

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
«КОЛЛЕДЖ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА»

**ПРАКТИКУМ**  
**И**  
**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению практических работ**  
**(Практические занятия № 6-10)**

**МДК 1.1 Проектирование и конструирование оснований и фундаментов**  
**Тема 1.3. Механика грунтов**  
**Тема 1.4 Определение напряжений в массиве грунта**

для студентов по специальности  
Специальность: 08.02.02 Строительство и эксплуатация инженерных  
сооружений

Москва, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	2
<b>Практическое занятие №6</b>	3
Определение вида грунта, расчетной глубины промерзания в соответствии со среднемесячной температурой в районе строительства	
<b>Практическое занятие №7</b>	7
Определение вида грунта и его состояние. Определить расчетное сопротивление песчаного грунта осевому сжатию по СП 35.133330-2011.	
<b>Практическое занятие №8</b>	10
Определить показатели сопротивления различных грунтов сдвигу	
<b>Практическое занятие №9</b>	15
Определение вертикального напряжения от собственного веса грунта. Построение эпюры напряжения.	
<b>Практическое занятие №10</b>	18
Определение напряжений и построение эпюр от действия внешних нагрузок в массиве грунта.	

### **Пояснительная записка**

Практические работы по темам: 1.3 Механика грунтов и 1.4 Определение напряжений в массиве грунта помогают обучающимся закрепить знания и сформировать необходимые умения и навыки.

Выполнение практических работ предусматривает глубокое знание материалов по данной теме.

Каждое задание сопровождается теоретическим материалом.

## Практическое занятие №6

### Определение вида грунта, расчетной глубины промерзания в соответствии со среднемесячной температурой в районе строительства

**Цель работы:** определение расчетной глубины промерзания грунта.

**Задачи:** Практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ учебной дисциплины ПМ.01 Деятельность в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности, МДК 01.01 Проектирование и конструирование оснований и фундаментов инженерных сооружений Транспортные сооружения. Практическое занятие способствуют более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, бумага формата А-4, указания по выполнению практической работы, СП 35.13330.2012 Мосты и трубы, Каменев С.Н. Транспортные сооружения: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. - Волгоград: ИН-Фолио, 2010, СНИП 23-01-99\* (СП 131.13330.2012); СНИП 23-01-99; СП 22.13330.2011 (СНИП 2.02.01-83\*); СНИП 2.02.01-83.

**Продолжительность занятия:** 2 час.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

### Нормативная глубина сезонного промерзания грунта

Источники данных: СНИП 23-01-99\* (СП 131.13330.2012); СНИП 23-01-99; СП 22.13330.2011 (СНИП 2.02.01-83\*); СНИП 2.02.01-83

Нормативная глубина сезонного промерзания грунта принимается равной средней из ежегодных максимальных глубин сезонного промерзания грунтов (по данным наблюдений за период не менее 10 лет) на открытой, оголенной от снега горизонтальной площадке при уровне подземных вод, расположенном ниже глубины сезонного промерзания грунтов.

Нормативную глубину сезонного промерзания грунта  $df_n$ , м, при отсутствии данных многолетних наблюдений следует определять на основе теплотехнических расчетов. Для районов, где глубина промерзания не превышает 2,5 м, ее нормативное значение допускается определять по формуле:

$$df_n = d_0 * \sqrt{Mt}$$

где  $Mt$  - безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе, принимаемых по СНИП по строительной климатологии и геофизике, а при отсутствии в них данных для конкретного пункта или района строительства - по результатам наблюдений гидрометеорологической станции, находящейся в аналогичных условиях с районом строительства;

$d_0$  - величина, принимаемая равной, м, для:

суглинков и глин - 0,23;

супесей, песков мелких и пылеватых - 0,28;

песков гравелистых, крупных и средней крупности - 0,30;

крупнообломочных грунтов - 0,34.

Значение  $d_0$  для грунтов неоднородного сложения определяется как средневзвешенное в пределах глубины промерзания.

### Расчетная глубина сезонного промерзания грунта

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта  $df$ , м, определяется по формуле:

$$df = kh * df_n$$

где  $df_n$  - нормативная глубина промерзания, определяемая;

$kh$  - коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения, принимаемый: для наружных фундаментов отапливаемых сооружений - по табл.1; для наружных и внутренних фундаментов неотапливаемых сооружений  $kh = 1,1$ , кроме районов с отрицательной среднегодовой температурой.

*Примечания:*

1.В районах с отрицательной среднегодовой температурой расчетная глубина промерзания грунта для неотапливаемых сооружений должна определяться теплотехническим расчетом в соответствии с требованиями СП 25.13330. Расчетная глубина промерзания должна определяться теплотехническим расчетом и в случае применения постоянной теплозащиты основания, а также если тепловой режим проектируемого сооружения может существенно влиять на температуру грунтов (холодильники, котельные и т.п.).

2.Для зданий с нерегулярным отоплением при определении  $kh$  за расчетную температуру воздуха принимают ее среднесуточное значение с учетом длительности отапливаемого и неотапливаемого периодов в течение суток.

