

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емец Валерий Сергеевич  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 26.06.2025 15:49:46  
Уникальный программный ключ:  
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Рязанский институт (филиал)  
федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Промышленного и гражданского строительства»

И.А.Борисова

## Основания и фундаменты зданий и сооружений

Методические указания по выполнению курсового проекта



Рязань  
2025

**УДК 624.15**  
**ББК 38.58**  
**Б 82**

**Борисова, И.А.**

**Б 82** Основания и фундаменты зданий и сооружений: методические указания по выполнению курсового проекта / И.А.Борисова, – Рязань : Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2025. – 28с.

Методические указания содержит материалы по выполнению курсового проекта по дисциплине «Основания и фундаменты зданий и сооружений».

Методические указания предназначены для студентов специальности 08.03.01 «Строительство» направленности ПГС для всех форм обучения.

Печатается по решению методической комиссии Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

**УДК 624.15**  
**ББК 38.58**

© Борисова И.А.  
© Рязанский институт (филиал)  
Московского политехнического  
университета, 2024

## Содержание

Введение .....	5
1 Задание на проектирование. Изучение, обработка и анализ исходной информации, содержащейся в задании .....	5
1.1 Объем курсового проекта .....	5
1.2 Состав расчетно-пояснительной записки .....	5
1.3 Состав графической части.....	5
2 Оценка инженерно-геологических условий строительной площадки.....	5
3 Расчет фундаментов мелкого заложения на естественном основании.....	8
3.1 Выбор глубины заложения фундаментов.....	9
3.2 Определение размеров подошвы фундаментов.....	10
3.3 Расчет осадки фундамента методом послойного суммирования.....	14
3.4 Расчет осадок фундаментов методом эквивалентного слоя Н.А. Цытовича.....	17
4 Расчет свайного фундамента.....	19
4.1 Определение глубины заложения подошвы свайного ростверка.....	20
4.2 Назначение длины свай.....	20
4.3 Определение несущей способности висячей сваи по грунту расчетным способом.....	20
4.4 Определение количества свай в расчетном сечении.....	24
4.5 Определение фактической нагрузки на сваю.....	25
4.6 Расчет свайного фундамента по деформациям.....	25
4.7 Требования к конструированию свайных ростверков.....	27
Библиографический список.....	27

## Ведение

**Фундамент** – важный конструктивный элемент здания, воспринимающий нагрузку от его надземных частей и передающий ее на основание. Фундамент должен обладать: достаточной прочностью, устойчивостью, долговечностью, индустриальностью и экономичностью.

Проектирование оснований и фундаментов выполняется согласно действующим нормативным документам с учетом обеспечения прочности и соответствия эксплуатационным требованиям к зданиям и сооружениям (общие и неравномерные деформации не должны превышать допустимых величин), максимального использования прочностных и деформационных свойств грунтов основания, а также прочности материала фундамента.

Выбор рационального типа оснований и фундаментов находится в прямой зависимости от инженерно-геологических условий строительной площадки и правильного выбора конструктивной и расчетной схем, которые должны обеспечить учет основных факторов, влияющих на совместную работу в реальных условиях.

Расчет и проектирование оснований и фундаментов с учетом совместной работы системы «основание – фундаменты – сооружение» проводится с учетом многих факторов. В том числе, методов выполнения работ по подготовке оснований, устройству фундаментов и подземной части сооружений.

В настоящем пособии приведены указания по проектированию и расчету ленточных, столбчатых и свайных фундаментов, которые позволят студентам-бакалаврам, обучающимся по направлению 08.03.01 – «Строительство», выполнить курсовой проект по дисциплине «Основания и фундаменты зданий и сооружений».

# **1 Задание на проектирование. Изучение, обработка и анализ исходной информации, содержащейся в задании**

Курсовой проект выполняется на основании задания, выдаваемого кафедрой. В задании указываются сроки выполнения работы, район строительства, номер варианта инженерно-геологических условий, схема сооружения. Студент самостоятельно выбирает физико-механические характеристики грунтов и схему сооружения и его размеры в соответствии с заданным вариантом.

Проект, выполненный в несоответствии с заданием, к защите не допускается.

## **1.1 Объем курсового проекта**

Курсовой проект должен содержать подробную расчетно-пояснительную записку объемом 30-35 страниц, выполненную на листах формата А4 (размеры 210х297 мм) и необходимые чертежи, выполненные на листе формата А1 (размеры 294х841 мм).

## **1.2 Состав расчетно-пояснительной записки**

Оформление расчетно-пояснительной записки необходимо выполнять в соответствии с МУ. Содержание записки делится на разделы. Все страницы записки должны иметь сквозную нумерацию.

Записка иллюстрируется необходимыми чертежами, графиками и схемами, выполненными в удобном масштабе со всеми размерами, абсолютными и относительными отметками.

На обложке расчетно-пояснительной записки указывают институт, факультет, наименование проекта, курс, номер группы, шифр, фамилию и инициалы студента.

## **1.3 Состав графической части курсовой работы**

Графическая часть курсового проекта выполняется на листе формата А1. На чертежах необходимо показать: планы фундаментов (масштаб от 1:100 до 1:200); сечения всех рассчитываемых фундаментов (масштаб от 1:10 до 1:50);

узлы; детали (по заданию руководителя); спецификацию сборных железобетонных элементов; примечания.

# **2 Оценка инженерно-геологических условий строительной площадки**

При проектировании оснований под фундаменты зданий и сооружений по данным инженерно-геологических исследований необходимо оценить свойства грунтов строительной площадки с целью выбора несущего слоя грунта.

Для каждого из пластов, которые были вскрыты скважинами, должно быть определено наименование грунта.

Определение типа и наименования пылевато-глинистых грунтов производим по числу пластичности  $I_p$  и показателю (индексу) текучести  $I_L$ , определяемых по формулам

$$I_p = (W_L - W_p), \quad (1)$$

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}, \quad (2)$$

где  $W$  – природная влажность грунта;

$W_L$  – влажность на границе текучести;

$W_p$  – влажность на границе раскатывания.

