

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»**  
**(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой

«ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ»

Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201г. \_\_\_\_

Автор: проф., д.т.н. В.Л.Кубецкий \_\_\_\_\_

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ**

---

**Уровень ВО:** *Бакалавриат*

**Форма обучения:** *Заочная*

**Курс:***3*

**Специальность/Направление:***08.03.01 Строительство (СТб)*

**Специализация/Профиль/Магистерская программа:** *(ВВ) Водоснабжение и водоотведение*

Москва

### **ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

Контрольная работа «Оценка строительных свойств грунтов строительной площадки и определение размеров фундамента»

В контрольной работе требуется оценить грунты строительной площадки с позиции возможности устройства фундамента.

Запроектировать отдельный фундамент под колонну или ленточный фундамент под стену. При этом разрабатывается только фундамент мелкого заложения на естественном основании.

### **Основные обозначения**

#### *Физические характеристики грунтов*

- $\rho$  — плотность грунта, т/м<sup>3</sup>;
- $\rho_d$  — плотность грунта в сухом состоянии, т/м<sup>3</sup>;
- $\rho_s$  — плотность частиц грунта, т/м<sup>3</sup>;
- $\gamma$  — удельный вес грунта, кН/м<sup>3</sup>;
- $\gamma_d$  — удельный вес грунта в сухом состоянии, кН/м<sup>3</sup>;
- $\gamma_s$  — удельный вес твердых частиц грунта кН/м<sup>3</sup>;
- $\gamma_w$  — удельный вес грунта с учетом взвешивающего действия воды кН/м<sup>3</sup>;
- $\gamma_w$  — удельный вес воды, равный  $\approx 10$  кН/м<sup>3</sup>;
- $W$  — влажность грунта природная, в долях единицы;
- $w_p$  — влажность на границе раскатывания;
- $w_L$  — влажность на границе текучести;

Физические характеристики грунтов определяют опытным путем в лабораторных условиях.

#### *Классификационные показатели грунтов*

- $e$  — коэффициент пористости грунта;

$S$  — коэффициент водонасыщения грунта;  
 $I_p$  — число пластичности грунта;  
 $I_L$  — показатель текучести грунта.

Классификационные показатели определяют по расчетным формулам на основе физических характеристик грунтов.

**Показатели деформируемости грунтов при сжатии**

$m_v$  — относительный коэффициент сжимаемости грунта,  $\text{МПа}^{-1}$ ;  
 $m_0$  — коэффициент сжимаемости грунта,  $\text{МПа}^{-1}$ ;  
 $E$  — модуль деформации,  $\text{МПа}$ ;  
 $\nu_0$  — коэффициент относительных поперечных деформаций (коэффициент Пуассона)

**Показатели прочности (сопротивления сдвигу) грунтов**

$\phi$  — угол внутреннего трения, град;  
 $C$  — удельное сцепление,  $\text{кПа}$ .

Показатели деформируемости и прочности грунтов определяются опытным путем в лабораторных или полевых условиях.

**Условные обозначения при расчетах оснований фундаментов**

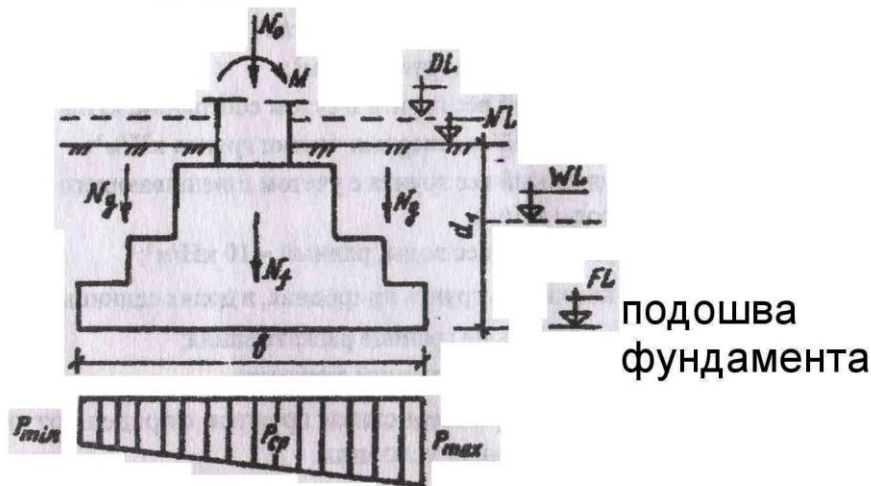


Рис. 1

$DL$  — отметка планировки;  
 $NL$  — отметка поверхности природного рельефа;  
 $h$  — высота, толщина слоя грунта, м;  
 $d_n$  — нормативная глубина сезонного промерзания грунта, м;  
 $d_r$  — расчетная глубина сезонного промерзания грунта, м;  
 $d_w$  — глубина расположения уровня подземных вод, м;  
 $H_c$  — глубина сжимаемой толщи от подошвы фундамента до нижней границы сжимаемой толщи (В.С.), м;  
 $R$  — расчетное сопротивление грунта основания,  $\text{кПа}$ ;  
 $S$  — осадка основания, см;  
 $S_u$  — предельное значение деформации (осадки) основания, см;  
 $WL$  — уровень подземных вод

При выполнении контрольной работы все расчеты выполняются в размерности международной системы единиц (СИ). Ниже дан перевод механической системы единиц (МК ГСС) в систему СИ.

1. Сила, нагрузка, вес — 1 Н.

$1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н} \approx 10 \text{ Н}$ .

