040	0,051	0,066	0,084	0,113	0,158
8,4	0,021	0,026	0,037	0,046	0,060	0,077	0,105	0,150
8,8	0,019	0,024	0,033	0,042	0,055	0,071	0,098	0,143
9,2	0,017	0,022	0,031	0,039	0,051	0,065	0,091	0,137
9,6	0,016	0,020	0,028	0,036	0,047	0,060	0,085	0,132
10,0	0,015	0,019	0,026	0,033	0,043	0,056	0,079	0,126
10,4	0,014	0,017	0,024	0,031	0,040	0,052	0,074	0,122
10,8	0,013	0,016	0,022	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,2	0,012	0,015	0,021	0,027	0,035	0,045	0,065	0,113
11,6	0,011	0,014	0,020	0,025	0,033	0,042	0,061	0,109
12,0	0,010	0,013	0,018	0,023	0,031	0,040	0,058	0,106

Примечания: 1. В табл. обозначено: b - ширина или диаметр фундамента, l - длина фундамента.

2. Для фундаментов, имеющих подошву в форме правильного многоугольника с площадью A , значения α принимаются как для круглых фундаментов радиусом $r = \sqrt{A/\pi}$.

3. Для промежуточных значений ξ и η коэффициент α определяется по интерполяции.

6.2. Осадка основания с использованием расчетной схемы линейно деформируемого слоя определяется по формуле

$$s = \frac{pbk_c}{k_m} \sum_{i=1}^n \frac{k_i - k_{i-1}}{E_i},$$

k_c и k_m - коэффициенты, принимаемые по табл. 6.2 и 6.3;

n - число слоев, различающихся по сжимаемости в пределах расчетной толщи слоя H ;

k_i и k_{i-1} - коэффициенты, определяемые по табл. 5.4 в зависимости от формы фундамента, соотношения сторон прямоугольного фундамента и относительной глубины, на которой расположены подошва и кровля i -го слоя соответственно $\zeta_i = 2z_i/b$ и $\zeta_{i-1} = 2z_{i-1}/b$

Толщина линейно-деформируемого слоя H принимается до кровли грунта с модулем деформации $E \geq 100$ МПа (1000 кгс/см²), а при ширине (диаметре) фундамента $b \geq 10$ м и среднем значении модуля деформации грунтов основания $E \geq 10$ МПа (100 кгс/см²), вычисляется по формуле

$$H = (H_0 + \psi \cdot b)k_p,$$

где H_0 и ψ - принимаются соответственно равными для оснований, сложенных: пылевато-глинистыми грунтами 9 м и 0,15; песчаными грунтами – 6 м и 0,1; k_p - коэффициент, принимаемый равным: $k_p = 0,8$ при среднем давлении под подошвой фундамента $p = 100$ кПа (1 кгс/см²); $k_p = 1,2$ при $p = 500$ кПа (5 кгс/см²), а при промежуточных значениях – по интерполяции.

Таблица 6.2 - Коэффициент k_c

Относительная толщина слоя $\zeta' = \frac{2H}{b}$	Коэффициент k_c
$0 < \zeta' \leq 0,5$	1,5
$0,5 < \zeta' \leq 1$	1,4
$1 < \zeta' \leq 2$	1,3
$2 < \zeta' \leq 3$	1,2
$3 < \zeta' \leq 5$	1,1
$\zeta' > 5$	1,0

Таблица 6.3 - Коэффициент k_m

Среднее значение модуля деформации грунта основания E , МПа (кгс/см ²)	Значения коэффициента k_m при ширине фундамента b , м, равной		
	$b < 10$	$10 \leq b \leq 15$	$b > 15$
$E < 10(100)$	1	1	1
$E \geq 10(100)$	1	1,35	1,5