Наименование пылевато-глинистых грунтов по числу пластичности  $I_p$  и показателю (индексу) текучести  $I_L$  приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Классификация глинистых грунтов по числу пластичности

Разновидность грунтов	Число пластичности $I_p$ , %
Супесь	$1 \leq I_p < 7$
Суглинок	$7 \leq I_p < 17$
Глина	$I_p \geq 17$

Таблица 2 – Классификация глинистых грунтов по показателю текучести

Разновидность грунтов	Показатель текучести $I_L$ , д. е.
Супесь: - твердая - пластичная - текучая	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 1,00$ $I_L > 1,00$
Суглинки и глины: - твердые - полутвердые - тугопластичные - мягкопластичные - текучепластичные - текучие	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 0,25$ $0,25 < I_L \leq 0,50$ $0,50 < I_L \leq 0,75$ $0,75 < I_L \leq 1,00$ $I_L > 1,00$

Коэффициент пористости  $e$  определяется по формуле

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} \cdot (1 + W) - 1, \quad (3)$$

где  $\rho_s$  – плотность твердых частиц грунта, кН/м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность грунта, кН/м<sup>3</sup>.

Степень влажности  $S_r$  определяется по формуле

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}, \quad (4)$$

где  $\rho_w$  – плотность воды, кН/м<sup>3</sup>.

Для определения наименования песчаного грунта необходимо знать гранулометрический состав, плотность сложения (коэффициент пористости) и степень влажности.

Название песчаного грунта по плотности приведено в таблице 3, название песчаного грунта по степени влажности приведено в таблице 4.

Таблица 3 – Классификация песчаных грунтов по плотности

Вид песка	Плотность сложения		
	плотный	средней плотности	рыхлый
Гравелистый, крупный и средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 < e < 0,70$	$e > 0,70$
Мелкий	$e < 0,55$	$0,60 < e < 0,75$	$e > 0,75$
Пылеватый	$e < 0,55$	$0,60 < e < 0,80$	$e > 0,80$

Таблица 4 – Классификация песчаных грунтов по степени влажности

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения $S_r$ , д. е.
Малой степени водонасыщения (маловлажные)	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения (влажные)	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Водонасыщенные	$0,8 < S_r \leq 1$

При строительной оценке следует учитывать, что рыхлые пески и глинистые грунты при  $J_L > 0,80$  относятся к слабым основаниям. Использование таких грунтов в качестве естественного основания без специальной подготовки запрещено.

В конце данного раздела следует определить расчетные сопротивления  $R_0$  всех слоев геологического разреза и построить их эпюру.

Величины условного расчетного сопротивления  $R_0$  приведены в таблице 5 для песчаных грунтов и таблице 6 для пылевато-глинистых грунтов.

Таблица 5 – Величины условного расчетного сопротивления  $R_0$  для песчаных грунтов

Характеристика песка	$R_0$ песка, кПа	
	плотного	средней плотности
Гравелистый и крупный независимо от влажности	600	500
Средней крупности:		
- маловлажный	500	400
- влажный или водонасыщенный	500	400

Продолжение таблицы 5

Характеристика песка	R <sub>0</sub> песка кПа	
	плотного	средней плотности
Мелкий:		
- маловлажный	400	300
- влажный или водонасыщенный	300	200
Пылеватый:		
- маловлажный	300	250
- влажный	200	150
-	150	100

Таблица 6 – Величины условного расчётного сопротивления R<sub>0</sub> для пылевато – глинистых грунтов

Пылевато - глинистые грунты	Коэффициент пористости e	R <sub>0</sub> , кПа, при значении J <sub>L</sub>	
		0	1
Супеси	0,5	300	300
	0,7	250	200
Суглинки	0,5	300	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глины	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100

### 3 Расчет фундаментов мелкого заложения на естественном основании

Основные этапы по проектированию оснований и фундаментов мелкого заложения:

- 1) анализ материалов инженерно-геологических, гидрогеологических и геодезических изысканий на площадке будущего строительства;
- 2) определение нагрузок на фундаменты;
- 3) выбор несущего слоя грунта;
- 4) выбор типа фундамента;
- 5) расчет оснований и фундаментов по двум группам предельным состояниям (прочность и деформации);
- 6) конструирование фундамента.



### 3.1 Выбор глубины заложения фундаментов

Глубина заложения фундамента определяется из условия промерзания. Нормативная глубина промерзания определяется по формуле

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}, \quad (5)$$

где  $M_t$  – безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур воздуха в данном районе, принимается согласно таблице 5 [1];

$d_0$  – величина, принимаемая равной:

0,23 – для суглинков, глин;

0,28 – для супесей, песков мелких и пылеватых;

0,30 – для песков гравелистых, крупных и средней крупности;

0,34 – для крупнообломочных грунтов.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта определяется по формуле

$$d_f = k_h \cdot d_{fn}, \quad (6)$$

где  $k_h$  – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения.

Коэффициент  $k_h$ , учитывающий влияние теплового режима сооружения принимается для фундаментов неотапливаемых сооружений равным 1,1, а для отапливаемых по таблице 7.

Таблица 7 – Коэффициент  $k_h$  влияния теплового режима сооружения

Особенности сооружения	Коэффициент $k_h$ при расчетной среднесуточной температуре воздуха в помещении, примыкающем к фундаментам наружных стен, °C				
	0	5	10	15	20 и более
Без подвала, с полами, устраиваемыми:					
- на грунте	0,9	0,8	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 техническим подпольем	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4

*Примечание.* При промежуточных значениях температуры воздуха коэффициент  $k_h$  принимается с округлением до ближайшего меньшего значения.

Расчетная глубина заложения фундаментов наружных стен принимается в зависимости от положения уровня подземных вод, согласно таблице 8.

Таблица 8 – Глубина заложения подошвы фундаментов  $d$  в зависимости от расчетной глубины промерзания  $d_f$

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

### 3.2 Расчет оснований по деформациям

Целью расчета оснований по деформациям является ограничение абсолютных или относительных перемещений такими пределами, при которых гарантируется нормальная эксплуатация сооружения и не снижается его долговечность (вследствие появления недопустимых общих и неравномерных осадок, подъемов, кренов, изменений проектных уровней и положений конструкций, расстройств их соединений и т.п.).