$1 \text{ тс} = 9,81 \cdot 10^3 \text{ Н} \approx 10 \text{ кН} = 0,01 \text{ МН}$

2. Давление (напряжение):

$1 \text{ кгс/см}^2 = 10 \text{ тс/м}^2 \approx 100 \text{ кПа} (100 \text{ кН/м}^2) = 0,1 \text{ Мпа}$

3. Удельный вес:

$1 \text{ тс/м}^3 \approx 10 \text{ кН/м}^3 = 0,01 \text{ МН/м}^3$ .

**Исходные данные**

Номер грунтового основания принимается по табл. 1 по последней цифре шифра студента. В табл. 1 даны физико-механические свойства грунтов основания фундамента.

Исходные данные по нагрузкам принимаются по табл. 2. по предпоследней цифре шифра студента. По вариантам 1-5 разрабатывают отдельные фундаменты под колонны промышленных зданий, а по вариантам 6-0 ленточные фундаменты под стены гражданских зданий без подвала.

**Содержание контрольной работы**

Контрольная работа выполняется в виде расчетно-пояснительной записки (12-15 с), где должны быть отражены следующие вопросы:



Таблица 1

## Физико-механические свойства грунтов основания

№ задания слоя основания*	Наименование грунта	Расстояние WL от поверхности, м	Удельный вес грунта $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	Удельный вес твердых частиц, $\gamma_s$ , кН/м <sup>3</sup>	Влажность w, в долях единицы	Влажность на границе текучести w <sub>L</sub>	Влажность на границе раскатывания w <sub>p</sub>	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Удельное сцепление С <sub>д</sub> , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Суглинок	1,2	19,4	27,2	0,24	0,29	0,16	16	32
2	Песок средней крупности	2,0	19,9	26,5	0,17	-	-	34	2
3	Глина	3,0	20,0	27,4	0,35	0,46	0,27	16	43
4	Песок пылеватый	2,3	19,6	26,8	0,18	-	-	31	3
5	Супесь	1,4	19,2	26,7	0,19	0,22	0,16	18	6
6	Песок мелкий	1,9	19,2	26,5	0,17	-	-	33	4
7	Суглинок	3,6	18,5	26,8	0,25	0,36	0,22	19	28
8	Глина	1,0	20,2	27,6	0,28	0,35	0,17	17	48
9	Песок средней крупности	1,5	19,8	26,6	0,25	-	-	35	2
0	Супесь	2,8	20,2	26,7	0,20	0,25	0,19	26	8

\* По последней цифре шифра

Таблица 2

## Исходные данные по нагрузкам и температурам

Показатели	Вариант (предпоследняя цифра шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Нормативная нагрузка N <sub>p</sub> от колонны, кН, или от стены, кН/м	1200	850	1400	1100	1500	400	320	480	260	450
	50	40	60	50	70	30	20	40	20	30
Нормативный момент M <sub>n</sub> от колонны, кНм, или от стены кНм/м	300х300	400х400	400х500	400х400	400х600	400	300	400	300	500
Сечение колонны или стены, мм	45	36	24	30	38	26	40	34	42	28
Кoeffициент, равный сумме абсолютных значений средне-месячных отрицательных температур за зиму, М <sub>t</sub>										



1. Исходные данные по грунту оснований и нагрузкам, приложенным по обрезу фундамента.

2. Анализ физико-механических свойств грунта основания.

3. Проектирование фундамента мелкого заложения на естественном основании.

3.1. Определение глубины заложения подошвы фундамента.

3.2. Определение размеров подошвы фундамента.

3.3. Определение расчетного сопротивления грунта основания.

3.4. Проверка давлений под подошвой внецентренно нагруженного фундамента.

3.5. Конструирование отдельного фундамента под колонну или ленточного фундамента под стену.

### Оформление контрольной работы

Расчетно-пояснительная записка должна быть написана чернилами на листах бумаги формата А4 с одной стороны, с полями. Записку необходимо разбить по разделам, все заголовки выделить. Страницы, таблицы пронумеровать. Все показатели должны иметь размерности. Текст записки должен быть кратким, не допускается переписывание текстов из учебников, пособий и норм проектирования. В начале записки поместить оглавление, в конце — перечень использованной литературы, включая методические указания, по которым выполняется контрольная работа.

На титульном листе должны быть указаны названия факультета, кафедры, дисциплины, написан шифр, фамилия, инициалы, адрес студента и год, в котором выполнена контрольная работа. (см. стр.36)

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

#### 1. АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТА ОСНОВАНИЯ

На основе данных о грунтах (табл. 1.1) определяются физико-механические свойства грунта основания и результаты приводятся в сводной таблице 1.1., где даны все необходимые для расчета формулы.

Наименование и состояние глинистого грунта определяются по числу пластичности  $I_p$  и показателю текучести  $I_L$  (см. приложение, табл. 3.3, 3.4).

Наименования и состояние песчаного грунта определяются по гранулометрическому составу, коэффициенту пористости  $e$  и коэффициенту водонасыщения (см. приложение, табл. 3.1., 3.2).  $S_r$

По таблице 1.2 определяем расчетное сопротивление для песчаного или глинистого грунта, при необходимости используя метод интерполяции.

