



Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет



**Практические занятия МЕХАНИКА ГРУНТОВ**

Д.т.н., профессор Лидия Никитична Кондратьева

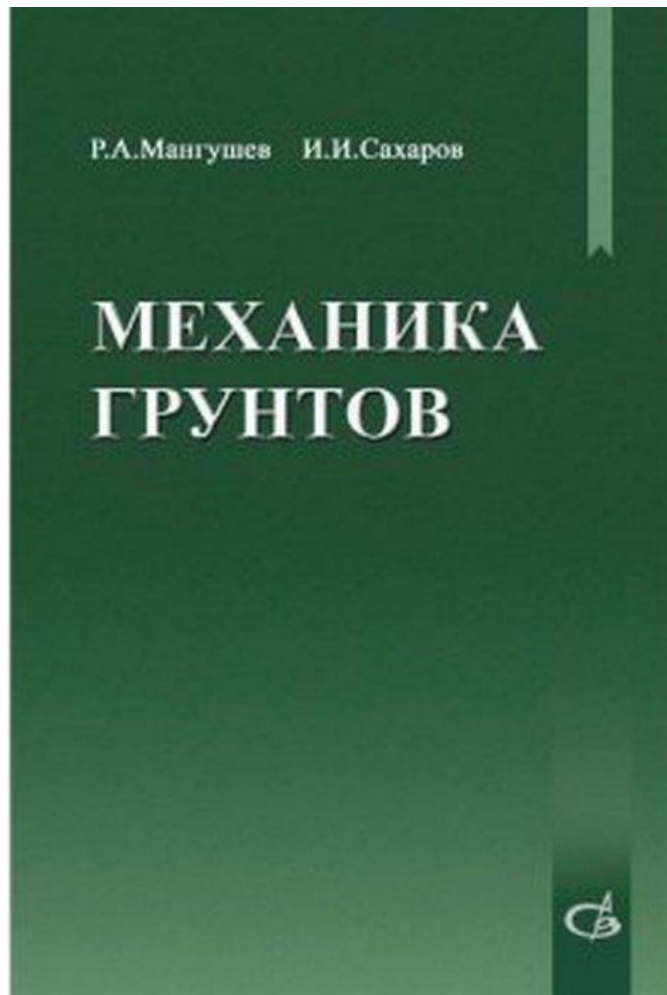
[kondratjevaln@yandex.ru](mailto:kondratjevaln@yandex.ru)

# МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Практическое занятие № 3

Д.т.н., профессор  
Кондратьева Лидия Никитична

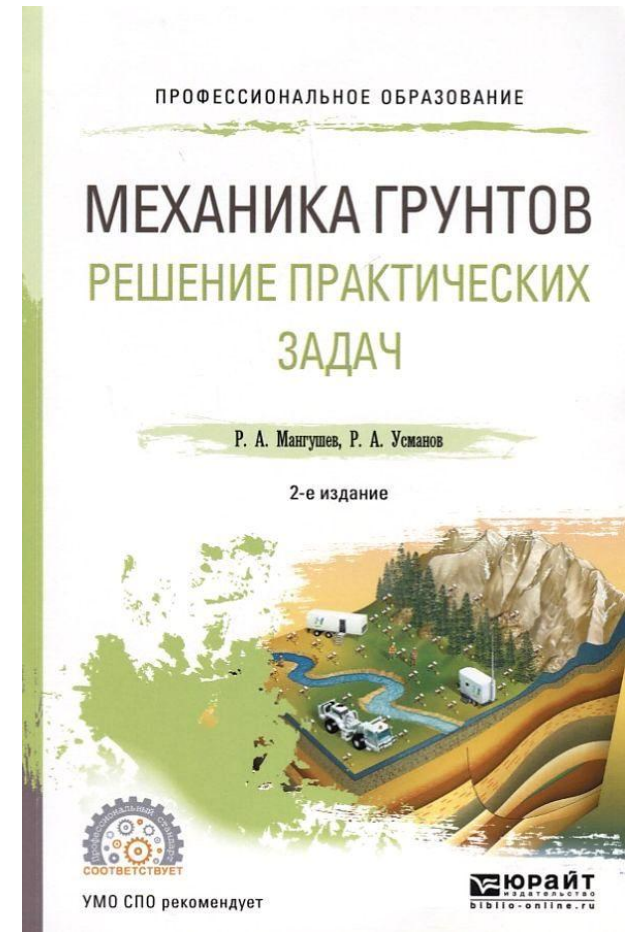
[kondratjevaln@yandex.ru](mailto:kondratjevaln@yandex.ru)