Таблица 6.4 - Коэффициент k

$\zeta = 2z / b$	Коэффициент k для фундаментов		
	Круг-	Прямоугольных с соотношением сторон	ленточ-

b	ЛЫХ	$\eta = l / b$, равным						НЫХ ($\eta \geq 10$)
		1	1,4	1,8	2,4	3,2	5	
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,4	0,090	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,104
0,8	0,179	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,208
1,2	0,266	0,299	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,311
1,6	0,348	0,380	0,394	0,397	0,397	0,397	0,397	0,412
2,0	0,411	0,446	0,472	0,482	0,486	0,486	0,486	0,511
2,4	0,461	0,499	0,538	0,556	0,565	0,567	0,567	0,605
2,8	0,501	0,542	0,592	0,618	0,635	0,640	0,640	0,687
3,2	0,532	0,577	0,637	0,671	0,696	0,707	0,709	0,763
3,6	0,558	0,606	0,676	0,717	0,750	0,768	0,772	0,831
4,0	0,579	0,630	0,708	0,756	0,796	0,820	0,830	0,892
4,4	0,596	0,650	0,735	0,789	0,837	0,867	0,883	0,949
4,8	0,611	0,668	0,759	0,819	0,873	0,908	0,932	1,001
5,2	0,624	0,683	0,780	0,844	0,904	0,948	0,977	1,050
5,6	0,635	0,697	0,798	0,867	0,933	0,981	1,018	1,095
6,0	0,645	0,708	0,814	0,887	0,958	1,011	1,056	1,138
6,4	0,653	0,719	0,828	0,904	0,980	1,041	1,090	1,178
6,8	0,661	0,728	0,841	0,920	1,000	1,065	1,122	1,215
7,2	0,668	0,736	0,852	0,935	1,019	1,088	1,152	1,251
7,6	0,674	0,744	0,863	0,948	1,036	1,109	1,180	1,285
8,0	0,679	0,751	0,872	0,960	1,051	1,128	1,205	1,316
8,4	0,684	0,757	0,881	0,970	1,065	1,146	1,229	1,347
8,8	0,689	0,762	0,888	0,980	1,078	1,162	1,251	1,376
9,2	0,693	0,768	0,896	0,989	1,089	1,178	1,272	1,404
9,6	0,697	0,772	0,902	0,998	1,100	1,192	1,291	1,431
10,0	0,700	0,777	0,908	1,005	1,110	1,205	1,309	1,456
11,0	0,705	0,786	0,922	1,022	1,132	1,233	1,349	1,506
12,0	0,720	0,794	0,933	1,037	1,151	1,257	1,384	1,550

Примечание. При промежуточных значениях ξ и η , коэффициент k определяется по интерполяции

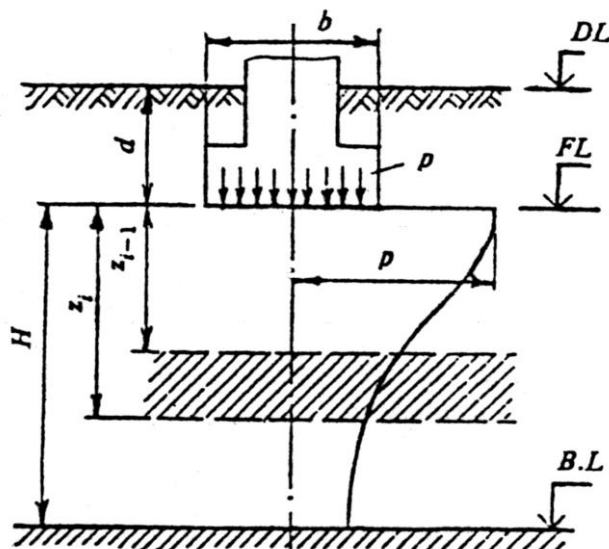


Рисунок 6.2. - Схема к расчету осадок с использованием расчетной схемы осно-

вания в виде линейно деформируемого слоя

DL – отметка планировки; FL - отметка подошвы фундамента; $B.L$ - нижняя граница сжимаемой толщи; d - глубина заложения фундамента; b - ширина фундамента; p - среднее давление под подошвой фундамента; H – глубина сжимаемой толщи.

6.3. Определение крена фундамента

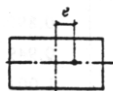
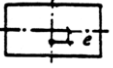

Крен фундамента i при действии внецентренной нагрузки определяется по формуле

$$i = \frac{1 - \nu^2}{Ek_m} k_e \frac{N_e}{(a/2)^3},$$

где E и ν - соответственно модуль деформации и коэффициент Пуассона грунта основания, в случае неоднородного основания значения E и ν принимаются средними в пределах сжимаемой толщи;

k_e - коэффициент, принимаемый по табл. 6.5; N - вертикальная составляющая равнодействующей всех нагрузок на фундамент в уровне его подошвы; e - эксцентриситет; a - диаметр круглого или сторона прямоугольного фундамента, в направлении которой действует момент; для фундамента с подошвой в форме правильного многоугольника площадью A принимается $a = 2\sqrt{A/\pi}$; k_m - коэффициент, учитываемый при расчете крена фундаментов по схеме линейно деформируемого слоя принимаемый по табл.5.3. Коэффициент Пуассона ν принимается равным для крупнообломочных грунтов 0,27; для песков и супесей – 0,30; суглинков – 0,35; глин – 0,42.