Таблица 1.1

Сводная таблица физико-механических свойств грунта

Показатели	Обозначения	Формула для расчета	Численные значения
1	2	3	4
Удельный вес твердых частиц грунта	$\gamma_s$ , кН/м <sup>3</sup>	Из издания	
Удельный вес грунта	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	То же	
Влажность грунта	$w$ , доли единицы	"-	
Удельный вес скелета грунта	$\gamma_d$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w}$	
Коэффициент пористости	$e$	$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$	
Удельный вес во взвешенном состоянии	$\gamma_{об}$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_{об} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1+e}$	
Коэффициент водонасыщения (степень влажности) $\gamma_w = 10$ кН/м <sup>3</sup>	$S_r$ доли единицы	$S_r = \frac{\gamma_s \cdot w}{e \cdot \gamma_w}$	
Граница раскатывания	$W_p$ доли единицы	Из издания	
Граница текучести	$W_L$ доли единицы	То же	
Число пластичности	$I_p$ , доли единицы	$I_p = w_L - w_p$	
Показатель текучести	$I_L$ , доли единицы	$I_L = \frac{w - w_p}{I_p}$	
Угол внутреннего трения	$\phi$ , град	Из издания	
Сцепление	$C$ , кПа	"-	
Расчетное сопротивление	$R_d$ , кПа	Из табл. 1.2	

Наименование грунта:  
песчаного по  $e$ ,  $S_r$   
глинистого по  $I_p$ ,  $I_L$



Таблица 1.2

## Расчетные сопротивления грунта основания

А. Пески		Значение $R_0$ , кПа, для песков	
		плотных	средней плотности
Крупные независимо от влажности		600	500
Средней крупности, независимо от влажности		500	400
Мелкие:			
маловлажные		400	300
влажные и насыщенные водой		300	200
Пылеватые:			
маловлажные		300	250
влажные		200	150
насыщенные водой		150	100
Б. Пылевато-глинистые грунты (непросадочные)	Коэффициент пористости	Значения $R_0$ , кПа, при показателе текучести $I_L=0$ $I_L=1$	
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

Примечание. Для пылевато-глинистых грунтов с промежуточными значениями  $e$  и  $I_L$  — допускается определять значение  $R_0$  интерполяцией, вначале по  $e$  — для значений  $I_L=0$  и  $I_L=1$ , затем по  $I_L$ , между полученными значениями  $R_0$  для  $I_L=0$  и  $I_L=1$ .

## ПРИМЕРЫ

## А. Глинистый грунт

Число пластичности:

$I_p = (0,244 - 0,142) \cdot 100\% = 10,2$ , следовательно (табл. 3.3 приложения), тип грунта — суглинок.

Коэффициент пористости:

$$e = \frac{27,2}{18,0} (1 + 0,182) - 1 = 0,79.$$

Показатель текучести:

$$I_L = \frac{0,182 - 0,142}{0,244 - 0,142} = 0,39.$$

Следовательно, суглинок тугопластичный. Определяем  $R_0$  двойной линейной интерполяцией, сначала по

$e=0,79$ :

для  $I_L=0$ ;  $e_1=0,7$ ;  $e_2=1,0$ ;  $R_{01}=250$  кПа;  $R_{02}=200$  кПа;

$$\Delta e = e_2 - e_1 = 1 - 0,7 = 0,3;$$

$$\Delta R_0 = R_{02} - R_{01} = 200 - 250 = -50 \text{ кПа};$$

$$\Delta e^* = e - e_1 = 0,79 - 0,70 = 0,09;$$

$$R_0' = R_{01} + \Delta R_0 \frac{\Delta e^*}{\Delta e} = 250 + (-50) \frac{0,09}{0,30} = 235 \text{ кПа};$$

для  $I_L = I$ ;  $\Delta e = 0,3$ ;  $\Delta e^* = 0,09$ ;  $R_{01} = 180$  кПа;  $R_{02} = 100$  кПа;

$$\Delta R_0 = 100 - 180 = -80 \text{ кПа};$$

$$R_0'' = 180 + (-80) \frac{0,09}{0,30} = 156 \text{ кПа}.$$

Интерполируем по  $I_L = 0,39$ ;

$$I_L' = 0 \rightarrow R_0' = 235 \text{ кПа};$$

$$I_L'' = 1 \rightarrow R_0'' = 156 \text{ кПа};$$

$$\Delta I_L = I_L'' - I_L' = 1 - 0 = 1; \Delta I_L^* = I_L - I_L' = 0,39 - 0 = 0,39;$$

$$\Delta R_0 = R_0'' - R_0' = 156 - 235 = -75 \text{ кПа};$$

$$R_0 = R_0' + \Delta R_0 \frac{\Delta I_L^*}{\Delta I_L} = 235 + (-75) \frac{0,39}{1,00} = 205,75 \approx 206 \text{ кПа}.$$

Расчетное сопротивление  $R_0 = 206$  кПа, грунт может служить в качестве естественного основания.

## Б. Грунт песчаный

Масса частиц крупнее 0,5 мм — 4,7% < 25% т.е. не гравелистый;

— 0,25 мм — 4,7 + 22,9 = 27,6% < 50%, т.е. не крупный;



— 0,1 мм — 27,6 + 36,3 = 63,9% < 75%, т.е. не мелкий.  
Следовательно, песок — пылеватый.  
Коэффициент пористости

$$e = \frac{26,7}{19,3} (1 + 0,296) - 1 = 0,79.$$

Следовательно (табл. 3.1 приложение), песок пылеватый средней плотности.

Степень влажности (коэффициент водонасыщения)

$$S_r = \frac{0,296 \cdot 26,7}{0,79 \cdot 10} = 1.$$

Следовательно, песок насыщен водой.

Расчетное сопротивление  $R_0 = 100$  кПа (табл. 1.2), грунт может служить в качестве естественного основания.

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТА НА ЕСТЕСТВЕННОМ ОСНОВАНИИ

Проектирование фундаментов на естественном основании производится в соответствии со СНиП 2.02.01-83\*

### 2.1. Определение глубины заложения подошвы фундамента

Глубина заложения фундаментов должна определяться с учетом:

— назначения и конструктивных особенностей проектируемого сооружения (например, наличие подвалов, подземных коммуникаций и т.д.);

— величины и характеристики нагрузок, воздействующих на основание;

— глубины заложения фундаментов примыкающих зданий и сооружений;

— инженерно-геологических условий площадки строительства (физико-механических свойств грунтов, характера напластований);

— гидрогеологических условий площадки и возможных их изменений в процессе строительства и эксплуатации сооружений;

— глубины сезонного промерзания грунтов.