Мангушев Р.А. Механика грунтов. Учебник для бакалавров строительства и специалистов по направлению «Строительство уникальных зданий и сооружений» / Под ред. чл.-корр. РААСН, д-ра техн. наук, профессора Р.А. Мангушева – М.: Изд-во АСВ, 2020. – 294 с. (Соавтор **И. И. Сахаров**)



<https://moodle.spbgasu.ru/mod/resource/view.php?id=25101>



Мангушев Р.А. , Усманов Р.А. **Механика грунтов. Решение практических задач: Учебное пособие.**-СПб.: Изд-во «Лань», 2017 (+ 2018) -172 с.

**Задачи на осенний семестр  
Объявления в Moodle МЕХАНИКА ГРУНТОВ –  
Консультация преподавателей - Консультация  
Кондратьева Л.Н.**

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

Р. А. МАНГУШЕВ, Р. А. УСМАНОВ

**МЕХАНИКА ГРУНТОВ. РЕШЕНИЕ  
ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Учебное пособие

Санкт-Петербург  
2012

**Метод.указания в ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**  
<https://moodle.spbgasu.ru/mod/resource/view.php?id=25101>

<https://moodle.spbgasu.ru/mod/folder/view.php?id=24869>  
**презентации лекций**

**код - МГ**

Вариант –по списку от старосты от 1 до 20 и далее у 21 по  
списку вариант 1.

Решаете все задачи.

Для отчетности присылаете в ТИМС

**задачи №№ 2.1, 2.2, 2.3, 2.7, 3.2, 6.1**

## 2.3. Определение напряжений в грунтовой толще от собственного веса грунта

**примеры № № 2.5 - 2.7**

Напряжения от собственного веса грунта (природные) имеют значение для свеженасыпанных земляных сооружений и оценки природной уплотненности грунтов.

Напряжения, возникающие в массиве грунтов от действия сооружения, накладываются на уже существующие напряжения, сформировавшиеся в массиве основания к моменту строительства. В большинстве случаев при решении инженерных задач ограничиваются нахождением вертикального напряжения от действия вышележащих грунтов, обусловленного только силами гравитации, т.е. под действием собственного веса грунта. В этом случае эпюра напряжений по глубине однородного грунта имеет вид треугольника.



При горизонтальной поверхности грунта напряжения от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$  будут возрастать с глубиной  $z$  (рис. 2.9) и вычисляются по формуле:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i \quad (2.5)$$

где  $n$  – число разнородных слоев в пределах глубины  $z$ ;  $\gamma_i$  – удельный вес  $i$ -го слоя грунта, кН/м<sup>3</sup>;

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

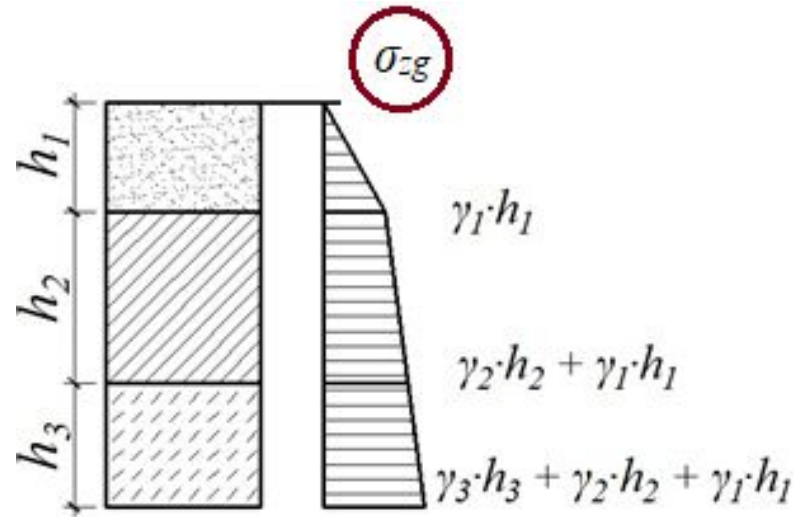


Рис. 2.9. Эпюры напряжений  $\sigma_{zg}$  от собственного веса грунтов

Горизонтальная составляющая вертикального напряжения определяется по формуле:

$$\sigma_x = \sigma_y = \xi_i \cdot \sigma_{zg} \quad (2.6)$$

где  $\xi_i$  – коэффициент бокового давления грунта в состоянии покоя.