Таблица 1

Особенности сооружения	Коэффициент $kh$ при расчетной среднесуточной температуре воздуха в помещении, примыкающем к наружным фундаментам, °С				
	0	5	10	15	20 и более
Без подвала с полами, устраиваемыми:					
по грунту	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
на лагах по грунту	1	0,9	0,8	0,7	0,6
по утепленному цокольному перекрытию	1	1	0,9	0,8	0,7
С подвалом или техническим подпольем	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
<p><b>Примечания</b></p> <p>1 Приведенные в таблице значения коэффициента <math>kh</math> относятся к фундаментам, у которых расстояние от внешней грани стены до края фундамента <math>a_f &lt; 0,5</math> м; если <math>a_f \geq 1,5</math> м, значения коэффициента <math>kh</math> повышают на 0,1, но не более чем до значения <math>kh = 1</math>; при промежуточном значении <math>a_f</math> значения коэффициента <math>kh</math> определяют интерполяцией.</p> <p>2 К помещениям, примыкающим к наружным фундаментам, относятся подвалы и технические подполья, а при их отсутствии – помещения первого этажа.</p> <p>3 При промежуточных значениях температуры воздуха коэффициент <math>kh</math> принимают с округлением до ближайшего меньшего значения, указанного в таблице.</p>					

#### Ход работы:

Нормативную глубину сезонного промерзания грунта  $d_{fn}$ , м, при отсутствии данных многолетних наблюдений следует определять на основе теплотехнических расчетов. Для

районов, где глубина промерзания не превышает 2,5 м, ее нормативное значение следует вычислять по формуле

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t} \quad (5.3)$$

где  $d_0$  - величина, принимаемая равной:

- для суглинков и глин 0,23 м;
- супесей, песков мелких и пылеватых - 0,28 м;
- песков гравелистых, крупных и средней крупности - 0,30 м; к
- рупнообломочных грунтов - 0,34 м;

$M$  - безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год в данном районе, принимаемых по СП 131.13330, а при отсутствии в нем данных для конкретного пункта или района строительства - по результатам наблюдений гидрометеорологической станции, находящейся в аналогичных условиях с районом строительства.

Значение  $d_0$  для грунтов неоднородного сложения определяют как средневзвешенное в пределах глубины промерзания.

Нормативную глубину промерзания грунта в районах, где  $d_{fn} > 2,5$  м, а также в горных районах (где резко изменяются рельеф местности, инженерно-геологические и климатические условия), следует определять теплотехническим расчетом в соответствии с требованиями СП 25.13330.

#### **Некоторые пояснения по определению $d_0$ :**

Средневзвешенное значение  $d_0$  при наличии разных грунтов в пределах глубины промерзания рекомендуется определять по п.2.125 пособия по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83).

Приведем данный пункт с примером определения:

п.2.125. Значение  $d_0$  в формуле (5.3) для площадок, сложенных неоднородными по глубине грунтами (при наличии нескольких слоев с различными значениями  $d_{0i}$ ), определяется как средневзвешенное по глубине слоя сезонного промерзания.

В первом приближении рекомендуется принимать значение нормативной глубины промерзания  $d_{fn}$ , полученное по формуле (5.3), исходя из предположения, что весь сезоннопромерзающий слой сложен грунтом одного вида, имеющим коэффициент  $d_{01}$ .

Значение  $d_{01}$ , принимаемое как среднее из величин  $d_{0i}$ , используется для уточнения нормативной глубины промерзания  $d_{fn}$  и средневзвешенного значения с учетом фактической толщины каждого слоя грунта.

п.2.125. Значение  $d_0$  в формуле (5.3) для площадок, сложенных неоднородными по глубине грунтами (при наличии нескольких слоев с различными значениями  $d_{0i}$ ), определяется как средневзвешенное по глубине слоя сезонного промерзания.

В первом приближении рекомендуется принимать значение нормативной глубины промерзания  $d_{fn}$ , полученное по формуле (5.3), исходя из предположения, что весь сезоннопромерзающий слой сложен грунтом одного вида, имеющим коэффициент  $d_{01}$ .

Значение  $d_{01}$ , принимаемое как среднее из величин  $d_{0i}$ , используется для уточнения нормативной глубины промерзания  $d_{fn}$  и средневзвешенного значения с учетом фактической толщины каждого слоя грунта.

Пример определения средневзвешенного значения  $d_0$ .

Необходимо найти нормативную глубину промерзания на площадке, сложенной следующими грунтами.

С поверхности залегает слой супеси толщиной  $h_1 = 0,5$  м ( $d_{01} = 0,28$  м),

далее следует слой суглинка толщиной  $h_2 = 1$  м ( $d_{02} = 0,23$  м),

подстилаемый крупнообломочным грунтом ( $d_{03} = 0,34$  м).

Сумма абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур в данном районе равна  $64^\circ\text{C}$  ( $M_t = 64$ ).

Предположим, что слой сезонного промерзания сложен одним грунтом с

$$d_{01} = 0,28 \text{ м.}$$

Тогда нормативная глубина промерзания по формуле (5.3) равна: .

$$d_{fn1} = d_{01} \sqrt{M_t} = 0,28 \sqrt{64} = 2,24 \text{ м}$$

В этом случае толщина нижнего слоя, которую следует учесть при определении средневзвешенного значения  $d_0$ , равна:

$$h_3 = d_{fn1} - h_1 - h_2 = 2,24 - 0,5 - 1 = 0,74 \text{ м. При этом:}$$

$$d_0 = (d_{01} \cdot h_1 + d_{02} \cdot h_2 + d_{03} \cdot h_3) / d_{fn1} = \\ = (0,28 \cdot 0,5 + 0,23 \cdot 1 + 0,34 \cdot 0,74) / 2,24 = 0,277 \text{ м.}$$

С учетом  $d_0 = 0,277 \text{ м}$  нормативная глубина промерзания составит:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t} = 0,277 \sqrt{64} = 2,22 \text{ м,}$$

т.е. будет уточнена всего на 0,02 м, поэтому дальнейший расчет методом приближения можно не выполнять.