Таблица 6.5 - Коэффициент k_e

Форма фунда- мента и направление действия мо- мента	η $=l/b$	Коэффициент k_e при $\zeta' = 2H/b$, равном							
		0,5	1	1,5	2	3	4	5	∞
Прямоугольник с моментом вдоль большой сто- роны 	1	0,28	0,41	0,46	0,48	0,50	0,50	0,50	0,50
	1,2	0,29	0,44	0,51	0,54	0,57	0,57	0,57	0,57
	1,5	0,31	0,48	0,57	0,62	0,66	0,68	0,68	0,68
	2	0,32	0,52	0,64	0,72	0,78	0,81	0,82	0,82
	3	0,33	0,55	0,73	0,83	0,95	1,01	1,04	1,17
	5	0,34	0,60	0,80	0,94	1,12	1,24	1,31	1,42
	10	0,35	0,63	0,85	1,04	1,31	1,45	1,56	2,00
Прямоугольник с моментом вдоль меньшей сто- роны 	1	0,28	0,41	0,46	0,48	0,50	0,50	0,50	0,50
	1,2	0,24	0,35	0,39	0,41	0,42	0,43	0,43	0,43
	1,5	0,19	0,28	0,32	0,34	0,35	0,36	0,36	0,36
	2	0,15	0,22	0,25	0,27	0,28	0,28	0,28	0,28
	3	0,10	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20	0,20	0,20
	5	0,06	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12
	10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
Круглый 	-	0,43	0,63	0,71	0,74	0,75	0,75	0,75	0,75

Примечание. При использовании расчетной схемы основания в виде линейно деформируемого полупространства коэффициент k_e принимается по графе, соответствующей $\zeta' = \infty$.

6.4. Полученные значения деформаций сравнивают с предельными значениями (табл.6.6).

Задание: определить осадку фундамента методом послойного суммирования. Фундамент с размерами подошвы 2 м и 3.6 м. Глубина заложения фундамента 1 м. Давление под подошвой 300 кПа. Грунтовые условия: 1-й слой- песок $\gamma=20\text{кН/м}^3$, толщиной 2,6 м, $E=25$ МПа. 2-й слой – суглинок значительной мощности $\gamma=18\text{ кН/м}^3$, $E=12$ МПа.

Таблица 6.6 - Предельные деформации основания

Сооружения	Предельные деформации основания фунда- ментов		
	Относитель- ная разность осадок ($\Delta s/L$) _и	Крен i_u	Максимальная S_u^{max} или средняя \bar{s}_i осадка, см
1 Производственные и гражданские одноэтажные и многоэтажные здания с полным каркасом: железобетонным то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции стальным то же, с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий	0,002	-	10
	0,003	-	15
	0,004	-	15
	0,005	-	18
2 Здания и сооружения, в конструкциях которых не возникают усилия от неравномерных осадок	0,006	-	20
3 Многоэтажные бескаркасные здания с несущими стенами из: крупных панелей крупных блоков или кирпичной кладки без армирования то же, с армированием, в том числе с устройством железобетонных поясов или монолитных перекрытий, а также здания монолитной конструкции	0,0016	-	12
	0,0020	-	12
	0,0024	-	18
4 Сооружения элеваторов из железобетонных конструкций: рабочее здание и силосный корпус монолитной конструкции на одной фундаментной плите то же, сборной конструкции отдельно стоящий силосный корпус монолитной конструкции то же, сборной конструкции	-	0,003	40
	-	0,003	30
	-	0,004	40
	-	0,004	30
5 Дымовые трубы высотой Н, м: $H \leq 100$ $100 < H \leq 200$ $200 < H \leq 300$ $H > 300$	-	0,005	40
	-	1/(2H)	30
	-	1/(2H)	20
	-	1/(2H)	10
6 Жесткие сооружения высотой до 100 м, кроме указанных в позициях 4 и 5	-	0,004	20
7 Антенные сооружения связи: стволы мачт заземленные то же, электрически изолированные башни радио башни коротковолновых радиостанций башни (отдельные блоки)	-	0,002	20
	-	0,001	10
	0,002	-	-
	0,0025	-	-
	0,001	-	-
8 Опоры воздушных линий электропередачи: промежуточные прямые анкерные и анкерно-угловые, промежуточные угловые, концевые, порталы открытых распределительных устройств	0,003	-	-
	0,0025	-	-