При постоянном удельном весе грунта по глубине напряжения равны:

$$\sigma_z = \gamma \cdot z, \quad (2.7)$$

где  $\gamma$  – удельный вес грунта (вес  $1\text{ м}^3$  грунта, включая вес воды в порах),  $\text{кН/м}^3$ ;

Для **водопроницаемых** грунтов, залегающих ниже уровня подземных вод (УПВ), удельный вес принимается с учетом взвешивающего действия воды по формуле:

$$\sigma_{zgi} = \gamma_{sbi} \cdot h_i, \quad (2.8)$$

где  $\gamma_{sbi}$  – удельный вес  $i$ -го слоя грунта с учетом взвешивающего действия воды,  $\text{кН/м}^3$  ;

$$\gamma_{sb} = (\gamma_s - \gamma_w) \cdot (1 - n), \quad (2.9)$$

где  $\gamma_s$  – удельный вес частиц грунта

(вес  $1\text{ м}^3$  твердых частиц грунта),  $\text{кН/м}^3$ ;

$\gamma_w$  - удельный вес воды, равный  $9,8\text{ кН/м}^3$ ;

$n$  – пористость, д.ед.

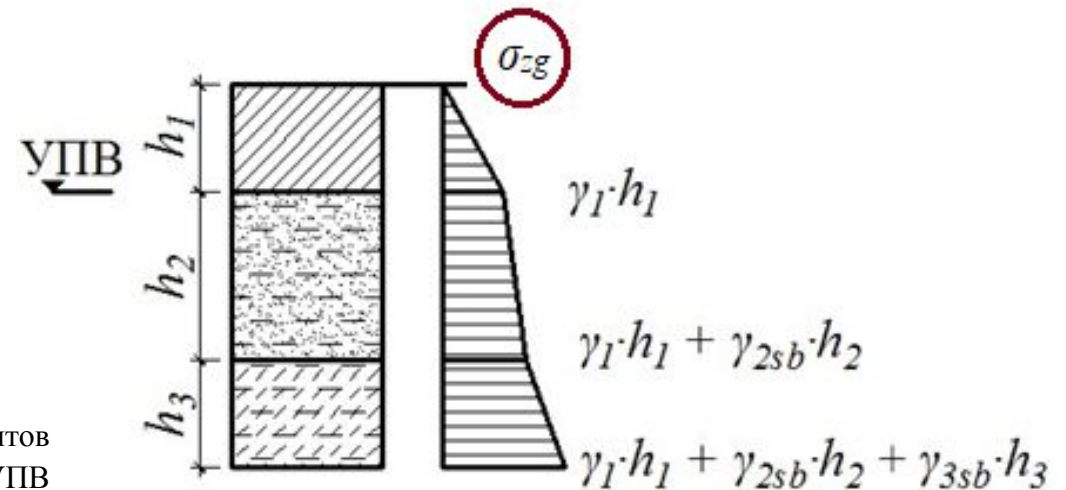


Рис. 2.10. Эпюры напряжений от собственного веса грунтов при наличии водопроницаемого слоя грунта ниже УПВ



При залегании на некоторой глубине **ниже УПВ водоупорного слоя** (плотные маловлажные суглинки или глины), на кровле этих слоев также необходимо учитывать давление от столба вышележащей воды –  $\gamma_w \cdot h$  (рис. 2.11).