Расчет фундаментов по деформациям производят исходя из теории линейной деформируемой среды, где среднее давление под подошвой фундамента ограничивается развитием зон пластических деформаций под краями фундамента на глубину  $d$ , не превышающую 0,25 ширины подошвы фундамента. Такое давление называется расчетным сопротивлением грунта основания  $R$ .

Согласно [2] при проектировании центрально-нагруженных фундаментов мелкого заложения в открытых котлованах требуется обеспечить условие

$$p_{II} \leq R, \quad (7)$$

где  $p_{II}$  – среднее давление по подошве фундамента, кПа;

$R$  – расчетное сопротивление основания, кПа.

Для внецентренно-нагруженных фундаментов проверяются следующие условия

$$P_{max} \leq 1,2R, \quad (8)$$

$$P_{min} > 0, \quad (9)$$

где  $P_{max}$ ,  $P_{min}$  – крайевые давления подошвы внецентренно нагруженного фундамента.

Внецентренно нагруженным называют фундамент у которого, равнодействующая внешних нагрузок не проходит через центр тяжести его подошвы.

Условие (9) обеспечивает исключение отрыва подошвы фундамента от грунта.

Применительно к прямоугольной площади подошвы фундамента краевые давления определяем по формулам

$$\begin{aligned} p_{\max} &= \frac{N_{II}}{A} \cdot \left(1 + \frac{6e_x}{l} + \frac{6e_y}{b}\right), \\ p_{\min} &= \frac{N_{II}}{A} \cdot \left(1 - \frac{6e_x}{l} - \frac{6e_y}{b}\right), \end{aligned} \quad (10)$$

где  $e_{x,y}$  – эксцентриситет равнодействующей относительно центра тяжести площади подошвы фундамента, м.

Эксцентриситет равнодействующей относительно центра тяжести площади подошвы фундамента находим по формулам

$$e_x = \frac{M_{xII}}{N_{II}} \quad \text{и} \quad e_y = \frac{M_{yII}}{N_{II}}. \quad (11)$$

В случае, когда момент действует только относительно одной главной оси инерции, краевые давления находят по формулам

$$\begin{aligned} p_{\max} &= \frac{N_{II}}{l \cdot b} \cdot \left(1 + \frac{6e}{l}\right), \\ p_{\min} &= \frac{N_{II}}{l \cdot b} \cdot \left(1 - \frac{6e}{l}\right). \end{aligned} \quad (12)$$

Исходя из условия равновесия площадь подошвы центрально-нагруженного фундамента определяется по формуле

$$A = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_{mt} \cdot d}, \quad (13)$$

где  $N_{0II}$  – расчетная нагрузка по второй группе предельных состояний, приложенная к обрезу фундамента (в уровне планировочной отметки), кН;

$\gamma_{mt}$  – осредненное расчетное значение удельного веса грунта и материала фундамента, принимается равным 17 кН/м<sup>3</sup> для подвальных зданий и 20 кН/м<sup>3</sup> для бесподвальных зданий;

$d$  – глубина заложения фундамента, считая от планировочной отметки или пола здания по грунту, м;

$R_0$  – условное расчетное сопротивление грунта основания, кПа.

После нахождения площади подошвы устанавливаются размеры фундамента по формулам

- в случае квадратной подошвы

$$b = \sqrt{A}, \quad (14)$$

- в случае прямоугольной подошвы

$$b = \sqrt{a/\eta}, \quad (15)$$

где  $\eta = \frac{l}{b}$  – коэффициент отношения размеров большей стороны  $l$  (длины) к меньшей (ширине)  $b$ .

Для прямоугольных в плане фундаментов при назначении коэффициента  $\eta$  следует учитывать конструктивные требования.

Для ленточного фундамента  $b = A/1$ , т.е. ширина численно равна площади подошвы, так как используемая расчетная нагрузка приходится на один метр длины фундамента.

Найденные размеры подошвы фундамента округляются с учетом принятой модульности и унификации элементов конструкций.

По принятым размерам фундамента определяют его объем  $V_f$  и вес по формуле

$$N_{fII} = V_f \cdot \gamma_b, \quad (16)$$

где  $\gamma_b$  – удельный вес материала из которого будет изготовлен фундамент, кН/м<sup>3</sup>.

Расчетный вес грунта над уступами фундамента находят по формуле

$$N_{sII} = (A \cdot d - V_f) \cdot \gamma_{II}', \quad (17)$$

где  $\gamma_{II}'$  – удельный вес грунта обратной засыпки, кН/м<sup>3</sup>.

Удельный вес грунта обратной засыпки принимается равным  $\gamma_{II}' = \gamma_{II} \cdot 0,95$ , где коэффициент 0,95 выражает соотношение между удельными весами грунтов нарушенной и ненарушенной структуры.

При расчете деформаций основания фундаментов среднее давление под подошвой фундамента  $p_{II}$  не должно превышать расчетного сопротивления грунта основания  $R$ .

Среднее давление под подошвой фундамента определяется по формуле

$$p_{II} = \frac{N_{0II} + N_{fII} + N_{sII}}{l \cdot b} \leq R, \quad (18)$$

где  $p_{II}$  – среднее давление по подошве фундамента, кПа;

$N_{fII}$  – расчетная нагрузка от веса фундамента, кН;

$N_{sII}$  – расчетная нагрузка от веса грунта и пола подвала, лежащих на уступах фундамента, кН;

$l$  и  $b$  – длина и ширина фундамента, соответственно, м;

$R$  – расчетное сопротивление грунта основания, кПа.