специальные переходные	0,002	-	-
Примечания			
1 Значение предельной максимальной осадки основания фундаментов S_u^{max} применяется к сооружениям, возводимым на отдельно стоящих фундаментах на естественном (искусственном) основании или на свайных фундаментах с отдельно стоящими ростверками (ленточные, столбчатые и т.п.).			
2 Значение предельной средней осадки \bar{s}_u основания фундаментов применяется к сооружениям, возводимым на едином монолитном железобетонном фундаменте неразрезной конструкции (перекрестные ленточные и плитные фундамента на естественном или искусственном основании, свайные фундамента с плитным ростверком, плитно-свайные фундамента и т.п.).			
3 Предельные значения относительного прогиба зданий, указанные в позиции 3 , принимают равными $0,5(\Delta s/L)_u$, а относительного выгиба - $0,25(\Delta s/L)_u$.			
4 При определении относительной разности осадок $(\Delta s/L)$ в позиции 8 таблицы Д.1 за L принимают расстояние между осями блоков фундаментов в направлении горизонтальных нагрузок, а в опорах с оттяжками - расстояние между осями сжатого фундамента и анкера.			
5 Если основание сложено горизонтальными (с уклоном не более 0,1), выдержанными по толщине слоями грунтов, предельные значения максимальных и средних осадок допускается увеличивать на 20%.			
6 Предельные значения подъема основания, сложенного набухающими грунтами, допускается принимать: максимальный и средний подъем, в размере 25% и относительную разность осадок в размере 50% соответствующих предельных значений деформаций, приведенных в настоящем приложении, а относительный выгиб - в размере $0,25(\Delta s/L)_u$.			
7 На основе обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации отдельных видов сооружений допускается принимать предельные значения деформаций основания фундаментов, отличающиеся от указанных в настоящем приложении.			

7. Проектирование свайных фундаментов

Выбор конструкции фундамента (свайного, на естественном или искусственном основании), а также вида свай и типа свайного фундамента (например, свайных кустов, лент, полей) следует производить исходя из конкретных условий строительной площадки, характеризуемых материалами инженерных изысканий, расчетных нагрузок, действующих на фундамент, на основе результатов технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений фундаментов (с оценкой по приведенным затратам), выполненного с учетом требований по экономному расходованию ос

новных строительных материалов и обеспечивающего наиболее полное использование прочностных и деформационных характеристик грунтов и физико-механических свойств материалов фундаментов.

Свайные фундамента следует проектировать на основе результатов инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических изысканий строительной площадки, а также на основе данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности проектируемых зданий и сооружений и условия их эксплуатации, нагрузки, действующие на фундамента, с учетом местных условий строительства. Проектирование свайных фундаментов без соответствующего и достаточного инженерно-геологического обоснования не допускается.

Существуют различные виды свай.

1. По способу заглубления в грунт надлежит различать следующие виды свай:

а) забивные железобетонные, деревянные и стальные, погружаемые в грунт без его выемки с помощью молотов, вибропогружателей, вибродавляющих и вдавливающих устройств, а также железобетонные сваи-оболочки, заглубляемые вибропогружателями без выемки или с частичной выемкой грунта и не заполняемые бетонной смесью;

б) сваи-оболочки железобетонные, заглубляемые вибропогружателями с выемкой грунта и заполняемые частично или полностью бетонной смесью;

в) набивные бетонные и железобетонные, устраиваемые в грунте путем укладки бетонной смеси в скважины, образованные в результате принудительного отжатия (вытеснения) грунта;

г) буровые железобетонные, устраиваемые в грунте путем заполнения пробуренных скважин бетонной смесью или установки в них железобетонных элементов;

д) винтовые.

2. По условиям взаимодействия с грунтом сваи следует подразделять на свай-стойки и висячие.