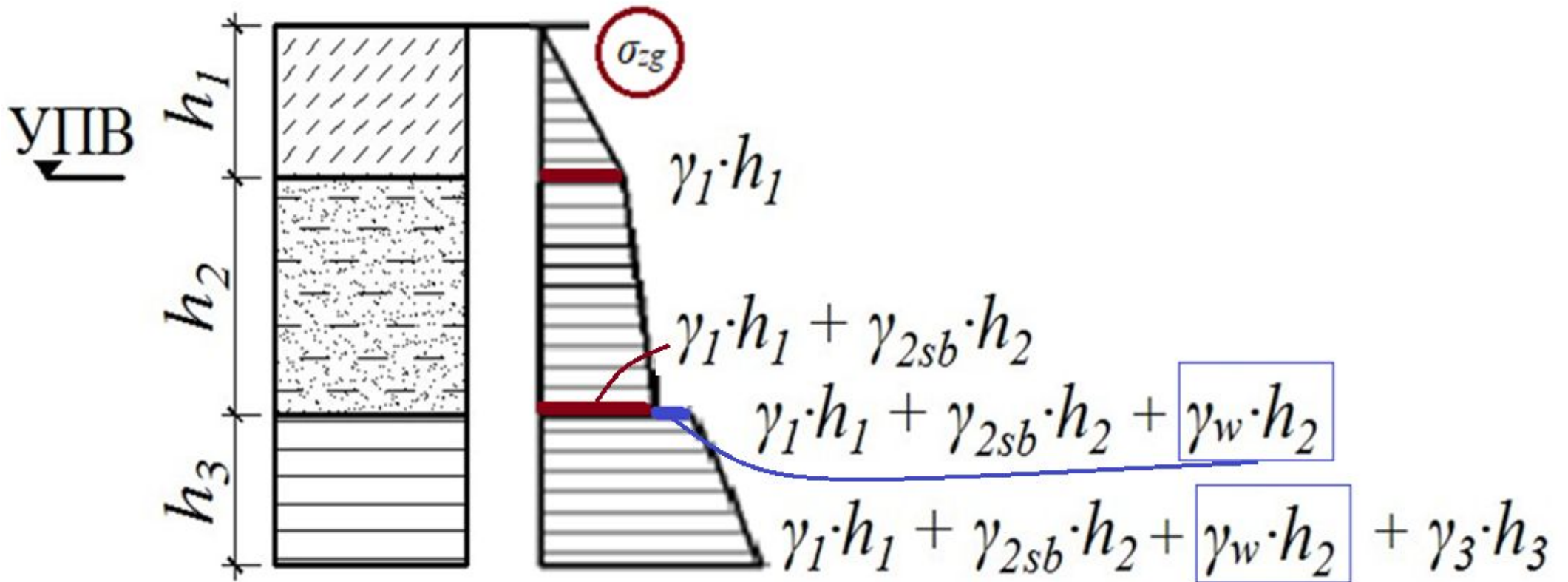
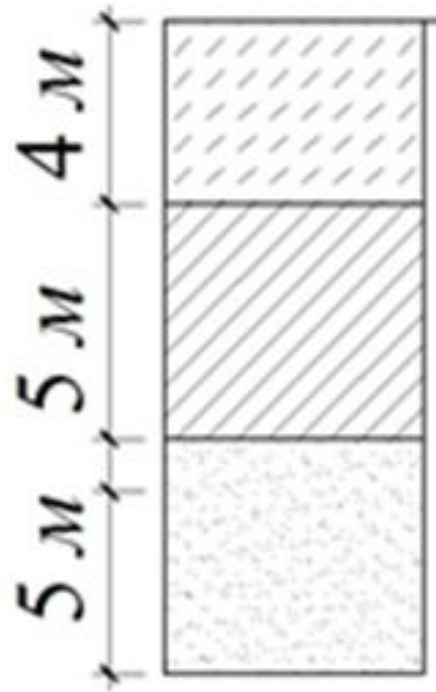


Рис. 2.11. Эпюры напряжений от собственного веса грунтов **при наличии водоупорного слоя грунта ниже УПВ**

**Пример 2.5:** Требуется построить эпюру вертикальных природных напряжений  $\sigma_{zg}$  для нижеприведенного напластования грунтов:

- первый слой – супесь пластичная с  $\gamma_1 = 18 \text{ кН/м}^3$ ;
- второй слой – суглинок тугопластичный с  $\gamma_2 = 17 \text{ кН/м}^3$ ;
- - третий слой – песок мелкий с  $\gamma_3 = 17 \text{ кН/м}^3$ .



**Решение:** При горизонтальной поверхности грунта напряжения от собственного веса грунта  $\sigma_{zg}$  будут возрастать с глубиной  $z$  и вычисляются по формуле:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i \quad (2.5)$$

где  $n$  – число разнородных слоев в пределах

глубины  $z$ ;  $\gamma_i$  – удельный вес  $i$ -го слоя грунта,

кН/м<sup>3</sup>;  $h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, м;

- первый слой – супесь пластичная с  $\gamma_1 = 18$  кН/м<sup>3</sup>;

- второй слой – суглинок тугопластичный с  $\gamma_2 = 17$  кН/м<sup>3</sup>;

- третий слой – песок мелкий с  $\gamma_3 = 17$  кН/м<sup>3</sup>.