Расчетное сопротивление грунта основания согласно [2] определяется по формуле

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} (M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma_{II}' + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma_{II}' + M_c \cdot c_{II}), \quad (19)$$

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы, принимаются по таблице 9;

$k$  – коэффициент, равный 1, если характеристики свойств грунтов определены опытным путем или равный 1,1, если характеристики приняты по справочным таблицам [2];

$M_\gamma, M_q, M_c$  – коэффициенты, принимаемые по таблице 10 в зависимости от угла внутреннего трения  $\varphi$  слоя грунта, залегающего под подошвой фундамента;

$k_z$  – коэффициент при  $b < 10$  м равен 1, а при  $b \geq 10$  м  $k_z = z_0 / b + 0,2$  (здесь  $z_0 = 8$  м);

$b$  – ширина подошвы фундамента, м;

$\gamma_{II}$  – расчетное значение удельного веса слоя грунта, залегающего под подошвой фундамента, кН/м<sup>3</sup>;

$\gamma'_{II}$  – расчетное значение удельного веса слоя грунта, залегающего выше подошвы фундамента, кН/м<sup>3</sup>;

$c_{II}$  – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа;

$d_I$  – глубина заложения фундаментов бесподвальных зданий от уровня планировки или приведенная глубина заложения наружных и внутренних фундаментов от пола подвала, м.

Глубина заложения фундаментов определяется по формуле

$$d_I = h_s + h_{cf} \frac{\gamma_{cf}}{\gamma_{II}}, \quad (20)$$

где  $h_s$  – толщина слоя грунта выше подошвы фундамента со стороны подвала, м;

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

$\gamma_{cf}$  – расчетное значение удельного веса материала пола подвала, кН/м<sup>3</sup>;

$d_b$  – глубина подвала, расстояние от уровня планировки до пола подвала, м (для сооружений с подвалом глубиной свыше 2 м принимают равным 2 м).

Если  $d_I > d$  ( $d$  – глубина заложения фундамента от уровня планировки), в формуле (19) принимают  $d_I = d$  и  $d_b = 0$ .

Таблица 9 – Значения коэффициентов  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$

Грунты	Коэффициент $\gamma_{c1}$	Коэффициент $\gamma_{c2}$ для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения к высоте L/H, равном	
		4 и более	1,5 и менее
Крупнообломочные с песчаным заполнителем и песчаные, кроме мелких и пылеватых	1,4	1,2	1,4
Пески мелкие	1,3	1,1	1,3
Пески пылеватые	1,25	1,0	1,2
Пески, насыщенные водой	1,1	1,0	1,2
Пылевато-глинистые (супеси, суглинки и глины с показателем текучести грунта $I_L \leq 0,25$ )	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 $I_L > 0,5$	1,1	1,0	1,0

Таблица 10 – Значения коэффициентов  $M_\gamma, M_q, M_c$

Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Коэффициенты			Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Коэффициенты		
	$M_\gamma$	$M_q$	$M_c$		$M_\gamma$	$M_q$	$M_c$
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	6,35	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	7,21	9,21
12	0,23	1,94	4,42	35	1,68	7,71	9,58
13	0,26	2,05	4,55	36	1,81	8,25	9,98
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	5,00	39	2,28	10,11	11,25
17	0,39	2,57	5,15	40	2,46	10,84	11,73
18	0,43	2,72	5,31	41	2,66	11,64	12,24
19	0,47	2,89	5,48	42	2,87	12,50	12,77
20	0,51	3,06	5,66	43	3,12	13,46	13,37
21	0,56	3,24	5,84	44	3,37	14,48	13,96
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

### 3.3 Расчет осадки фундамента методом послойного суммирования

Метод послойного суммирования основан на том, что осадка основания фундамента по центральной оси подошвы определяется как сумма осадок отдельных слоев грунта на которые разбивается сжимаемая толща в пределах каждого геологического слоя.

Вертикальные напряжения в основании определяются как для однородного изотропного линейно-деформируемого полупространства от действия местной равномерно распределенной нагрузки.

Осадку основания фундамента определяется как сумма осадок отдельных слоев грунта  $n$ , на которые разбита сжимаемая толща  $H_c$ , определяется по формуле

$$s = \beta \sum_{i=1}^n (\sigma_{zp_i} \cdot z_i / E_{oi}), \quad (21)$$

где  $\beta$  – коэффициент, зависящий от бокового расширения грунта  $\nu$ , принимается согласно [2] равным 0,8;

$E_{oi}$  – модуль деформации  $i$ -го слоя грунта, МПа;

$\sigma_{zp_i}$  – дополнительное напряжение грунта, кПа;

$z_i$  – толщина  $i$ -го слоя, м.

Дополнительное напряжение грунта определяется по формуле

$$\sigma_{zp_i} = \alpha_i \cdot P_0, \quad (22)$$

где  $\alpha_i$  – коэффициент, принимаемый по таблице 11.

$P_0$  – дополнительное среднее давление, кПа.

Дополнительное среднее давление определяется по формуле

$$P_0 = P_{II} - \sigma_{zg0} = P_{II} - \gamma'_{II} \cdot d, \quad (21)$$

где  $p_{II}$  – среднее давление по подошве фундамента, кПа;

$\gamma'_{II}$  – расчетное значение удельного веса слоя грунта, залегающего выше подошвы фундамента, кН/м<sup>3</sup>;

$d$  – глубина заложения фундамента;

$\sigma_{zg_i}$  – природное напряжение грунта, кПа.

Природное напряжение  $\sigma_{zg_i}$  определяется по формуле

$$\sigma_{zg_i} = \sum_{i=1}^n \gamma_i z_i, \quad (22)$$

где  $\gamma_i$  – удельный вес природного грунта, кН/м<sup>3</sup>;

$z_i$  – толщина  $i$ -го слоя, м;

$n$  – число слоев грунта.

Отдельные слои рекомендуется принимать мощностью не более 0,4 м. Для фундаментов больших размеров (ширина подошвы фундамента  $b > 4$  м) мощность отдельного слоя целесообразно принимать не более 0,2 м.

Схема к расчету осадки по методу послойного суммирования приведена на рисунке 1.