Некоторые пояснения портала *Buildingclub* (Билдинг клуб) по определению  $M$ :

Определение безразмерного коэффициента  $M$  выполняется по таблице 5.1 СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*

$M$  — это безразмерный коэффициент равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за год в данном районе.

Для того чтобы найти  $M$  по таблице 5.1 СП 131.13330, необходимо сложить все отрицательные температуры в течении года (то есть столбцы со 2 по 13 данной таблицы). Причем значения данных температур взять по модулю (абсолютной величине).

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Как определяется нормативная глубина промерзания грунта.
2. Что показывает безразмерный коэффициент  $M$

## Практическое занятие №7

Определение вида грунта и его состояние.

Определить расчетное сопротивление песчаного грунта осевому сжатию по СП 35.133330-2011.

**Цель работы:** определение вида грунта и его состояние..

**Задачи:** Практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ учебной дисциплины ПМ.01 Деятельность в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности, МДК 01.01 Проектирование и конструирование оснований и фундаментов инженерных сооружений Транспортные сооружения. Практическое занятие способствуют более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, бумага формата А-4, указания по выполнению практической работы, СП 35.13330.2012 Мосты и трубы, Каменев С.Н. Транспортные сооружения: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. - Волгоград: ИН-Фолио, 2010,

**Продолжительность занятия:** 2 час.

### Задание к практической работе

№ варианта	Тип грунта	Содержание частиц в % размером d(мм)								$\rho_s$ , т/м <sup>3</sup>	$\rho$ , т/м <sup>3</sup>	w, %
		$\geq 10$	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	$\leq 0,1$			
1	Песчаные грунты	-	-	5	10	17	20	34	14	2,68	1,98	24
2		4	8	14	20	10	14	24	6	2,68	1,92	5
3		-	-	2	3	12	14	40	29	2,67	1,90	30
4		-	-	8	10	14	15	30	23	2,68	1,98	24
5		1	4	7	10	26	24	20	8	2,68	1,92	5
6		-	3	10	24	24	17	12	10	2,67	1,90	30
7		-	10	16	25	24	15	8	2	2,68	1,98	24
8		-	-	4	15	12	18	24	27	2,68	1,92	5
9		-	6	5	8	16	20	26	19	2,67	1,90	30
10		2	5	8	13	12	12	28	20	2,68	1,98	24
11		-	-	5	10	17	20	34	14	2,68	1,92	5
12		4	8	14	20	10	14	24	6	2,67	1,90	30
13		-	-	2	3	12	14	40	29	2,68	1,98	24
14		-	-	8	10	14	15	30	23	2,68	1,92	5
15		1	4	7	10	26	24	20	8	2,67	1,90	30
16		-	3	10	24	24	17	12	10	2,68	1,98	24
17		-	10	16	25	24	15	8	2	2,68	1,92	5
18		-	-	4	15	12	18	24	27	2,67	1,90	30
19		-	6	5	8	16	20	26	19	2,68	1,98	24
20		2	5	8	13	12	12	28	20	2,68	1,92	5

### ХОД РАБОТЫ:

1. Для установления наименования грунта последовательно суммируют проценты содержания частиц: сначала крупнее 2 мм, далее крупнее 0,5 , 0, 25 мм и 0,1 мм. Наименование грунта принимается по первому выполненному условию.
2. Определяют плотность сухого грунта  $\rho_d = \rho/(1 + w)$ .
3. Определяют коэффициент пористости  $e = (\rho_d - \rho_s)/ \rho_d$  и плотность песка
4. Определяют значение пористости песка  $n = e/(1+e)$ .
5. Определяют степень водонасыщения  $S_r = w \rho_s/e \rho_w$  и разновидность песка по степени водонасыщения
6. Записывают полное наименование с характеристиками плотности и водонасыщения.



7. По табл. 2 приложение 24 СП 35.133330-2011 определяют расчетное сопротивление грунта.
8. Вывод: полное наименование грунта и значение расчетного сопротивления.

**Определить наименование и состояние связного грунта.**

**Определить расчетное сопротивление грунта  $R_0$  по СП 35.13330-2011**

**Задание к практической работе**

№ варианта	Тип грунта	$\rho_s, \text{т/м}^3$	$\rho, \text{т/м}^3$	w, %	$w_L, \%$	$w_p, \%$
1	Связные грунты	2,71	2,12	12	45	18
2		2,69	1,94	28	34	12
3		2,67	1,90	30	31	18
4		2,70	2,01	36	35	14
5		2,73	2,06	18	36	16
6		2,68	1,98	24	28	24
7		2,71	1,96	23	32	26
8		2,74	2,03	26	27	21
9		2,68	1,92	5	32	17
10		2,72	1,95	12	34	23
11		2,73	2,04	17	35	19
12		2,70	1,95	27	33	15
13		2,68	1,91	33	32	19
14		2,75	2,05	17	37	18
15		2,76	1,95	15	35	24
16		2,65	1,97	21	29	24
17		2,69	1,91	32	30	18
18		2,73	2,02	37	34	12
19		2,67	1,91	7	31	16
20		2,69	1,98	11	29	23

**ХОД РАБОТЫ:**

1. Определяем число пластичности  $I_p = w_L - w_p$
2. По числу пластичности определяем наименование грунта.

№ п/п	Наименование грунта	Содержит частиц < 0,005 (%)
1	Глины	> 30
2	Суглинок	10÷30

3. Определяем показатель текучести  $I_L = (w - w_p)/(w_L - w_p)$ .
4. По показателю текучести определяем консистенцию грунта.