К сваям-стойкам надлежит относить сваи всех видов, опирающиеся на скальные грунты, а забивные сваи, кроме того, на малосжимаемые грунты.

К висячим сваям следует относить сваи всех видов, опирающиеся на сжимаемые грунты и передающие нагрузку на грунты основания боковой поверхностью и нижним концом.

Расчет свайных фундаментов и их оснований должен быть выполнен по предельным состояниям:

а) первой группы:

по прочности материала свай и свайных ростверков;

по несущей способности грунта оснований свай;

по несущей способности оснований свайных фундаментов, если на них передаются значительные горизонтальные нагрузки (подпорные стены, фундаменты распорных конструкций и др.) или если основания ограничены откосами или сложены крутопадающими слоями грунта и т.п.

б) второй группы:

по осадкам оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок;

по перемещениям свай (горизонтальным u_p , углам поворота головы свай ψ_p) совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов;

по образованию или раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов.

Одиночную сваю в составе фундамента и вне его по несущей способности грунтов основания следует рассчитывать исходя из условия

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_k},$$

где N - расчетная нагрузка, передаваемая на сваю (продольное усилие, возникающее в ней от расчетных нагрузок, действующих на фундамент при наиболее невыгодном их сочетании; F_d - расчетная несущая способность грунта основания одиночной сваи, называемая в дальнейшем несущей способностью сваи; γ_c - коэффициент надежности принимается равным: 1,2 - если несущая способность свай определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой; 1,25 - если несущая способность сваи определена расчетом по результатам статического зондирования грунта, по результатам динамических испытаний свай, выполненных с учетом упругих деформаций грунта, а также по результатам полевых испытаний грунтов эталонной сваей или сваей-зондом; 1,4 - если несущая способность сваи определена расчетом, в том числе по результатам динамических испытаний свай, выполненных без учета упругих деформаций грунта. Расчетную нагрузку на сваю N , кН, следует определять, рассматривая фундамент как рамную конструкцию, воспринимающую вертикальные и горизонтальные нагрузки и изгибающие моменты.

Для фундаментов с вертикальными сваями расчетную нагрузку на сваю допускается определять по формуле

$$N = \frac{N_d}{n} \pm \frac{M_x y}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y x}{\sum x_i^2},$$

где N_d - расчетная сжимающая сила, кН; M_x , M_y - расчетные изгибающие моменты, кН·м, относительно главных центральных осей x и y плана свай в плоскости подошвы ростверка; n - число свай в фундаменте; x_i , y_i - расстояния от главных осей до оси каждой сваи, м; x , y - расстояния от главных осей до оси каждой сваи, для которой вычисляется расчетная нагрузка, м.

Расчет свай и свайных фундаментов по деформациям следует производить исходя из условия

$$s \leq s_u,$$

где s - совместная деформация сваи, свайного фундамента и сооружения; s_u - предельное значение совместной деформации основания сваи, свайного фундамента и сооружения, устанавливаемое по указаниям СНиП 2.02.01-83.

Расчет свай-стоек следует производить в следующем порядке.

Несущую способность F_d кН, забивной сваи, сваи-оболочки, набивной и буровой свай, опирающихся на скальный грунт, а также забивной сваи, опирающейся на малосжимаемый грунт следует определять по формуле

$$F_d = \gamma_c RA,$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый $\gamma_c = 1$; A - площадь опирания на грунт сваи, м², принимаемая для свай сплошного сечения равной площади поперечного сечения, а для свай полых круглого сечения и свай-оболочек - равной площади поперечного сечения нетто при отсутствии заполнения их полости бетоном и равной площади поперечного сечения брутто при заполнении этой полости бетоном на высоту не менее трех ее диаметров.

Расчетное сопротивление грунта R под нижним концом сваи-стойки, кПа, следует принимать 20000 кПа.

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

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + \mu \sum \gamma_{cf} f_i h_i),$$

где γ_c - коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый $\gamma_c = 1$; R - расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа, принимаемое по табл.7.1; A - площадь опирания на грунт сваи, м², принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто или по площади поперечного сечения камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру, или по площади сваи-оболочки нетто; μ - наружный периметр поперечного сечения сваи, м; f_i - расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое по табл.7.2; h_i - толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м; γ_{cR} γ_{cf} - коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние способа погружения сваи на расчетные сопротивления грунта и принимаемые по табл.7.3. Необходимо суммировать сопротивления грунта по всем слоям грунта, пройденным свайей, 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.