Нормативная глубина промерзания грунта, если она менее 2,5 м, определяется по формуле

$$d_{in} = d_0 \sqrt{M_t}, \quad (2.1)$$

где  $M_t$  — коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе (принимается по табл. 2);

$d_0$  — глубина промерзания в см, зависящая от вида грунта; принимается равной:

— для суглинков и глин — 23 см;

— супесей, песков мелких и пылеватых — 28 см;

— песков гравелистых, крупных и средней крупности — 30 см;

— крупнообломочных грунтов — 34 см.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта  $d_f$  определяется по формуле

$$d_f = K_h \cdot d_{in}, \quad (2.2)$$

где  $K_h$  — коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания на глубину промерзания грунта у фундаментов стен и колонн.

Для отапливаемых зданий с полами на грунте  $K_h = 0,6$ ; на лагах по грунту  $K_h = 0,7$ ; по утепленному цокольному перекрытию  $K_h = 0,8$ . В контрольной работе для всех вариантов принимается  $K_h = 0,8$ .

По конструктивным соображениям глубина заложения подошвы фундамента  $d_f$  под стены, для ленточных фундаментов, должна быть не менее 1,0 м, а фундаментов под колонны не менее 1,5 м.

За расчетную величину принимается большее значение из  $d_f$  и  $d_1$ . Принимаемая глубина заложения подошвы фундамента должна быть кратной 0,1 м.



## 2.2. Определение размеров подошвы фундамента

Основными условиями, которым необходимо удовлетворять при определении размеров подошвы фундамента, является:

$$P \leq R \quad (2.3)$$

$$P_{\max} \leq \gamma_c R \quad (2.4)$$

$$P_{\min} \geq 0 \quad (2.5)$$

$$S \leq S_u \quad (2.6)$$

где  $P$  — среднее давление под подошвой фундамента, определяется по формуле (2.9);

$R$  — расчетное сопротивление грунта основания, определяется по формуле (2.8);

$P_{\max}$  — максимальное давление под подошвой фундамента, определяется по формуле (2.10);

$P_{\min}$  — минимальное давление под подошвой фундамента, определяется по формуле (2.10);

$S$  — расчетная осадка фундамента;

$S_u$  — предельно допустимая осадка фундамента, определяется по СНиП 2.02.01-83 4 [ 7] в зависимости от назначения сооружения и его конструктивной схемы.

Размеры фундамента определяются методом последовательных приближений.

Площадь подошвы фундамента определяется по формуле

$$A = \frac{N_{011}}{R_0 - \gamma_{cp} \cdot d_1} \quad (2.7)$$

где  $N_{011} = N_n$  — расчетная нагрузка по второму предельному состоянию, приложенная к обрезу фундамента, кН (табл. 2);

$R_0$  — расчетное сопротивление грунта основания, кПа (табл. 1.2);

$\gamma_{cp}$  — средний удельный вес грунта и материала фундамента, кН/м<sup>3</sup>, принимаемый равным 20 кН/м<sup>3</sup>;

$d_1$  — глубина заложения фундамента от планировочной отметки, м.

Для ленточного фундамента под стены ширина фундамента равна площади фундамента  $A$ , так как расчет ведется на 1 погонный метр; для квадратного фундамента  $\beta = l = \sqrt{A}$ ; для

прямоугольного фундамента  $\beta = \sqrt{\frac{A}{K_n}}$ , где  $K_n$  — коэффициент

соотношения,  $K_n = \frac{l}{\beta}$ ;  $K_n$  может быть принят по соотноше-

нию сторон колонны. Полученное значение  $A$  для фундамента при внецентренной нагрузке должно быть увеличено на 10-20 % на восприятие момента сил. Размер подошвы фундамента следует округлять, чтобы они были кратными 100 мм.

## 2.3. Определение расчетного сопротивления грунта основания по прочностным характеристикам

Расчетное сопротивление грунта основания, кПа, определяется по формуле

$$R = \frac{\gamma_d \cdot \gamma_{c2}}{K} [M_\gamma K_z \gamma_{11} + M_q d_1 \gamma'_{11} + (M_q - 1) d_0 \gamma'_{11} + M_c \cdot c_{11}] \quad (2.8)$$

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  — коэффициенты условий работы, принимаемые по табл. 2.1;

$K$  — коэффициент надежности по грунту,  $K = 1$ ;

$M_\gamma, M_q, M_c$  — коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения, принимаемые по табл. 2.2 для промежуточных значений  $\phi_{11}$  определяются по интерполяции;

$K_z = 1$  при  $\beta < 10$  м;  $\beta$  — ширина подошвы фундамента, м;  $\gamma_{11}$  — осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента на глубину 0,5  $\beta$

(при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м<sup>3</sup>;

$\gamma'_{11}$  — то же, залегающих выше подошвы в пределах глубины  $d_1$ ;

$c_{11}$  — расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа;

$d_1$  — глубина заложения подошвы фундамента. В контрольной работе принимается  $\gamma'_{11} = \gamma_{11} = \gamma$ , а величина  $d_0 = 0$ .



Таблица 2.1

Значения коэффициентов условий работы  $\gamma_{c1}$ ,  $\gamma_{c2}$ 

Виды грунтов	Коэффициент $\gamma_{c1}$	Коэффициент $\gamma_{c2}$ для сооружений с жесткой конструктивной схемой при $L/H$ , равном	
		4 и более	1,5 и менее
	Крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем и пески гравелистые, крупные и средней крупности	1,4	1,2
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
Крупнообломочные грунты с пылевато-глинистым заполнителем и пылевато-глинистые грунты при показателе текучести:			
$I_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1
$0,25 < I_L \leq 0,5$	1,20	1,0	1,1
$I_L > 0,5$	1,1	1,0	1,0

Примечание. В таблице  $L/H$  является отношением длины сооружения здания или его отсека к высоте. При промежуточных значениях  $L/H$  коэффициент  $\gamma_{c2}$  определяется интерполяцией.