Наименование глинистых грунтов по показателю консистенции	Показатель консистенции
<p>Супеси:</p> <p>твердые</p> <p>пластичные</p> <p>текучие</p>	<p><math>J_l &lt; 0</math></p> <p><math>0 \leq J_l \leq 1</math></p> <p><math>J_l &gt; 1</math></p>
<p>Суглинки и глины:</p> <p>твердые</p> <p>полутвердые</p> <p>тугопластичные</p> <p>мягкопластичные</p> <p>текучепластичные</p> <p>текучие</p>	<p><math>J_l &lt; 0</math></p> <p><math>0 \leq J_l \leq 0,25</math></p> <p><math>0,25 &lt; J_l \leq 0,50</math></p> <p><math>0,50 &lt; J_l \leq 0,75</math></p> <p><math>0,75 &lt; J_l \leq 1</math></p> <p><math>J_l &gt; 1</math></p>

5. Определяют плотность сухого грунта  $\rho_d = \rho / (1 + w)$ .
6. Определяют коэффициент пористости  $e = (\rho_d - \rho_s) / \rho_d$
7. Определяют степень водонасыщения  $S_r = w \rho_s / e \rho_w$
8. Записывают полное наименование грунта
9. По табл. 1 приложение 24 СП 35.133330-2011 определяют расчетное сопротивление грунта.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Грунт как многокомпонентная система
2. Характеристика твердой фазы
3. Характеристика жидкой фазы
4. Характеристика газообразной фазы
5. Фазовые характеристики грунтов

## Практическое занятие №8

**Определить показатели сопротивления различных грунтов сдвигу**

**Цель работы:** определить показатели сопротивления различных грунтов сдвигу

**Задачи:** Практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ учебной дисциплины ПМ.01 Деятельность в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности, МДК 01.01 Проектирование и конструирование оснований и фундаментов инженерных сооружений Транспортные сооружения. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, бумага формата А-4, указания по выполнению практической работы, СП 35.13330.2012 Мосты и трубы, Каменев С.Н. Транспортные сооружения: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. - Волгоград: ИН-Фолио, 2010,

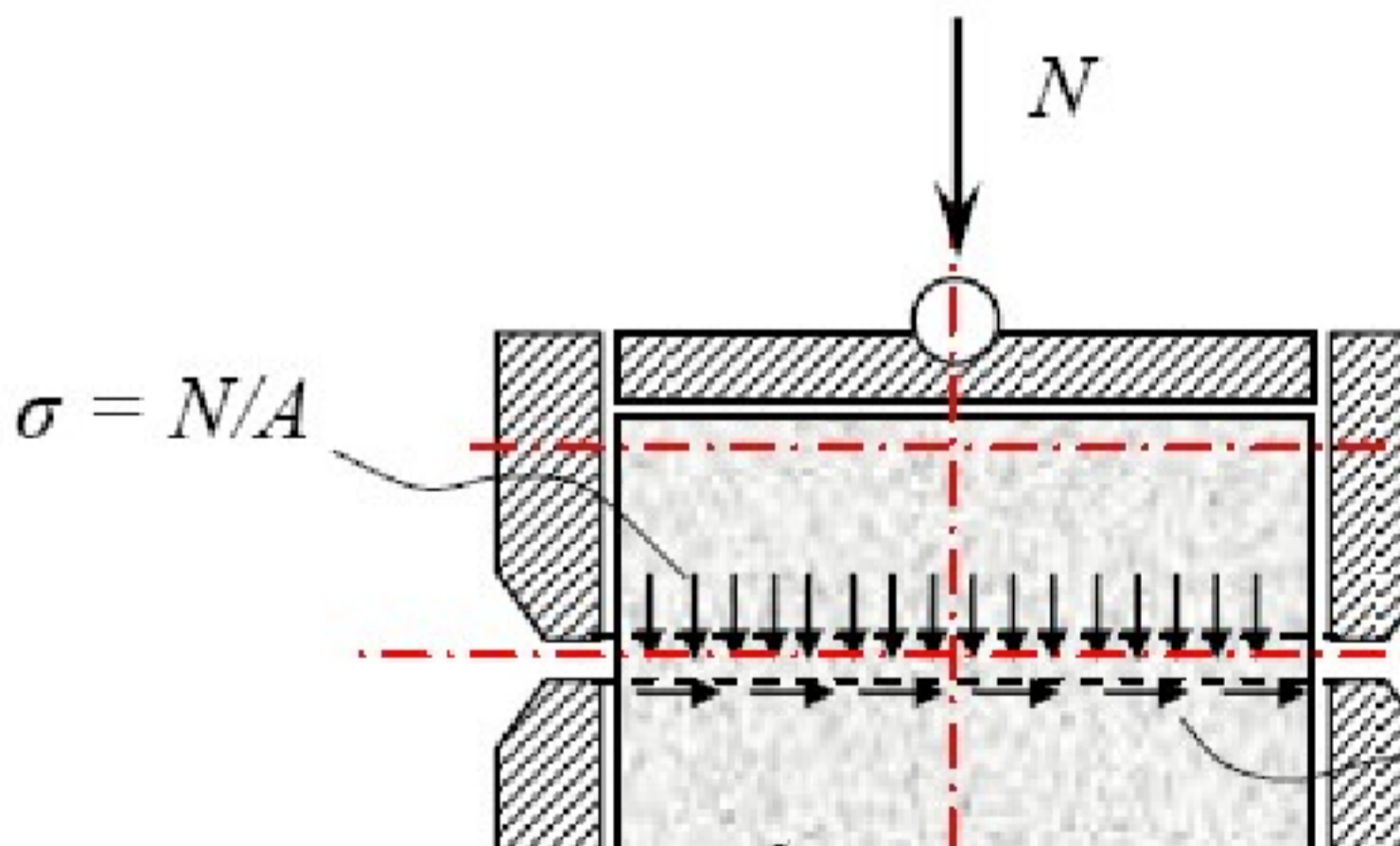
**Продолжительность занятия:** 2 час.