После определения силы расчетного сопротивления сваи находят необходимое количество свай в ростверке:

$$n = \frac{N_{0I} + N_g}{F_R},$$

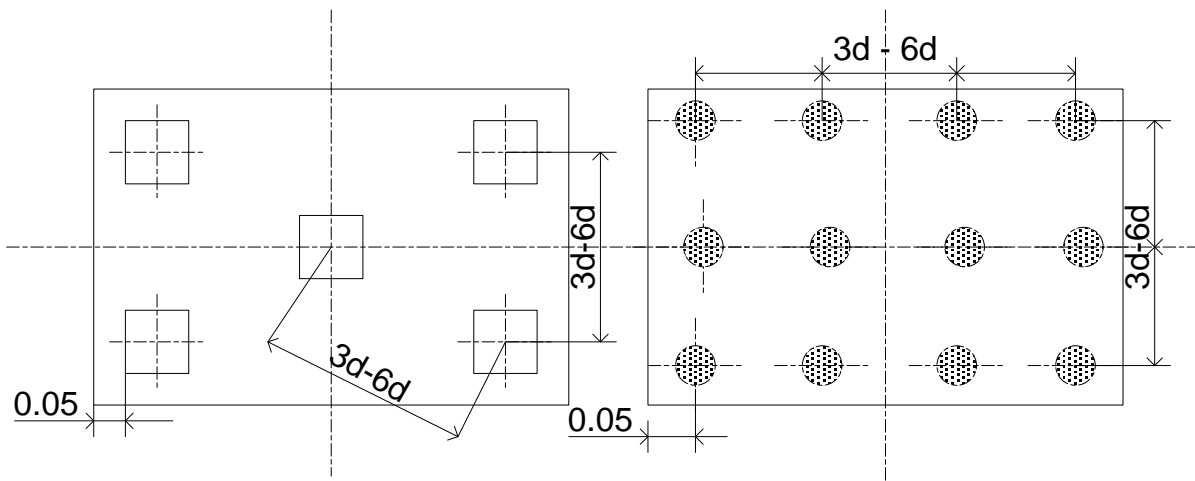
где N_{0I} - нагрузка от конструкций по первому предельному состоянию; N_g - приближенный вес ростверка.

Для ленточного ростверка определяют шаг свай:

$$l = \frac{KF_R}{N_{0I} + N_g},$$

где K - количество рядов свай в ленте.

На основании полученных данных приступают к конструированию ростверка. Глубина заложения ростверка назначается также как и глубина заложения фундаментов, возводимых в открытых котлованах. Сваи раскладывают в плане на допустимом расстоянии от $3d$ до $6d$. Расстояние от края сваи до края ростверка должно быть не менее 0,05м (рис.7.1).



а) б)
 Рисунок 7.1. - Примеры раскладки свай а) в шахматном порядке; б) рядами

Конструируют ростверк по высоте, исходя из расчета на прочность и проверяют максимальные усилия в сваях.

Окончательным расчетом свайного фундамента является расчет основания по деформациям, который производится по методу послойного суммирования для условного фундамента, размеры которого определяются по схеме 7.2.