При выполнении контрольной работы для расчета отдельного фундамента под колонну промышленного здания следует принять отношение  $L/H = 4$ , а для ленточного фундамента гражданского здания принять  $L/H = 1,5$ .

Определив значения  $R$ , уточняем по формуле (2.7) площадь подошвы фундамента.

Таблица 2.2

Значение коэффициентов  $M_\gamma$ ,  $M_q$ ,  $M_c$  для определения расчетного сопротивления грунта на основании  $R$ 

$\gamma_{11}$ , град	Коэффициенты			$\Phi_{11}$ , град	Коэффициенты		
	$M_\gamma$	$M_q$	$M_c$		$M_\gamma$	$M_q$	$M_c$
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	1,00	3,14	24	0,72	3,87	6,45
2	0,03	1,12	3,32	26	0,84	4,37	6,90
4	0,06	1,25	3,51	28	0,98	4,93	7,40
6	0,10	1,39	3,71	30	1,15	5,59	7,95

Окончание табл. 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
8	0,14	1,55	3,93	32	1,34	6,34	8,55
10	0,18	1,73	4,17	34	1,55	7,22	9,22
12	0,23	1,94	4,42	36	1,81	8,24	9,97
14	0,29	2,17	4,69	38	2,11	9,44	10,80
16	0,36	2,43	4,99	40	2,46	10,85	11,73
18	0,43	2,73	5,31	42	2,88	12,51	12,79
20	0,51	3,06	5,66	44	3,38	14,50	13,98
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

## 3.4. Проверка давлений под подошвой внецентренно нагруженного фундамента

Для внецентренно нагруженного фундамента должны удовлетворяться условия:

$$\begin{aligned} P &\leq R; \\ P_{\max} &\leq 1,2 R; \\ P_{\min} &> 0, \end{aligned}$$

где  $P$  — среднее давление по подошве фундамента, кПа;

$P_{\max}$ ,  $P_{\min}$  — максимальное и минимальное краевое давление, кПа.

$$P = \frac{N_{011}}{A} + \gamma_{cp} \cdot d_1, \quad (2.9)$$

$$P_{\max/\min} = \frac{N_{011}}{A} + \gamma_{cp} \cdot d_1 \pm \frac{M_{11}}{W}, \quad (2.10)$$

где  $M_{11}$  — момент от сочетания расчетных нагрузок, кНм, табл. 1.2;

$$M_{11} = M_n;$$

$$W — \text{момент сопротивления; } W = \frac{b^2 \cdot l}{6}.$$

**Пример 2.1.** Определить ширину подошвы ленточного сборного фундамента под кирпичную стену жилого дома. Расчетная нагрузка (при коэффициенте перегрузки  $n = 1,0$ ) на верхнем об-



резу фундамента  $N_{011} = N_0 = 560$  кН/м,  $M_{11} = 50$  кНм. Длина здания  $L = 120$  м, высота  $H = 27$  м.

Грунтовые условия: I слой — суглинок мощностью  $h_1 = 0,8$  м;  $\gamma = 15$  кН/м<sup>3</sup>; II слой — суглинок тугопластичный ( $J_L = 0,3$ )  $h_2 = 5,0$  м;  $\gamma = 19,2$  кН/м<sup>3</sup>; удельное сцепление  $C_{11} = 22,5$  кПа; угол внутреннего трения  $\varphi = 21^\circ$ , расчетное сопротивление  $R_0 = 230$  кПа. Глубина заложения подошвы фундамента  $d_1 = 1,2$  м. Сечение фундамента показано на рис. 2

Определяем ширину фундамента по формуле

$$A = b \cdot l = \frac{560}{230 - 20 \cdot 1,2} = 2,72 \text{ м.}$$

Уточняем расчетное сопротивление грунта по формуле (2.8) при  $b = 2,72$  м. Так как фундамент ленточный, то расчет ведется на 1 погонный метр, тогда  $l = 1$  п.м.

Для этого определим:

$$\frac{L}{H} = \frac{120}{27} = 4,4; \text{ при } \frac{L}{H} > 4 \quad \gamma_{c2} = 1,0;$$

$\gamma_{c1} = 1,2$  (табл. 2.1.);  $K = 1,0$ ;  $K_z = 1,0$ ;  
при  $\varphi_{11} = 21^\circ$ ;  $M_\gamma = 0,56$ ;  $M_q = 3,24$ ;  $M_c = 5,84$  (табл. 2.2);  
 $C_{11} = 22,5$  кПа;  $\gamma_{11} = 19,2$  кН/м<sup>3</sup>.

$$\gamma'_{11} = \frac{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2}{h_1 + h_2} = \frac{15 \cdot 0,8 + 19,2 \cdot 0,4}{0,8 + 0,4} = 16,4 \text{ кН/м}^3,$$

где  $\gamma_i$  и  $h_i$  — соответственно удельный вес и мощности слоев грунта выше подошвы фундамента;

$d_b = 0$  — для бесподвальных зданий;

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} (0,56 \cdot 2,72 \cdot 19,2 + 3,24 \cdot 1,2 \cdot 16,4 + (3,24 - 1) \times \\ \times 0 \cdot 16,4 + 5,84 \cdot 22,5) = 269,3 \text{ кПа.}$$

Ширина фундамента при  $R = 269,3$  кПа.