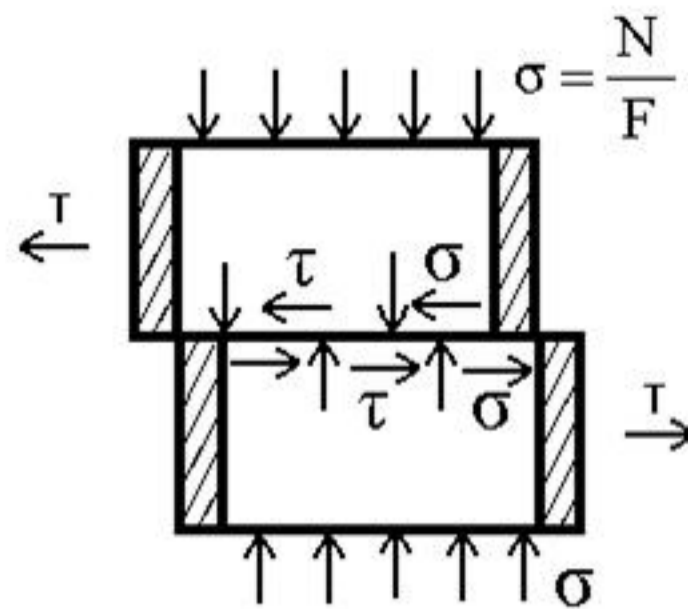
### ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Разрушение грунтовых массивов происходит, как правило, в виде сдвига одной его части, относительно другой. Поэтому прочность грунта рассматривают по его поведению при сдвиге.

Для изучения предельного сопротивления грунтов сдвигу разработаны специальные приборы и методики испытаний. Наиболее распространенные – сдвиговые приборы. Среди них можно выделить две группы:

- приборы со ступенчатым нагружением;
- приборы с непрерывным нагружением.





Испытанию подвергаются образцы грунта с ненарушенной структурой, иногда - нарушенной структуры с заданными значениями плотности и влажности.

Наиболее распространенной при проектировании всех видов зданий и сооружений является стандартная (ГОСТ 12248-78) схема одноплоскостного среза с предварительным уплотнением, ступенчатым увеличением нагрузки со свободным оттоком воды.

При предварительном исследовании песчаных грунтов применяют аналогичную схему непрерывного нагружения без предварительного уплотнения, обеспечивая плотность песка, соответствующую естественным условиям залегания.

При проектировании сооружений на слабых водонасыщенных глинистых породах кроме основной схемы пробы испытывают в стабилометрах без оттока жидкости при различных схемах ступенчатого нагружения.

Образец грунта помещают в металлическое кольцо, разделенные на части - подвижную и неподвижную. Между обоймами до опыта устанавливают зазор, который необходимо сохранять в течение всего опыта. Таким образом, фиксируется плоскость среза. Вертикальное нормальное напряжение в плоскости среза создается с помощью рычажной системы в предположении, что нормальные напряжения в плоскости среза распределены равномерно. В процессе опыта оно остается постоянным.

К подвижной обойме ступенями прикладывается сдвигающее усилие  $T$  через соответствующую рычажную систему. Считается, что касательные напряжения при

любой ступени нагружения равномерно распределены по площади среза. Если сила  $T$  мала, то перемещения одной части образца относительно другой будут затухать и непрерывного сдвига не произойдет. Силу  $T$  увеличивают до тех пор пока не произойдет срез образца. За момент среза принимают такое состояние, когда при неизменной сдвигающей силе  $T$  скорость перемещения одной части относительно другой нарастает. Опыт повторяют при нескольких значениях нормального напряжения.

Основным результатом испытаний грунтов на сдвиг является диаграмма сопротивления сдвигу (рис.2), описываемая уравнением Кулона

$$\tau = C + \operatorname{tg} \phi \sigma,$$

где  $C$  - удельное сцепление грунта (часть сопротивления сдвигу при  $\sigma = 0$ );  $\operatorname{tg} \phi = f$  - коэффициент внутреннего трения (коэффициент пропорциональности между  $\tau$  и  $\sigma$ );  $\phi$  - угол внутреннего трения (угол наклона графика  $\tau(\sigma)$  к оси  $\sigma$ ).