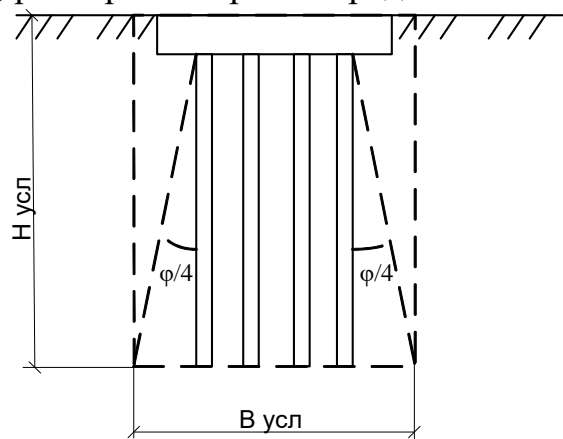


Рисунок 7.2. - Схема для определения размеров условного фундамента

Таблица 7.1 - Расчетные сопротивления грунтов оснований под нижним концом свай

Глубина погружения нижнего конца сваи, м	Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R , кПа $тс/м$)						
	песчаных грунтов средней плотности						
	гравелистых	крупных	—	средней крупности	мелких	пылеватых	—
	пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести равном						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	7500 (750)	<u>6600 (660)</u> 4000 (400)	3000 (300)	<u>3100 (310)</u> 2000 (200)	<u>2000 (200)</u> 1200 (120)	1100 (110)	600 (60)
4	8300 (830)	<u>6800 (680)</u> 5100 (510)	3800 (380)	<u>3200 (320)</u> 2500 (250)	<u>2100 (210)</u> 1600 (160)	1250 (125)	700 (70)
5	8800 (880)	<u>7000 (700)</u> 6200 (620)	4000 (400)	<u>3400 (340)</u> 2800 (280)	<u>2200 (220)</u> 2000 (200)	1300 (130)	800 (80)
7	9700 (970)	<u>7300 (730)</u> 6900 (690)	4300 (430)	<u>3700 (370)</u> 3300 (330)	<u>2400 (240)</u> 2200 (220)	1400 (140)	850 (85)
10	10500 (1050)	<u>7700 (770)</u> 7300 (730)	5000 (500)	<u>4000 (400)</u> 3500 (350)	<u>2600 (260)</u> 2400 (240)	1500 (150)	900 (900)
15	11700 (1170)	<u>8200 (820)</u> 7500 (750)	5600 (560)	<u>4400 (440)</u> 4000 (400)	2900 (290)	1650 (165)	1000 (1000)
20	12600 (1260)	8500 (850)	6200 (620)	<u>4800 (480)</u> 4500 (450)	3200 (320)	1800 (180)	1100 (1100)
25	13400 (1340)	9000 (900)	6800 (680)	5200 (520)	3500 (350)	1950 (195)	1200 (1200)
30	14200 (1420)	9500 (950)	7400 (740)	5600 (560)	3800 (380)	2100 (210)	1300 (1300)
35	15000 (1500)	10000 (1000)	8000 (800)	6000 (600)	4100 (410)	2250 (225)	1400 (1400)

Примечания:

1. Над чертой даны значения R для песчаных грунтов, под чертой - для пылевато-глинистых.

2. В табл. 1 и 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.

3. Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести I_L пылевато-глинистых грунтов значения R определяются интерполяцией.

4. Для плотных песчаных грунтов, степень плотности которых определена по данным статического зондирования, значения R для свай, погруженных без использования подмыва или лидерных скважин, следует увеличить на 100 %. При определении степени плотности грунта по данным других видов инженерных изысканий и отсутствии данных статического зондирования для плотных песков значения R следует увеличить на 60 %, но не более чем до 20 000 кПа.

5. Значения расчетных сопротивлений R допускается использовать при условии, если заглубление свай в неразрываемый 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 $I_p \leq 4$ и коэффициенте пористости $e < 0,8$ расчетные сопротивления R и f_i следует определять как для пылеватых песков средней плотн

Таблица 7.2

Средняя глубина на расположении	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек f_i , кПа (тс/м ²)								
	песчаных грунтов средней плотности								
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	—	—	—	—	—	—
	пылеватоглинистых 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(3,5)	23(2,3)	15(1,5)	12(1,2)	8(0,8)	4(0,4)	4(0,4)	3(0,3)	2(0,2)
2	42(4,2)	30(3,0)	21(2,1)	17(1,7)	12(1,2)	7(0,7)	5(0,5)	4(0,4)	4(0,4)
3	48(4,8)	35(3,5)	25(2,5)	20(2,0)	14(1,4)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)	5(0,5)
4	53(5,3)	38(3,8)	27(2,7)	22(2,2)	16(1,6)	9(0,9)	8(0,8)	7(0,7)	5(0,5)
5	56(5,6)	40(4,0)	29(2,9)	24(2,4)	17(1,7)	10(1,0)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
6	58(5,8)	42(4,2)	31(3,1)	25(2,5)	18(1,8)	10(1,0)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
8	62(6,2)	44(4,4)	33(3,3)	26(2,6)	19(1,9)	10(1,0)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
10	65(6,5)	46(4,6)	34(3,4)	27(2,7)	19(1,9)	10(1,0)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
15	72(7,2)	51(5,1)	38(3,8)	28(2,8)	20(2,0)	11(1,1)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
20	79(7,9)	56(5,6)	41(4,1)	30(3,0)	20(2,0)	12(1,2)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
25	86(8,6)	61(6,1)	44(4,4)	32(3,2)	20(2,0)	12(1,2)	8(0,8)	7(0,7)	6(0,6)
30	93(9,3)	66(6,6)	47(4,7)	34(3,4)	21(2,1)	12(1,2)	9(0,9)	8(0,8)	7(0,7)
35	100(10,0)	70(7,0)	50(5,0)	36(3,6)	22(2,2)	13(1,3)	9(0,9)	8(0,8)	7(0,7)