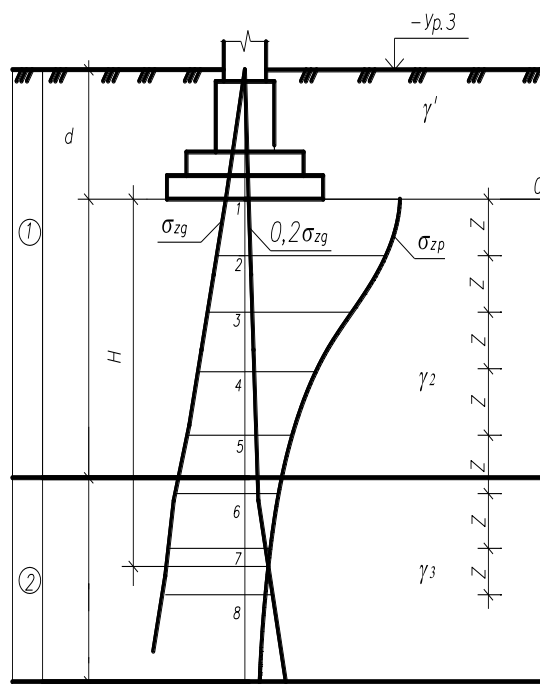


Рисунок 1 – Схема к расчету осадки по методу послойного суммирования

Таблица 11 – Значения коэффициента  $\alpha$

$\xi = \frac{2z}{b}$	Коэффициент $\alpha$ для фундаментов							
	круглых	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$						ленточных $\eta \geq 10$
		1,0	1,4	1,8	2,4	3,2	5,0	
0	1	1	1	1	1	1	1	1
0,4	0,949	0,96	0,972	0,975	0,977	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,8	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	0,53	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	0,22	0,029	0,037	0,049	0,069	0,117
11,2	0,012	0,016	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
<p><b>П р и м е ч а н и я</b></p> <p>1 В таблице обозначено: <math>b</math> — ширина или диаметр фундамента, <math>l</math> — длина фундамента.</p> <p>2 Для фундаментов, имеющих подошву в форме правильного многоугольника с площадью <math>A</math>, значения принимают как для круглых фундаментов радиусом <math>r = A/\pi</math>.</p> <p>3 Для промежуточных значений <math>\xi</math> и <math>\varepsilon</math> коэффициенты <math>\alpha</math> определяют интерполяцией.</p>								

### 3.4 Расчет осадок фундаментов методом эквивалентного слоя Н.А. Цытовича

Метод эквивалентного слоя основан на решении линейно-деформируемых тел, учитывает ограниченное боковое расширение грунтов; все составляющие нормальных напряжений в сжатой зоне грунта под фундаментом.



Осадка фундамента вычисляется по формуле

$$S = h_e m_{vt} P_0, \quad (23)$$

где  $P_0$  – дополнительное среднее давление, определяемое по формуле (21), кПа;

$h_e$  – мощность эквивалентного слоя, м.

Мощность эквивалентного слоя, определяется по формуле

$$h_e = A_\omega \cdot b, \quad (24)$$

где  $A_\omega$  – коэффициент эквивалентного слоя, учитывающий жесткость и форму подошвы фундамента (принимается по таблице 12).

$m_{vt}$  – средний коэффициент относительной сжимаемости грунта.

Средний коэффициент относительной сжимаемости грунта определяется по формуле

$$m_{vt} = \sum_1^H \frac{h_i m_{vi} z_i}{2h_e^2}, \quad (25)$$

где  $m_{vi}$  – коэффициент относительной сжимаемости  $i$  – го слоя грунта;

$h_i$  – мощность  $i$  - го слоя грунта, м;

$z_i$  – расстояние от нижней точки эквивалентной эпюры до середины  $i$ -го слоя, м.

В расчетной схеме сжимаемую толщину грунта, определяющую осадку фундамента, принимают равной двум мощностям эквивалентного слоя:

$$H = 2h_e. \quad (26)$$

Таблица 12 - Значение коэффициента эквивалентного слоя  $A\omega$

a = a/b	Гравий и галька		Пески				Суглинки пластичные					Глины и суглинки мягкопластичные									
	глины и суглинки твердые и полутвердые				супеси твердые и пластичные					глины пластичные											
	μ <sub>0</sub> = 0,10				μ <sub>0</sub> = 0,20				μ <sub>0</sub> = 0,25					μ <sub>0</sub> = 0,30				μ <sub>0</sub> = 0,35			
1,0	1,13	0,96	0,89	1,20	1,01	0,94	1,26	1,07	0,99	1,37	1,17	1,08	1,58	1,34	1,24	2,02	1,71	1,58			
1,5	1,37	1,16	1,09	1,45	1,23	1,15	1,53	1,30	1,21	1,66	1,40	1,32	1,91	1,62	1,52	2,44	2,07	1,94			
2,0	1,55	1,31	1,23	1,63	1,39	1,30	1,72	1,47	1,37	1,88	1,60	1,49	2,16	1,83	1,72	2,76	2,34	2,20			
3,0	1,81	1,55	1,46	1,90	1,63	1,54	2,01	1,73	1,62	2,18	1,89	1,76	2,51	2,15	2,01	3,21	2,75	2,59			
4,0	1,99	1,72	1,63	2,09	1,81	1,72	2,21	1,92	1,81	2,41	2,09	1,97	2,77	2,39	2,26	3,53	3,06	2,90			
5,0	2,13	1,85	1,74	2,24	1,95	1,84	2,37	2,07	1,94	2,58	2,25	2,11	2,96	2,57	2,42	3,79	3,29	3,10			
6,0	2,25	1,98	-	2,37	2,09	-	2,50	2,21	-	2,72	2,41	-	3,14	2,76	-	4,00	3,53	-			
7,0	2,35	2,06	-	2,47	2,18	-	2,61	2,31	-	2,84	2,51	-	3,26	2,87	-	4,18	3,67	-			
8,0	2,43	2,14	-	2,56	2,26	-	2,70	2,40	-	2,94	2,61	-	3,38	2,98	-	4,32	3,82	-			
9,0	2,51	2,21	-	2,64	2,34	-	2,79	2,47	-	3,03	2,69	-	3,49	3,08	-	4,46	3,92	-			
10 и более	2,58	2,27	2,15	2,71	2,40	2,26	2,86	2,54	2,38	3,12	2,77	2,60	3,58	3,17	2,98	4,58	4,05	3,82			
Коэффи- циент	Aω <sub>0</sub>	Aω <sub>m</sub>	Aω <sub>const</sub>	Aω <sub>0</sub>	Aω <sub>m</sub>	Aω <sub>const</sub>	Aω <sub>0</sub>	Aω <sub>m</sub>	Aω <sub>const</sub>	Aω <sub>0</sub>	Aω <sub>m</sub>	Aω <sub>const</sub>	Aω <sub>0</sub>	Aω <sub>m</sub>	Aω <sub>const</sub>	Aω <sub>0</sub>	Aω <sub>m</sub>	Aω <sub>const</sub>			