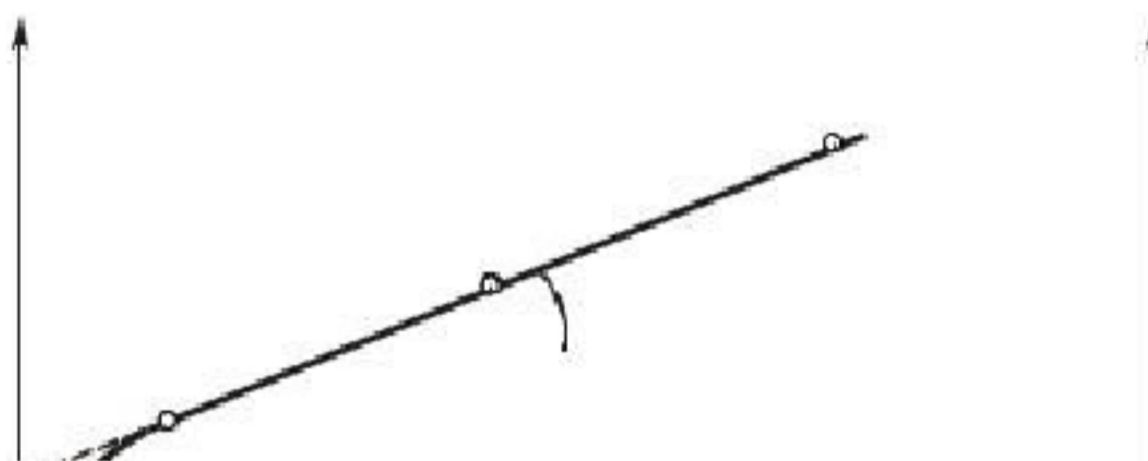


Диаграмма сопротивления сдвигу для связных (а) и несвязных (б) грунтов

**Исходные данные:**

Определить показатели сопротивления сдвигу для песчаных грунтов, по данным испытаний образцов в приборе одноплоскостного среза.

№ варианта	Сопротивление сдвигу, кПа		
	$\sigma_1 = 100$	$\sigma_2 = 200$	$\sigma_3 = 300$
1	81	117	148
2	64	96	128
3	75	125	175
4	88	132	176
5	78	133	188
6	31	56	81
7	44	78	122
8	68	115	162
9	45	91	137
10	52	87	122
11	81	137	193
12	47	84	121
13	67	111	153
14	73	107	141
15	89	132	175
16	51	84	117
17	35	61	87
18	20	45	70
19	40	51	65
20	72	108	144

**ХОД РАБОТЫ:**

Основной особенностью работы слабого грунта на сдвиг в основании насыпи является его работа в течение длительного времени в условиях незавершившейся консолидации. Наличие у слабых грунтов различных участков кривой консолидации и трудности с определением и контролем порового давления свидетельствует о том, что для целей проектирования земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах тестированные методы сдвиговых испытаний не дают возможности прогнозировать сопротивляемость сдвигу на всех участках. Поэтому рекомендуется использовать метод «плотности-влажности». Метод позволяет определять сдвиговые характеристики как при исходной (или заданной) структуре и исходной (или заданной) плотности-влажности, так и на любой стадии консолидации.

Основное уравнение сопротивляемости грунта сдвигу в этом методе имеет вид трёхчлена:

$$\tau_w = \sigma \operatorname{tg} \varphi_w + c + \Sigma w$$

$\varphi_w$  – угол внутреннего трения грунта при влажности  $W$  в момент сдвига;

$c$  – структурно не восстанавливаемая часть общего сцепления;

$\Sigma w$  – восстанавливаемая часть общего сцепления, обусловленная коллоидными связями, при влажности  $W$  в момент сдвига;

$\sigma$  – нормальное напряжение при сдвиге.

Определять сопротивляемость слабых грунтов сдвигу в лаборатории следует по методике «плотности-влажности», в соответствии с которой сопротивляемость сдвигу практически полностью водонасыщенного грунта в общем виде выражается формулой

$$\tau_w = \sigma \operatorname{tg} \varphi_w + c_w$$

где  $\sigma$  – полное нормальное давление на площадке сдвига, МПа

$\varphi_w$  – угол внутреннего трения (град.), зависящий от плотности – влажности грунта в момент сдвига;

$c_w$  – общая (полная) величина структурного сцепления грунта при влажности грунта  $w$ , также зависящая от плотности-влажности грунта в момент сдвига.

Задача испытаний сводится к установлению зависимости угла внутреннего  $\varphi_w$  и сцепления  $c_w$  от влажности грунта в зоне сдвига, что достигается в результате сдвига под несколькими (не менее трёх) нормальными нагрузками нескольких образцов, имеющих различную плотность-влажность. При выборе нормальных нагрузок следует учитывать также возможную величину напряжений в грунте в реальных условиях. Интервал между минимальной и максимальной нормальными нагрузками делят пополам. Таким образом, получают три величины нормальной нагрузки, при которых производят сдвиг. Под каждой из нормальных нагрузок производят сдвиг, как правило, не менее четырёх образцов, имеющих различную влажность.

#### Исходные данные:

Построить первичный и вторичный графики сопротивления сдвигу глинистого грунта по результатам сдвиговых испытаний и определить параметры сопротивления сдвигу применительно к следующим значениям влажности глинистого грунта.

$\sigma_1 =$ 100	W, %	9	16	19	21	28	32	33	36	41	43
	$\tau$ , кПа	151	110	88	82	65	51	46	43	35	32
$\sigma_2 =$ 200	W, %	3	13	19	24	27	30	32	34	36	
	$\tau$ , кПа	210	165	127	102	92	88	79	71	58	
$\sigma_3 =$ 300	W, %	11	15	22	27	29	31	32	34		
	$\tau$ , кПа	245	194	150	125	113	107	101	88		

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W, %	8	10	11	12	14	16	17	18	20	22

№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
W, %	23	24	26	28	29	30	32	34	35	36

Построить первичный и вторичный графики сопротивления сдвигу пластичного глинистого грунта по результатам сдвиговых испытаний и определить параметры сопротивления сдвигу применительно к следующим значениям влажности глинистого грунта.

$\sigma_1 = 100$	W, %	47	49	52	53	60				
	$\tau$ , кПа	36	25	29	17	10				
$\sigma_2 = 200$	W, %	37	40	42	43	44				
	$\tau$ , кПа	84	65	56	50	42				
$\sigma_3 = 300$	W, %	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	$\tau$ , кПа	160	150	140	131	120	108	95	90	85

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W, %	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
W, %	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Опишите выполнение испытания грунтов на сдвиг.
2. Мгновенная и длительная прочность грунтов.