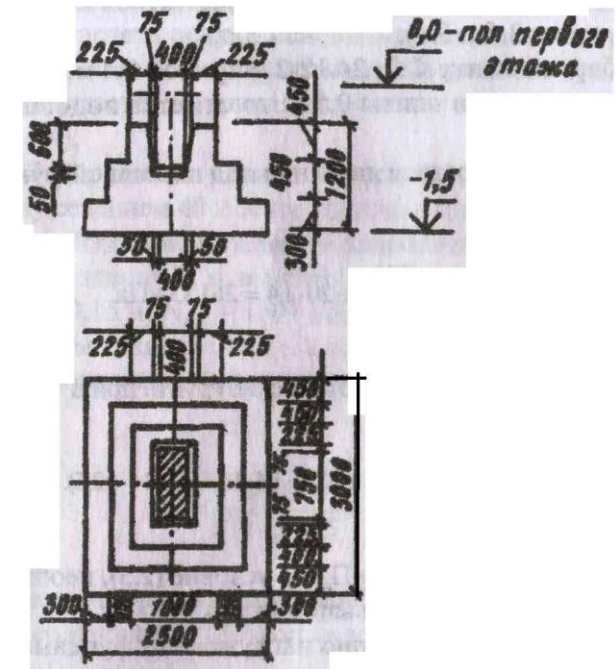
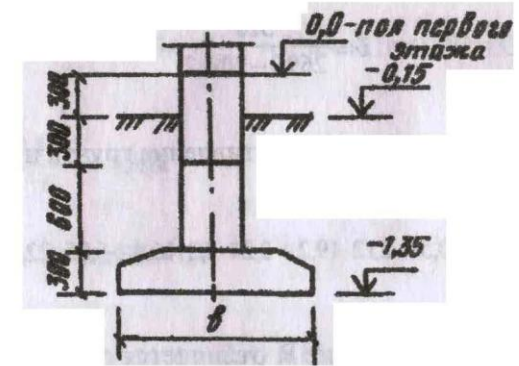


Рис. 2

$$b = \frac{520}{269,3 - 20 \cdot 1,2} = 2,12 \text{ м.}$$

Уточняем расчетное сопротивление грунта при  $b = 2,12$  м.

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} (0,56 \cdot 2,12 \cdot 19,2 + 3,24 \cdot 1,2 \cdot 16,4 + 5,85 \cdot 22,5) = 261,54 \text{ кПа.}$$

Вычисленное значение  $R$  отличается от предыдущего значения менее чем на 5%, поэтому полученную ширину округляют до большего стандартного размера фундаментной плиты (см. приложение, табл. 3.5 и 3.6).

Выбираем плиту ФЛ. 24.12-2 шириной 2,4 м, высотой 0,5 м. Поскольку высота плиты 0,5 м, то отметка подошвы будет составлять 1,4 м.

Фактическое среднее давление под подошвой фундамента

$$P = \frac{560}{2,4 \times 1} + 20 \cdot 1,4 = 261,33 \text{ кПа.}$$

Уточняем расчетное сопротивление грунта при  $d_1 = 1,4$  и  $b = 2,4$  м.

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} (0,56 \cdot 2,4 \cdot 19,2 + 3,24 \cdot 1,4 \cdot 16,4 + 5,84 \cdot 22,5) = 277,91 \text{ кПа.}$$

$P = 261,33 < R = 277,91$  кПа — условие (2.3), необходимое для расчета по деформациям, выполняется.

При расчете внецентренно нагруженных фундаментов кроме условия (2.3) должны выполняться условия (2.4) и (2.5), т.е.

$$P_{\max} \leq 1,2 R; \quad P_{\min} > 0$$

Величина  $P_{\max}$  и  $P_{\min}$  определяется по формуле (2.10), тогда

$$P_{\max} = \frac{560}{2,4 \cdot 1} + 20 \cdot 1,4 + \frac{50}{0,96} = 313,4 \text{ кПа} < 1,2R = 333,5 \text{ кПа,}$$

$$W = \frac{2,4^2 \cdot 1}{6} = 0,96 \text{ м}^3$$

$$P_{\min} = 209,2 \text{ кПа} > 0.$$

Таким образом и условие (2.4) и (2.5) выполняются.

Окончательный вывод о возможности использования фундамента шириной 2,4 м и глубиной залегания 1,4 м может быть сделан после расчета осадки основания и выполнения условия (2.6). Раздел расчета осадки фундамента послойного суммирования прорабатывается студентами самостоятельно используя материалы [1+4];

**Пример 2** Определить размеры железобетонного фундамента под колонну сечением 40 x 50 см. Здание одноэтажное, с гибкой конструктивной схемой. Глубина заложения подошвы фундамента 1,5 м. Длина здания 72 м, высота  $H = 12$  м. Расчетные нагрузки на отметке — 0,15 м;  $N_{011} = 1500$  кН;  $M_{11} = 120$  кНм. Грунтовые условия примем такие же, как и в предыдущем примере.

Определяем площадь подошвы фундамента в плане по формуле (2.7)

$$A = \frac{1500}{230 - 20 \cdot 1,5} = 7,5 \text{ м}^2$$

Соотношение сторон прямоугольного фундамента может быть принято по соотношению сторон колонны. Принимаем  $K_n = 1,25$

$$b = \sqrt{\frac{A}{K_n}} = \sqrt{\frac{7,5}{1,25}} = 2,45 \text{ м}$$

Принимаем  $b = 2,5$  м.



Уточняем расчетное сопротивление грунта при  $\beta=2,5$ . Так как

$$\frac{L}{H} = \frac{72}{12} = 6 > 4, \text{ то по табл. 2.1 } \gamma_{c2} = 1,0; \gamma_{c1} = 1,2.$$

Значение  $\gamma'_{11}$  определим по формуле

$$\gamma'_{11} = \frac{15,0 \cdot 0,8 + 19,2 \cdot 0,7}{0,8 + 0,7} = 16,96 \text{ кН/м}^3.$$

Значение  $\gamma'_{11}$  на отметке подошвы фундамента равно 19,2 кН/м<sup>3</sup>. Здание бесподвальное, следовательно  $d_s = 0$ .