Величина напряжений и эпюра их распределения приведена

на рис. 2.12.

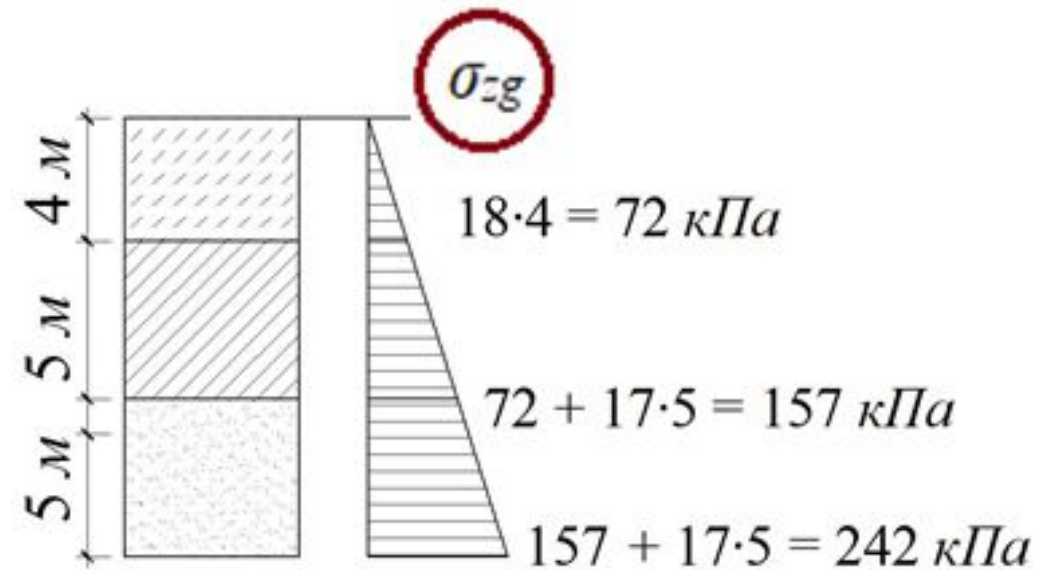
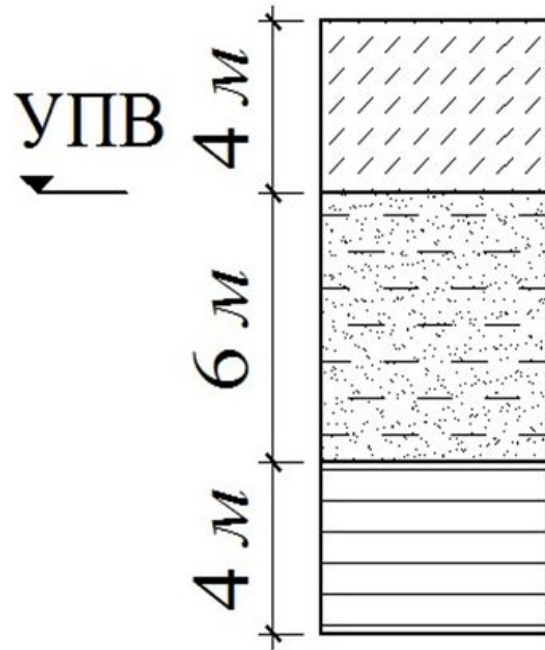


Рис. 2.12. Эпюра напряжений  $\sigma_{zg}$

**Пример 2.6:** Требуется построить эпюру вертикальных природных напряжений  $\sigma_{zg}$  для нижеприведенного напластования грунтов:

- первый слой – суглинок мягкопластичный с  $\gamma_1 = 17 \text{ кН/м}^3$ ;
- второй слой – песок пылеватый с  $\gamma_2 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $n_2 = 0,42$ ;  $\gamma_{s2} = 26 \text{ кН/м}^3$ ;
- третий слой – супесь пластичная с  $\gamma_3 = 18 \text{ кН/м}^3$ ;  $n_3 = 0,37$ ;  $\gamma_{s3} = 26,6 \text{ кН/м}^3$ ;