**Практическое занятие №9**  
**Определение вертикального напряжения от собственного веса грунта.**  
**Построение эпюры напряжения.**

**Цель работы:** определить вертикальное напряжение от собственного веса грунта и построить эпюру напряжения для трех случаев.

**Задачи:** Практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ учебной дисциплины ПМ.01 Деятельность в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности, МДК 01.01 Проектирование и конструирование оснований и фундаментов инженерных сооружений. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, бумага формата А-4, указания по выполнению практической работы, СП 35.13330.2012 Мосты и трубы, Каменев С.Н. Транспортные сооружения: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. - Волгоград: ИН-Фолио, 2010,

**Продолжительность занятия:** 2 час.

**Исходные данные:**

Вариант	$\gamma$ , Кн/м <sup>3</sup>	z, м
1	21,2	5
2	19,4	6
3	19,0	7
4	20,1	8
5	20,6	9
6	19,8	5
7	19,6	6
8	20,3	7
9	19,2	8
10	19,5	9
11	20,4	5
12	19,5	6
13	19,1	7
14	20,5	8
15	19,5	9
16	19,7	5
17	19,1	6
18	20,2	7
19	19,1	8
20	19,8	9

**Ход работы:**

Построить эпюру напряженного состояния однородного изотропного линейно-деформируемого полупространства и определить нормальное напряжение  $\sigma_z$  на заданной глубине.

**Исходные данные:**

Вариант	$\gamma_1$ , Кн/м <sup>3</sup>	$h_1$ , м	$\gamma_2$ , Кн/м <sup>3</sup>	$h_2$ , м	$\gamma_3$ , Кн/м <sup>3</sup>	$h_3$ , м
1	19,8	2	21,2	3	21,5	5
2	19,2	3	19,4	2	20,1	5
3	19,0	4	19,0	3	20,2	3
4	19,8	5	20,1	2	21,2	3
5	19,2	2	20,6	3	21,3	5
6	19,0	3	19,8	2	20,4	5
7	19,8	4	19,6	3	20,1	3



8	19,2	5	20,3	2	20,8	3
9	19,0	2	19,2	3	19,9	5
10	19,8	3	19,5	2	20,2	5
11	19,2	4	20,4	3	21,1	3
12	19,0	5	19,5	2	20,1	3
13	19,8	2	19,1	3	20,2	5
14	19,2	3	20,5	2	20,9	5
15	19,0	4	19,5	3	20,0	3
16	19,8	5	19,7	2	20,0	3
17	19,2	2	19,1	3	20,1	5
18	19,0	3	20,2	2	20,7	5
19	19,8	4	19,1	3	19,9	3
20	19,2	5	19,8	2	20,0	3

**Ход работы:**

Построить эпюру напряженного состояния многослойного изотропного линейно-деформируемого полупространства и определить нормальное напряжение  $\sigma_z$  на границе всех слоев.

**Исходные данные:**

Вариант	Глубина воды, м	$\gamma_s^{\text{песок}}$ , Кн/м <sup>3</sup>	e	h <sup>песок</sup> , м	$\gamma^{\text{глина}}$ , Кн/м <sup>3</sup>
1	2	27,1	0,675	3	21,5
2	3	26,9	0,465	2	20,1
3	4	26,7	0,728	3	20,2
4	5	27,0	0,536	2	21,2
5	2	27,3	0,675	3	21,3
6	3	26,8	0,465	2	20,4
7	4	27,1	0,728	3	20,1
8	5	27,4	0,536	2	20,8
9	2	26,8	0,675	3	19,9
10	3	27,2	0,465	2	20,2
11	4	27,1	0,728	3	21,1
12	5	26,9	0,536	2	20,1
13	2	26,7	0,675	3	20,2
14	3	27,0	0,465	2	20,9
15	4	27,3	0,728	3	20,0
16	5	26,8	0,536	2	20,0
17	2	27,1	0,675	3	20,1
18	3	27,4	0,465	2	20,7
19	4	26,8	0,728	3	19,9
20	5	27,2	0,536	2	20,0

**Ход работы:**

Построить эпюру бытового напряженного состояния двухслойного обводненного основания с нижним водоупорным слоем и определить нормальное напряжение  $\sigma_z$  на глубине 10 м от уровня воды.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое бытовое напряжение
2. Что такое дополнительное напряжение
3. Задача об однородном основании
4. Задача об обводненном состоянии

## Практическое занятие №10

### Определение напряжений и построение эпюр от действия внешних нагрузок в массиве грунта

**Цель работы:** определить нормальные напряжения в массиве грунта методом угловых точек.

**Задачи:** Практическая работа заключается в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий, направленных на усвоение теоретических основ учебной дисциплины ПМ.01 Деятельность в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности, МДК 01.01 Проектирование и конструирование оснований и фундаментов инженерных сооружений. Практическое занятие способствует более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса

**Оснащение:** Чертежные принадлежности, бумага формата А-4, указания по выполнению практической работы, СП 35.13330.2012 Мосты и трубы, Каменев С.Н. Транспортные сооружения: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. - Волгоград: ИН-Фолио, 2010,

**Продолжительность занятия:** 2 час.

#### ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Распределение вертикальных напряжений в  $\sigma_z$ любой точке массива грунта по глубине от действия равномерно распределенной местной нагрузки в пределах или за пределами площадок нагружения может быть определено методом угловых точек по формуле:

$$\sigma_z = K_y p$$

где  $K_y$  – коэффициент, определяемый в зависимости от отношения сторон прямоугольной площади загрузки  $l/b$  ( $l$  – длинная ее сторона,  $b$  – короткая, независимо от направления сторон) и отношения  $z/b$  ( $z$  – глубина, на которой определяется напряжение );

$p$  – интенсивность равномерно распределенной нагрузки.