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} (0,56 \cdot 2,5 \cdot 19,2 + 3,24 \cdot 1,5 \cdot 16,96 + 5,84 \cdot 22,5) = 288,8 \text{ кПа.}$$

Уточняем значение  $\beta$  при  $R = 288,8$  кПа.

$$A = \frac{1500}{288,8 - 20 \cdot 1,5} = 5,8$$

$$\beta = \sqrt{\frac{5,8}{1,2}} = 2,21 \text{ м.}$$

Принимаем  $\beta = 2,3$  м.

Определяем значение  $R$  при  $\beta = 2,3$  м

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,0}{1,0} (0,56 \cdot 2,3 \cdot 19,2 + 3,24 \cdot 1,5 \cdot 16,96 + 5,84 \cdot 22,5) = 284,73 \text{ кПа.}$$

Так как  $l = 2,3 \times 1,2 = 2,76$  м принимаем размеры фундамента в плане  $l \times l = 2,3 \times 2,8$  м.

При расчете внецентренно нагруженных фундаментов должно выполняться следующие условия:

$$P \leq R; P_{\max} \leq 1,2 R; P_{\min} > 0$$

(формулы 2.5 и 2.6.)  $P = 262,91$  кПа  $< 284,73$  кПа;

$$P_{\max} = \frac{1500}{6,44} + 20 \cdot 1,5 + \frac{120}{2,47} = 311,5 \text{ кПа} < 341,68 \text{ кПа}$$

$$W = \frac{2,3^2 \cdot 2,8}{6} = 2,47 \text{ см}^3$$

$$P_{\min} = \frac{1500}{6,44} + 20 \cdot 1,5 - \frac{120}{2,47} = 214,34 \text{ кПа} > 0$$

Все условия выполняются, при этом  $P_{\max} < 1,2 R$  на 8,8%, что больше 5%.

Примем размеры подошвы фундамента 2,2 x 2,7 м, получаем  $R = 283,43$  кПа.

$$P = \frac{1500}{2,2 \cdot 2,7} + 20 \cdot 1,5 = 282,52 \text{ кПа} < 283,43 \text{ кПа}$$

$$P_{\max} = \frac{1500}{5,94} + 20 \cdot 1,5 + \frac{120}{2,18} = 337,56 \text{ кПа} < 340,12 \text{ кПа}$$

$$P_{\min} = \frac{1500}{5,94} + 20 \cdot 1,5 - 55,04 = 227,48 \text{ кПа} > 0$$

Все условия выполняются, при этом  $P < R$  на 0,48%, что меньше 5%.

Следовательно, размеры фундамента подобраны правильно. Необходимо иметь в виду, что недонапряжение под подошвой фундамента в пределах 5% относится к одному из трех записанных выше условий.

**Пример 3.** Запроектировать фундамент, имеющий размеры в плане 2,5x3,0 м. Высота фундамента  $h_{\phi} = 1,20$  м. Сечение колонны 40x60 см.

При конструировании фундамента необходимо учитывать, что его высота должна быть кратной 100 мм. Высота ступеней назначается в зависимости от полной высоты плитной части фундамента в соответствии с табл. 2.3.



Таблица 2.3.

Высота плитной части фундамента, см	Высота ступеней, см		
	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>
30	30	-	-
45	45	-	-
60	30	30	-
75	30	45	-
90	30	30	30
105	30	30	45
120	30	45	45
150	45	45	60

Так как  $h_{\phi}$  в нашем случае равна 120 см, то ступеней будет три и их высоты: нижняя — 30 см; средняя и верхняя — по 45 см. При назначении ширины ступени следует стремиться к тому, чтобы отношение выноса ступени к ее высоте было не больше двух. Зазоры между стенками стакана и колонной принимаются равными по низу не менее 50 мм (как правило, 50 мм) и по верху не менее 75 мм. Минимальную толщину стенок неармированного стакана поверху следует принимать не менее 0,75 высоты верхней ступени (подколонника) фундамента или 0,75 глубины стакана, но не менее 200 мм. В фундаментах с армированной стаканной частью толщина стенок стакана определяется расчетом, но должна быть не менее 150 мм.

Принимаем толщину стенок стакана 225 мм. Тогда размеры подлоконника (стакана) в плане будут

$$a_c = a_k + 2 \cdot 225 + 2 \cdot 75 = 600 + 450 + 150 = 1200 \text{ мм};$$

$$b_c = b_k + 2 \cdot 225 + 2 \cdot 75 = 400 + 450 + 150 = 1000 \text{ мм}.$$

Вынос средней  $C_2$  и нижней  $C_1$  ступени будет равен: в направлении большей стороны

$$C_1 + C_2 = \frac{1 - a_c}{2} = \frac{3000 - 1200}{2} = 900 \text{ мм},$$

принимаем  $C_1 = C_2 = 900 : 2 = 450 \text{ мм};$

в направлении меньшей стороны

$$C_1' + C_2' = \frac{2500 - 1000}{2} = 750 \text{ мм},$$

принимаем  $C_1' = 300 \text{ мм}; C_2' = 450 \text{ мм}.$

Глубина заделки колонны прямоугольного сечения при эксцентриситете продольной силы  $e_0 \leq 2h_k$  должна быть не меньше  $h_k$ . В нашем случае  $h_k = 600 \text{ мм}$ . Глубина стакана принимается равной глубине заделки колонны плюс 50 мм для обеспечения возможности рихтовки колонны. В нашем случае  $h_0 = 600 + 50 = 650 \text{ мм}.$

Толщину дна стакана следует принимать по расчету на раскалывание и продавливание, но не менее 200 мм.