## 4 Расчет свайного фундамента

Свайный фундамент - это инженерная конструкция, предназначенная для передачи нагрузки на прочные слои грунта, расположенные на глубине. Свайный фундамент состоит из свай и ростверка. Свая - это вертикальный или наклонный стержень, выполняемый из различных материалов. Ростверк - это балочная система, распределяющая нагрузку от наземных частей сооружения на отдельные сваи.

Расчёт свайных фундаментов и их оснований должен быть выполнен в соответствии с [3] по предельным состояниям двух групп.

Первая группа:

- а) по прочности материала свай и свайных ростверков;
- б) по несущей способности (предельному сопротивлению) грунта основания свай;
- в) по потере общей устойчивости оснований свайных фундаментов, если на них передаются значительные горизонтальные нагрузки (подпорные стены, фундаменты распорных конструкций и др.), в том числе сейсмические, если сооружение расположено на откосе или вблизи него или если основание сложено крутопадающими слоями грунта.

Такие расчёты следует производить с учётом конструктивных мероприятий, предусмотренных для предотвращения смещения проектируемого фундамента.

Вторая группа:

- а) по осадкам оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок;
- б) по перемещениям свай совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов;
- в) по образованию или чрезмерному раскрытию трещин в элементах железобетонных конструкций свайных фундаментов.

В расчётах оснований свайных фундаментов следует учитывать совместное действие силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды (например, влияние подземных вод и их режима на физико-механические свойства грунтов и др.).

Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчётах свайных фундаментов, коэффициенты надёжности по нагрузке, а также возможные сочетания нагрузок следует принимать в соответствии с требованиями [4].

Расчёт свай, свайных фундаментов и их оснований по несущей способности необходимо выполнять на основные и особые сочетания нагрузок, по деформациям - на основные сочетания.

Все расчёты свай, свайных фундаментов и их оснований следует выполнять с использованием расчётных значений характеристик материалов и грунтов.

## 4.1 Определение глубины заложения подошвы свайного ростверка

Глубина заложения подошвы свайного ростверка назначается в зависимости от конструкции здания, условий планировки и высоты ростверка, а также от расчетной глубины промерзания грунта (для пучинистых грунтов).

## 4.2 Назначение длины свай

Назначение длины свай производится в зависимости от грунтовых условий строительной площадки, вида и величины нагрузки (для висячих свай). Нижние концы свай необходимо заглублять в малосжимаемые грунты, прорезая более слабые. При этом заглубление свай в грунты, принятые за основание должно быть не менее 1 метра.

В результате длина свай будет складываться из заделки ее в ростверк (0,05 ÷ 0,3 м), участков, проходящих через пласты слабых грунтов и участка заделки в рабочий слой. Длина свай определяется по формуле

$$L = \Delta z + \sum h_{gi} + h_z, \quad (27)$$

где  $\Delta z$  – заделка свай в ростверк, принимается равной 0,1 метра при шарнирной заделке и 0,5 метра при жесткой заделке;

$\sum h_{gi}$  – мощность  $i$  - го слоя грунта, м;

$h_z$  – глубина заделки свай в несущий слой, м.

## 4.3 Определение несущей способности висячей сваи по грунту расчетным способом

Несущая способность свай определяется исходя из двух условий: прочности материала свай и грунта, воспринимающего нагрузку от свай. При проверке прочности свай по материалу находят непосредственно силу расчетного сопротивления свай по материалу.

Несущую способность свай по грунту определяют следующими способами:

1) расчетным, основанным на использовании табличных значений расчетных сопротивлений грунта по [3];

2) динамическим;

3) пробными статическими нагрузками;

4) статическим зондированием;

5) испытанием эталонной сваей.

Согласно [3], для висячей забивной сваи, несущая способность определяется по формуле

$$F_d = \gamma_c [\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i], \quad (28)$$

где  $\gamma_c$  – коэффициент условий работы свай в грунте, принимаемый равным 1;

$R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом свай, принимаемое по таблице 13, кПа;

$A$  – площадь опирания на грунт сваи, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто или по площади поперечного сечения камуфлетного уширения по его наибольшему диаметру, м<sup>2</sup>;

$u$  – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

$f_i$  – расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, принимаемое по таблице 14, кПа;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$\gamma_{cR}$ ,  $\gamma_{cf}$  – 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 таблице 15.

Таблица 13 – Расчетные сопротивления под нижним концом забивных свай

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
3	7500	$\frac{6600}{4000}$	3000	$\frac{3100}{2000}$	$\frac{2000}{1200}$	1100	600
4	8300	$\frac{6800}{5100}$	3800	$\frac{3200}{2500}$	$\frac{2100}{1600}$	1250	700
5	8800	$\frac{7000}{6200}$	4000	$\frac{3400}{2800}$	$\frac{2200}{2000}$	1300	800
7	9700	$\frac{7300}{6900}$	4300	$\frac{3700}{3300}$	$\frac{2400}{2200}$	1400	850
10	10500	$\frac{7700}{7300}$	5000	$\frac{4000}{3500}$	$\frac{2600}{2400}$	1500	900
15	11700	$\frac{8200}{7500}$	5600	$\frac{4400}{4000}$	2900	1650	1000
20	12600	8500	6200	$\frac{4800}{4500}$	3200	1800	1100
25	13400	9000	6800	5200	3500	1950	1200
30	14200	9500	7400	5600	3800	2100	1300
$\geq 35$	15000	10000	8000	6000	4100	2250	1400
<p>Примечания</p> <p>1 Над чертой даны значения <math>R</math> для песков, под чертой - для глинистых грунтов.</p> <p>2 Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести <math>I_L</math> глинистых грунтов значения <math>R</math> и <math>f_i</math> определяют интерполяцией.</p>							