## Решение:

- первый слой – суглинок мягкопластичный с  $\gamma_1 = 17 \text{ кН/м}^3$ ;
- второй слой – песок пылеватый с  $\gamma_2 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $n_2 = 0,42$ ;  $\gamma_{s2} = 26 \text{ кН/м}^3$ ;  
 $\gamma_{sb2} = (\gamma_{s2} - \gamma_w) \cdot (1 - n_2) = (26 - 10) \cdot (1 - 0,42) = 9,3 \text{ кН/м}^3$ ;
- третий слой – супесь пластичная с  $\gamma_3 = 18 \text{ кН/м}^3$ ;  $n_3 = 0,37$ ;  $\gamma_{s3} = 26,6 \text{ кН/м}^3$ ;  
 $\gamma_{sb3} = (\gamma_{s3} - \gamma_w) \cdot (1 - n_3) = (26,6 - 10)(1 - 0,37) = 10,5 \text{ кН/м}^3$ .

Величина напряжений и эпюра их распределения приведена на рис. 2.13.

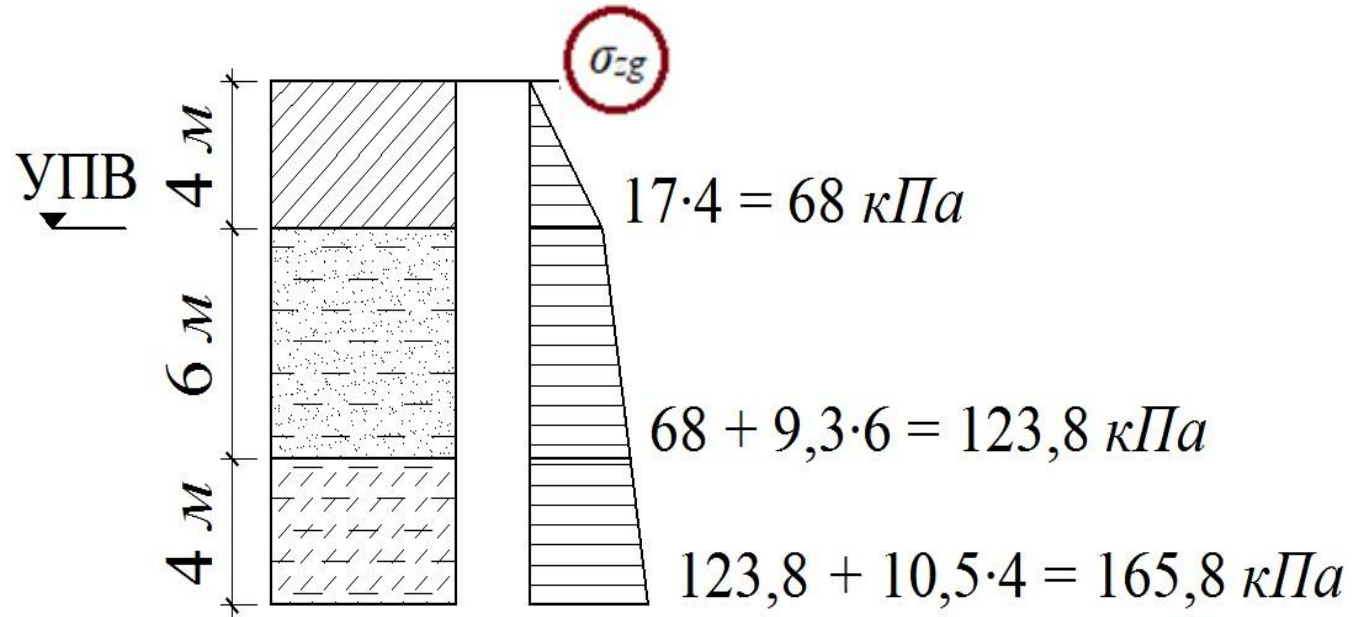
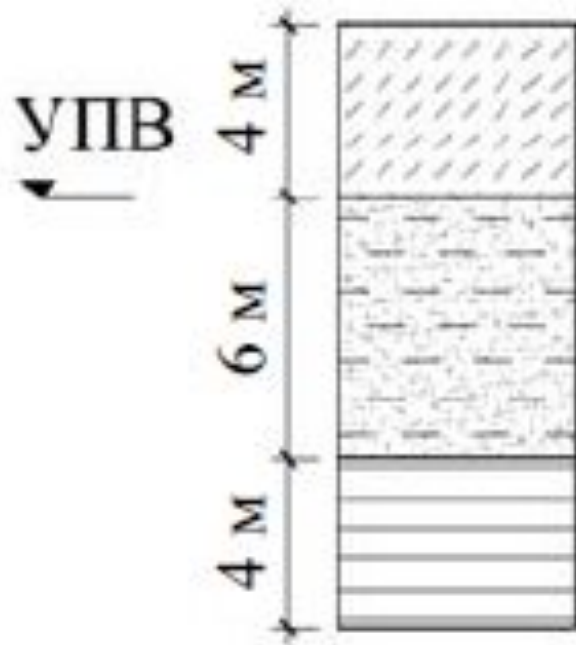