Конструктивная схема фундамента показана на рис. 2.

Расчет фундамента по деформации заканчивается проверкой условия  $S \leq S_u$ ,

где  $S$  — осадка фундамента, определяемая по методу послойного суммирования, см;

$S_u$  — предельно допустимая осадка сооружения, определяемая по СНиП 2.02.01-83\*.

Для выполнения контрольной работы каждому студенту необходимо изучить теоретический материал по проектированию фундаментов мелкого заложения в объеме разделов, рассмотренных в расчетной части работы.

Дополнительно проработайте раздел расчета, осадки фундамента по методу послойного суммирования [1 + 2].

### 3. ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 3.1.

Песок	Подразделение по плотности сложения		
	плотный	средней плотности	рыхлый
Гравелистый, крупный и средний крупности	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$e > 0,7$
Мелкий	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пылеватый	$e < 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$



Таблица 3.2

Подразделение песчаных грунтов по коэффициенту водонасыщения (степени влажности)  $S_r$

Грунт	Степень влажности
Малой степени водонасыщения (маловлажный)	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения (влажный)	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насыщенные водой	$0,8 < S_r \leq 1$

Таблица 3.3

Подразделение пылевато-глинистых грунтов по числу пластичности

Грунт	Число пластичности, %
Супесь	$1 < I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

Таблица 3.4

Подразделение пылевато-глинистых грунтов по показателю текучести

Грунт	Показатель текучести	
Супесь:	твердая	$I_L < 0$
	пластичная	$0 < I_L \leq 1$
	текучая	$I_L > 1$
Суглинок и глина:	твердые	$I_L < 0$
	полутвердые	$0 < I_L \leq 0,25$
	тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,5$
	мягкопластичные	$0,5 < I_L \leq 0,75$
	текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1$
	текучие	$I_L > 1$

Таблица 3.5

Плиты железобетонные для ленточных фундаментов под стены (по данным ЦНИИЭПЖилища)

№ п/п	Марка изделия	Размеры, мм			Масса, кН	Бетон		Расход стали, кгс
		l	b	h		марка	объем, м <sup>3</sup>	
1.	ФЛ8-12-2	1180	800	300	6,8	150	0,274	18,2
2.	ФЛ-10-12-2	1180	1000	300	7,5	150	0,300	34,8
3.	ФЛ12-12-2	1180	1200	300	8,7	150	0,347	60,8
4.	ФЛ14-12-2	1180	1400	300	10,4	150	0,416	82,0
5.	ФЛ16-12-2	1180	1600	300	12,1	150	0,486	122,9
6.	ФЛ20-12-2	1180	2000	500	24,4	150	0,975	130,2
7.	ФЛ24-12-2	1180	2400	500	28,4	150	1,138	211,5
8.	ФЛ28-12-2	1180	2800	500	34,2	200	1,369	324,8
9.	ФЛ32-12-2	1180	3200	500	40,0	200	1,60	478,5

Таблица 3.6

Стеновые сплошные бетонные блоки (по ГОСТ 13579-78)

Марка блока	Размеры, мм			Масса, кН	Объем, м <sup>3</sup>
	l	b	h		
ФБС24-3-6-Т	2380	300	580	9,7	0,406
ФБС24-4-6-Т	2380	400	580	13,0	0,543
ФБС24-5-6-Т	2380	500	580	1,63	0,679
ФБС24-6-6-Т	2380	600	580	1,93	0,815
ФБС12-4-6-Т	1180	400	580	6,4	0,265
ФБС12-5-6-Т	1180	500	580	7,9	0,331
ФБС12-6-6-Т	1180	600	580	9,6	0,398
ФБС12-4-3-Т	1180	400	280	3,1	0,127
ФБС12-5-3-Т	1180	500	280	3,8	0,159
ФБС12-6-3-Т	1180	600	280	4,6	0,191
ФБС9-3-6-Т	880	300	580	3,5	0,146
ФБС9-4-6-Т	880	400	580	4,7	0,195
ФБС9-5-6-Т	880	500	580	5,9	0,244
ФБС9-6-6-Т	880	600	580	7,0	0,293





## Рекомендуемая литература.

1. Пусков Б.И., Караулов А.М. и др. Основания и фундаменты транспортных сооружений. Новосибирск, 2009г.
2. Готов Н. М. Леонычев А.В., Рогаткина Ж.Е., Соловьев Г.П. «Основания и фундаменты транспортных сооружений». –М., 1996 г.
3. СП 22.13330.2011 (СНиП 2.02.01-83\*) Основания зданий и сооружений.
4. СП 24.13330.2011 (СНиП 2.02.03.-85) Свайные фундаменты.
5. Болдырев Г.Г., Малышев М.В. Механика грунтов , основания и фундаменты (в вопросах и ответах). Пенза 2009 г.
6. Далматов Б.И. и др. Основания и фундаменты, ч.2 Основы геотехники: АСВ- СПбГАСУ, 2002 г.

**Образец оформления титульного листа пояснительной записки контрольной работы:**

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
РОАТ

**Факультет «Транспортные здания и сооружения»**

**Кафедра «Здания и сооружения на транспорте»**

**Специальность «Водоснабжение и водоотведение»**

**Контрольная работа**

**по дисциплине**

**Тема: «Оценка строительных свойств грунтов  
и расчет размеров фундамента»**

**Выполнил студент \_\_\_\_\_**

**(Фамилия И.О.)**

**(шифр студента, город)**

**(курс, группа)**

**Руководитель \_\_\_\_\_  
(ученое звание, ученая степень)**

**(Фамилия И.О.)**

**к защите \_\_\_\_\_  
(дата, роспись преподавателя)**

**Москва г.**