Таблица 14 – Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай

Средняя глубина расположения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных и вдавливаемых свай и свай-оболочек $f_i$ , кПа									
	песков средней плотности									
	крупных и средней крупности	мелких	пылеватых	-	-	-	-	-	-	-
	глинистых грунтов при показателе текучести $I_L$ , равном									
	$\leq 0,2$	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	
$\geq 35$	100	70	50	36	22	13	9	8	7	

**Примечания**

1 При определении расчетного сопротивления грунта на боковой поверхности свай  $f_i$ , следует учитывать требования, изложенные в примечаниях 1. 2, к таблице 13.

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, при любых значениях показателя текучести.

Таблица 15 – Коэффициенты условий работы грунта

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 $\gamma_{cR}$	на боковой поверхности $\gamma_{cf}$
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:		
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

Продолжение таблицы 15

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 $\gamma_{cR}$	под нижним концом $\gamma_{cR}$
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 вибровдавливание 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
б) глинистые с показателем текучести $I_L = 0,5$ :		
супеси	0,9	0,9
суглинки	0,8	0,9
глины	0,7	0,9
в) глинистые с показателем текучести $I_L < 0$	1,0	1,0
5 Погружение молотами полых железобетонных свай с открытым нижним концом:		
а) при диаметре полости свай менее 0,4 м	1,0	1,0
б) то же, от 0,4 до 0,8 м	0,7	1,0
в) 1,5 м в суглинках и глинах	0,7	1,0
6 Погружение вдавливанием свай:		
а) в пески крупные, средней крупности и мелкие	1,1	1,0
б) в пески пылеватые	1,1	0,8
в) в глинистые грунты с показателем текучести $I_L < 0,5$	1,1	1,0
<b>Примечания</b> Коэффициенты $\gamma_{cR}$ и $\gamma_{cf}$ по поз. 4 для глинистых грунтов с показателем текучести $0,5 > I_L > 0$ определяют интерполяцией.		

#### 4.4 Определение количества свай в расчетном сечении

Исходя из величины и условия (конструктивного) размещения свай в ростверке, находят условное давление под подошвой ростверка  $P_g$ , кПа, согласно формуле

$$P_g = \frac{F_R}{(3 \cdot d)^2}, \quad (28)$$

где  $F_R$  – сила расчетного сопротивления свай по грунту, кН;  
 $d$  – размер поперечного сечения свай, м.

Площадь ростверка находим по формуле

$$A_g = \frac{N_{0I}}{P_g - \gamma_f \cdot \gamma_m \cdot d_g}, \quad (29)$$

где  $N_{0I}$  – расчетная нагрузка по обрезу фундамента по I группе предельных состояний, кН;

$\gamma_m$  – осредненное расчетное значение удельного веса грунта и материала ростверка, принимается равным 17 кН/м<sup>3</sup> для подвальных зданий и 20 кН/м<sup>3</sup> для бесподвальных зданий;

$\gamma_f$  – коэффициент надежности по нагрузке, принимается согласно [4];

$d_g$  – глубина заложения ростверка, м.

Далее определяем вес ростверка с грунтом на уступах по формуле

$$N_g = \gamma_f \cdot A_g \cdot \gamma_m \cdot d_g. \quad (30)$$

Количество свай в ростверке с учетом его веса определяется по формуле

$$n = \frac{\eta_M \cdot (N_{0I} + N_g)}{F_R}, \quad (31)$$

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий действие момента и принимаемый равным 1,1÷1,6 (при  $M = 0$  коэффициент  $\eta = 1$ ).

Необходимое число свай  $n$  на один погонный метр длины ленточного фундамента определяется по формуле

$$n = \frac{N_{0I}}{F_R - 8 \cdot d^2 \cdot h \cdot \gamma_m}, \quad (32)$$

где  $d$  – диаметр (сторона сваи), м;

$h$  – высота ростверка, м.

Полученное число свай округляется до целого числа и проектируется свайный фундамент. Расстояние между сваями следует принимать равным  $3d$ , а максимальное  $6d$ , где  $d$  – сторона квадратной или большая сторона прямоугольной сваи или диаметр сваи круглого сечения. Расстояние от края сваи до края ростверка принимается не менее 100 мм, а толщина ростверка кратна 300 мм. Для ростверка под колонну высота назначается конструктивно с минимальной толщиной, а затем проверяется по условию продавливания, чтобы получить минимальные размеры ростверка.

#### 4.5 Определение фактической нагрузки на сваю

Расчетная фактическая нагрузка, передаваемая на сваю, определяется по формуле

$$N_p = \frac{\sum N}{n_p} \pm \frac{M_{0I} \cdot y}{\sum y^2}, \quad (33)$$

где  $\sum N$  – расчетная сжимающая сила с учетом веса ростверка и веса грунта на уступах ростверка, кН;



$M$  – расчетные моменты относительно главных осей  $X$  и  $Y$  плана свай в плоскости подошвы ростверка, кНм;

$n_p$  – число свай в фундаменте, шт.;

$y$  – расстояние от главных осей до оси сваи для которой вычисляется расчетная нагрузка, м;

$F_d$  – несущая способность сваи, кН.