Примечания:

1. При определении расчетных сопротивлений грунтов на боковой поверхности свай f_i пласты грунтов следует расчленять на однородные слои толщиной не более 2 м.
2. Значения расчетного сопротивления плотных песчаных грунтов на боковой поверхности свай f_i следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведенными в табл.
3. 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 табл. при любых значениях показателя текучести.

Задание:

Задача 1. Определить глубину заложения ростверка, вес ростверка и число свай. Глубина промерзания грунта – 1 м. Высота ростверка из условия продавливания не менее 2,1 м. Вертикальная нагрузка $N+ 7530$ кН. Диаметр свай- 0,35м. Сила расчетного сопротивления свай по грунту $F=885$ кН. Среднее значение удельного веса грунта и материала свай – 20 кН/м³.

Задача 2. Разместить сваи в плане таким образом, чтобы расстояние между их центрами было не менее $3d$. Высота ростверка из условия продавливания – 1,5 м. Число свай – 11. Определите размер ростверка.

Таблица 7.3

Способы погружения забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, и виды грунтов	Коэффициенты условий работы грунта при расчете несущей способности свай	
	под нижним концом $\gamma_{ск}$	на боковой поверхности $\gamma_{сф}$
1. Погружение сплошных и полых с закрытым нижним концом свай 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 сваи	1,0	0,5
б) на 0,05 м менее стороны квадратной сваи	1,0	0,6
в) на 0,15 м менее стороны квадратной или диаметра сваи 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 виброудавливание свай в грунты:		
а) песчаные средней плотности:		
крупные и средней крупности	1,2	1,0
мелкие	1,1	1,0
пылеватые	1,0	1,0
б) пылевато-глинистые с показателем текучести $I_L = 0,5$:		
супеси	0,9	0,9
суглинки	0,8	0,9
глины	0,7	0,9
в) пылевато-глинистые с показателем текучести $I_L \leq 0$	1,0	1,0
5. Погружение молотами любой конструкции полых железобетонных свай с открытым нижним концом:		
а) при диаметре полости сваи 0,4 м и менее	1,0	1,0
б) то же, от 0,4 до 0,8 м	0,7	1,0
6. Погружение любым способом полых свай круглого сечения с закрытым нижним концом на глубину 10 м и более с последующим устройством в нижнем конце свай камуфлетного уширения в песчаных грунтах средней плотности и в пылевато-глинистых грунтах с показателем текучести $I_L \leq 0,5$ при диаметре уширения:		
а) 1,0 м независимо от указанных видов грунта	0,9	1,0
б) 1,5 м в песках и супесях	0,8	1,0
в) 1,5 м в суглинках и глинах	0,7	1,0
7. Погружение вдавливанием свай:		
а) в пески средней плотности крупные, средней крупности и мелкие	1,1	1,0
б) в пески пылеватые	1,1	0,8
в) в пылевато-глинистые грунты с показателем текучести $I_L < 0,5$	1,1	1,0
г) то же, $I_L > 0,5$	1,0	1,0

Рекомендуемая литература

1. СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»
2. СП 20.13330.2011 "СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия"
3. СП 24.13330.2011 "СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты"
4. СП 45.13330.2010 "СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты"
5. СНиП 23-01-99* Строительная климатология
6. Основания и фундаменты. Ч.2. Основы геотехники: Уч./Далматов Б.И., Бронин В.Д., Карлов Р.А. и др. -М.:Изд-во АСВ; СПбГАСУ, 2002, 392с.

Учебное издание

Проконова Марина Валентиновна

Моргун Любовь Васильевна

ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Редактор

Корректор

Подписано к печати Формат

Бумага Уч. печ. Л.

Уч.-изд. Л. Тираж Изд. № Заказ №

Ризография ФГБОУ ВО РГУПС

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. им. Ростовского
Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2