Рис. 2.13. Эпюра напряжений  $\sigma_{zg}$

**Пример 2.7:** Требуется рассчитать и построить эпюру распределения вертикальных природных напряжений  $\sigma_{zg}$  для нижеприведенного напластования грунтов:

- первый слой – супесь пластичная с  $\gamma_1 = 16 \text{ кН/м}^3$ ;
- второй слой – песок мелкий с  $\gamma_2 = 18 \text{ кН/м}^3$ ,  $n_2 = 0,45$ ;  $\gamma_{s2} = 26 \text{ кН/м}^3$ ;
- третий слой – глина тугопластичная с  $\gamma_3 = 20 \text{ кН/м}^3$ .



## Решение:

– первый слой – супесь пластичная с  $\gamma_1$   
= 16 кН/м<sup>3</sup>;

– второй слой – водопроницаемый  
песок мелкий с

$\gamma_2 = 18$  кН/м<sup>3</sup>,  $n_2 = 0,45$ ;  $\gamma_{s2} = 26$  кН/м<sup>3</sup>;

$\gamma_{sb2} = (\gamma_{s2} - \gamma_w) \cdot (1 - n_2) = (26 - 10) \cdot (1 - 0,45) =$   
= 8,8 кН/м<sup>3</sup>;

– третий слой – глина  
водонепроницаемая тугопластичная  
с  $\gamma_3 = 20$  кН/м<sup>3</sup>;

(необходимо учитывать давление от  
столба вышележащей воды –  $\gamma_w \cdot h$  –  
«скачок» на эюре  $\sigma_{zg}$ );