#### **4.6 Расчет свайного фундамента по деформациям**

Согласно рекомендациям [3], расчет свайного фундамента по деформациям производят методом послойного суммирования или методом эквивалентного слоя. Расчет осадки, а также расчет стабилизации осадки во времени принципиально не отличается для фундамента мелкого заложения и свайного фундамента. Разница лишь в том, что в случае фундамента мелкого заложения используются реальные его размеры (глубина заложения  $d$  и площадь подошвы  $A$ ), а в случае свайного фундамента размеры условного фундамента и давление под его подошвой. Границы условного фундамента определяют следующим образом: снизу – плоскостью, проходящей через нижние концы свай; с боков – вертикальными плоскостями, отстоящими от осей крайних рядов вертикальных свай на расстоянии  $0,5$  шага свай, но не более  $2d$  ( $d$  – диаметр или сторона поперечного сечения сваи), а при наличии наклонных свай – проходящими через нижние концы этих свай; сверху – поверхностью планировки грунта.

#### **4.7 Требования к конструированию свайных фундаментов**

В зависимости от конструкции здания применяют ленточные ростверки, ростверки стаканного типа и плитные ростверки. Ленточные ростверки применяют, как правило, для зданий с несущими стенами. Ростверки стаканного типа, состоящие из плитной части и подколонника — стаканной части, применяют в зданиях со сборным железобетонным каркасом. Для тяжёлых зданий и сооружений применяют, как правило, большеразмерные плитные ростверки. Число свай в фундаменте и их размеры следует назначать из условия максимального использования прочности материала свай и грунтов основания при расчётной нагрузке, допускаемой на сваю, с учётом допустимых перегрузок крайних свай в фундаменте в соответствии с требованиями [3]. Выбор конструкции и размеров свай должен осуществляться с учётом значений и направления действия нагрузок на фундаменты, а также технологии строительства здания и сооружения. Сопряжение свайного ростверка со сваями допускается предусматривать как свободно опирающимся, так и жёстким. Свободное опирание ростверка на сваи должно учитываться в расчётах условно как шарнирное сопряжение и при монолитных ростверках должно выполняться путём заделки головы сваи в ростверк на глубину  $5 - 10$  см. Жёсткое сопряжение железобетонных свай с монолитным железобетонным ростверком следует предусматривать с заделкой головы сваи в ростверк на глубину, соответствующую длине анкеровки.

## **Заключение**

Руководство по выполнению курсового проекта предназначено в первую очередь для студентов. В связи с этим в состав методических рекомендаций включены пояснения по разделам графической части и пояснительной записки и некоторые разделы теоретической части.

Методические рекомендации составлены в соответствии с заданием и включают в себя образцы документов, необходимых для выполнения курсового проекта (образцы титульного листа, задания, примеры оформления) и справочный материал. Титульный лист к КП и ПЗ, задание оформляются в соответствии с Приложением А, Б, В.

Таким образом, методические руководство по выполнению курсовому проектированию помогает студентам организовать работу по выполнению курсового проекта.

## Термины и определения

**Грунты** – любые горные породы, которые в инженерно-строительной деятельности человека используются в качестве оснований сооружений, среды, в которой сооружения возводятся, или материала для сооружений.

**Прочность грунта** – способность сопротивляться воздействию внешних нагрузок не разрушаясь.

**Фундамент** – подземная часть сооружения, которая предназначена для передачи нагрузки на основание.

**Основание** – область грунта, воспринимающее давление от сооружения.

**Осадка** – вертикальные перемещения подошвы фундамента. Основной вид деформации.

**Обрез** - верхняя плоскость фундамента, на которую опираются надземные конструкции.

**Подошва** - нижняя плоскость фундамента, опирающаяся на основание.

**Глубина заложения фундамента** – расстояние от поверхности планировки до подошвы.

**Высота фундамента** – определяется расстоянием от подошвы фундамента до его обреза.

## Библиографический список

1. СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* – Москва : Минстроя России, 2021 – 135 с.
2. СП 22.13330.2016. Свод правил. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* – Москва : Минстроя России, 2016 – 96 с.
3. СП 24.13330.2021. Свод правил. Свайные фундаменты СНиП 2.02.03-85 – Москва : Минстроя России, 2021 – 85 с.
4. СП 20.13330.2021. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\* – Москва : Минстроя России, 2021 – 127 с.

Приложение А

Образец оформления титульного листа курсового проекта

**Титульный лист курсового проекта**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Рязанский институт (филиал)  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

**Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине

**«ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»**

на тему:

**«Расчет и проектирование фундаментов различного заложения»**

**Выполнил (а):**

Студент(ка) группы \_\_\_\_\_

специальность 08.03.01

«Строительство»

Шифр \_\_\_\_\_

ФИО \_\_\_\_\_

**Проверил:**

\_\_\_\_\_

Рязань, 20\_\_\_\_

## Приложение Б

### Образец оформления титульного листа к пояснительной записке

#### Титульный лист курсового проекта

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рязанский институт (филиал)  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

#### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

по дисциплине

**«ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»**

**Выполнил (а):**

Студент(ка) группы \_\_\_\_\_

специальность 08.03.01

«Строительство»

Шифр \_\_\_\_\_

ФИО \_\_\_\_\_

**Проверил:**

\_\_\_\_\_

Рязань, 20\_\_\_\_

## Приложение В

Образец оформления листа задания на курсовой проект

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Рязанский институт (филиал)  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

### Задание

#### на курсовой проект

по теме: «Расчет и проектирование фундаментов различного заложения»

Студенту (ке) \_\_ курса, \_\_\_\_\_ группы, \_\_\_\_\_ формы обучения

---

(фамилия, имя, отчество)

по дисциплине «ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ»

Направление 08.03.01 «Строительство»

**Название проекта:** «Расчет и проектирование фундаментов различного  
заложения»

Схема здания	Схема геологических условий	№№ фундаментов (обвести)	Расчетная нагрузка N, кН	Момент M, кН · м	Место строительства
№ 2	№3	1	1140	83	г.Орел
		2	2050	-	
		3			
		4			

Разрабатываются основания и фундаменты в различных инженерных и гидрогеологических условиях, разной глубины заложения, с учетом конструктивных особенностей сооружения в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Рязань, 20\_\_\_\_

Учебное издание

**Борисова Ирина Алексеевна**

## **Основания и фундаменты зданий и сооружений**

Методические указания по выполнению курсового проекта

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_\_ экз.  
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета  
390000г.Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53