Метод угловых точек применяют в случае, когда грузовая площадь может быть разбита на такие прямоугольники, чтобы рассматриваемая точка оказалась *угловой*. В соответствии с этим заданные площадки нагружения необходимо разбить на прямоугольники таким образом, чтобы они имели общую угловую точку, через которую проходит расчетная вертикаль  $M_i$ . Для каждого из этих прямоугольников со сторонами  $a_i$   $b_i$  с помощью таблиц определяют значения коэффициента  $K_{yi}$  и, пользуясь принципом независимости действия сил, находят алгебраическим суммированием напряжения в заданных точках массива грунта. Значения коэффициента  $K_y$  приведены в таблицах.

#### 1. Исходные данные

№ варианта	р, кПа	l, м	b, м	Координаты точки		
						Z
1	200	8,0	4,0			4,0
2	250	8,0	4,0			4,0
3	300	8,0	4,0			4,0
4	350	8,0	4,0			4,0
5	400	8,0	4,0			4,0
6	200	8,0	4,0			4,0
7	250	8,0	4,0			4,0
8	300	8,0	4,0			4,0
9	350	8,0	4,0			4,0
10	400	8,0	4,0			4,0
11	200	12,0	8,0			4,0
12	250	12,0	8,0			4,0
13	300	12,0	8,0			4,0

14	350	12,0	8,0			4,0
15	400	12,0	8,0			4,0
16	200	12,0	8,0			4,0
17	250	12,0	8,0			4,0
18	300	12,0	8,0			4,0
19	350	12,0	8,0			4,0
20	400	12,0	8,0			4,0

**Ход работы:**

Определить значение  $\sigma_z$  в середине и под углом площадки на глубине Z

**2. Исходные данные**

№ варианта	p, кПа	l, м	b, м	Координаты точки		
				X	Y	Z
1	200	8,0	4,0	1	4	4,0
2	250	8,0	4,0	2	1	4,0
3	300	8,0	4,0	2	2	4,0
4	350	8,0	4,0	2	3	4,0
5	400	8,0	4,0	1	4	4,0
6	200	8,0	4,0	2	1	4,0
7	250	8,0	4,0	2	2	4,0
8	300	8,0	4,0	2	3	4,0
9	350	8,0	4,0	1	4	4,0
10	400	8,0	4,0	2	1	4,0
11	200	12,0	8,0	1	6	4,0
12	250	12,0	8,0	2	6	4,0
13	300	12,0	8,0	3	6	4,0
14	350	12,0	8,0	4	1	4,0
15	400	12,0	8,0	4	2	4,0
16	200	12,0	8,0	4	3	4,0
17	250	12,0	8,0	4	4	4,0
18	300	12,0	8,0	4	5	4,0
19	350	12,0	8,0	3	6	4,0
20	400	12,0	8,0	4	1	4,0

**Ход работы:**

Определить значение  $\sigma_z$  для точки расположенной на контуре площадки на глубине Z

**3. Исходные данные**

№ варианта	p, кПа	l, м	b, м	Координаты точки		
				X	Y	Z
1	200	8,0	4,0	1	1	4,0
2	250	8,0	4,0	1	2	4,0
3	300	8,0	4,0	1	3	4,0
4	350	8,0	4,0	1	1	4,0
5	400	8,0	4,0	1	2	4,0
6	200	8,0	4,0	1	3	4,0
7	250	8,0	4,0	1	1	4,0
8	300	8,0	4,0	1	2	4,0
9	350	8,0	4,0	1	1	4,0
10	400	8,0	4,0	1	3	4,0
11	200	12,0	8,0	3	1	4,0
12	250	12,0	8,0	3	2	4,0

13	300	12,0	8,0	3	3	4,0
14	350	12,0	8,0	3	4	4,0
15	400	12,0	8,0	3	5	4,0
16	200	12,0	8,0	2	1	4,0
17	250	12,0	8,0	2	2	4,0
18	300	12,0	8,0	2	3	4,0
19	350	12,0	8,0	2	4	4,0
20	400	12,0	8,0	2	5	4,0

**Ход работы:**

Определить значение  $\sigma_z$  для точки расположенной внутри площадки на глубине Z

**4. Исходные данные**

№ варианта	p, кПа	l, м	b, м	Координаты точки		
				X	Y	Z
1	200	8,0	4,0	3	1	4,0
2	250	8,0	4,0	3	2	4,0
3	300	8,0	4,0	3	3	4,0
4	350	8,0	4,0	1	5	4,0
5	400	8,0	4,0	3	1	4,0
6	200	8,0	4,0	3	2	4,0
7	250	8,0	4,0	3	3	4,0
8	300	8,0	4,0	1	5	4,0
9	350	8,0	4,0	3	3	4,0
10	400	8,0	4,0	1	5	4,0
11	200	12,0	8,0	5	2	4,0
12	250	12,0	8,0	5	4	4,0
13	300	12,0	8,0	7	1	4,0
14	350	12,0	8,0	7	2	4,0
15	400	12,0	8,0	7	3	4,0
16	200	12,0	8,0	5	2	4,0
17	250	12,0	8,0	5	4	4,0
18	300	12,0	8,0	7	1	4,0
19	350	12,0	8,0	7	2	4,0
20	400	12,0	8,0	7	3	4,0

**Ход работы:**

Определить значение  $\sigma_z$  для точки расположенной за площадкой на глубине Z

Оформленный отчет по практической работе сдайте преподавателю.