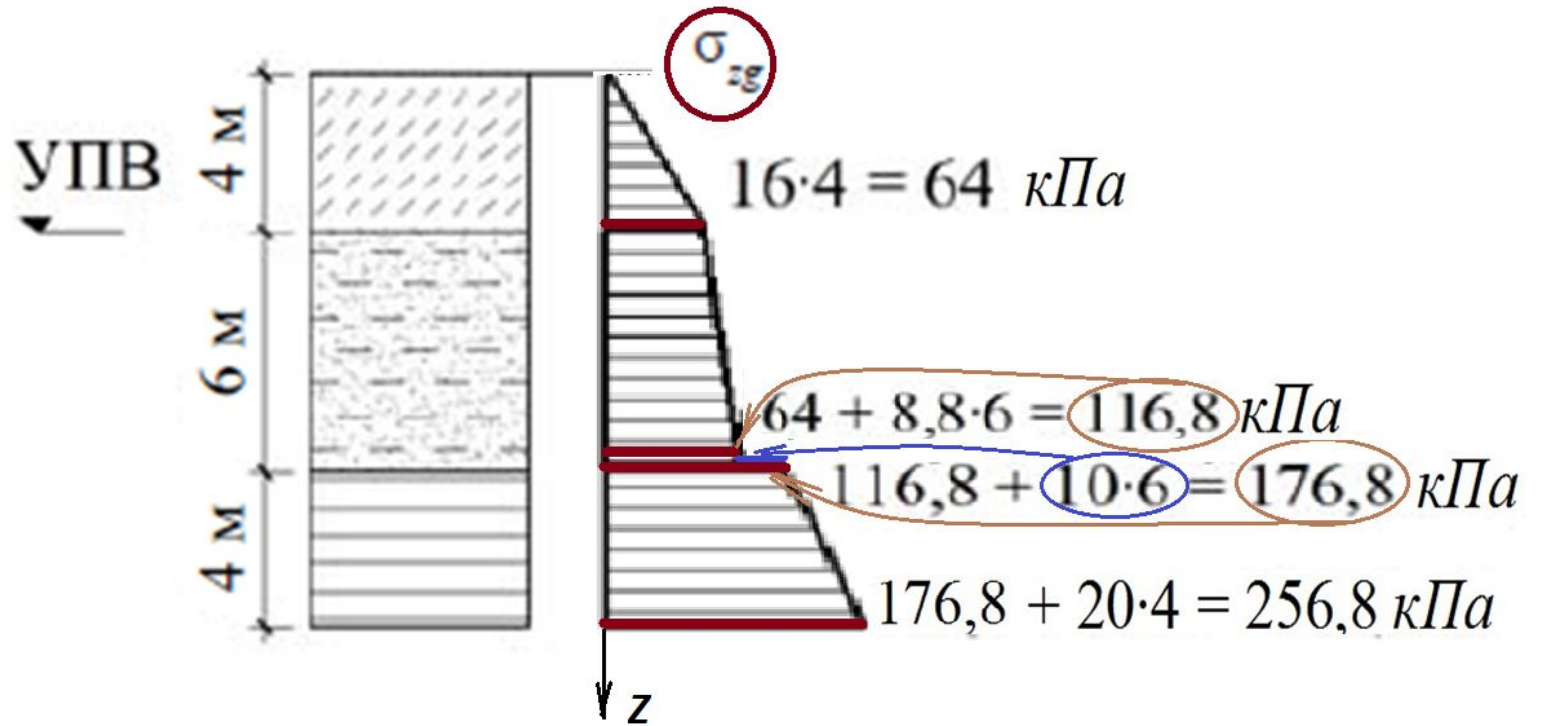
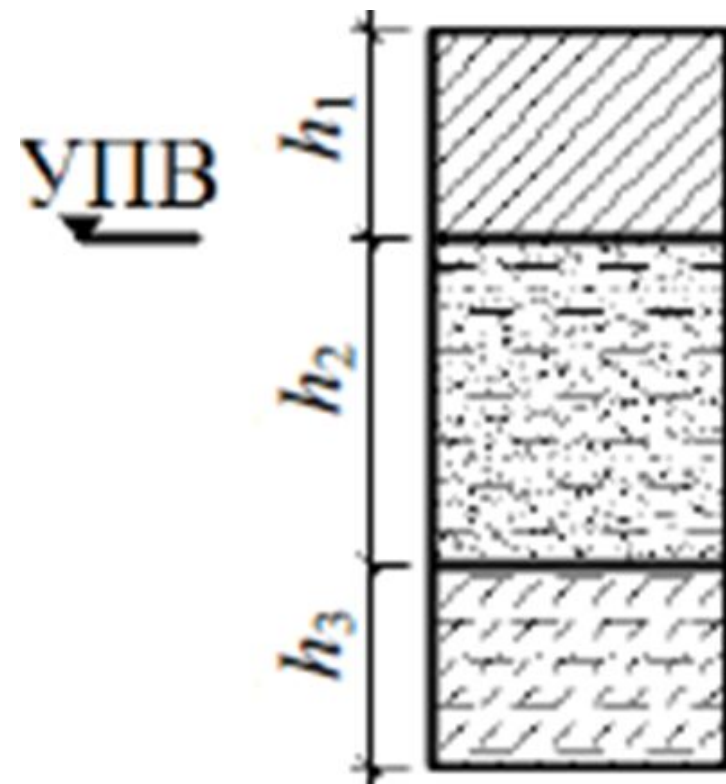


Рис. 2.14. Эюра напряжений  $\sigma_{zg}$

Варианты заданий

Но- мер вари- анта	Номер слоя и его характеристики														Распо- ложе- ние УПВ, м	
	1					2					3					
	Гру- нты	$h_1$ , м	Плот- ность, кН/м <sup>3</sup>		$n$ , %	Гру- нты	$h_2$ , м	Плот- ность, кН/м <sup>3</sup>		$n$ , %	Гру- нты	$h_3$ , м	Плот- ность, кН/м <sup>3</sup>			$n$ , %
			$\gamma$	$\gamma_s$				$\gamma$	$\gamma_s$				$\gamma$	$\gamma_s$		
1	1	5	18	26	40	3	4	17	26	43	2	6	19	27	42	1
2	2	4	19	27	36	1	5	18	26	42	3	7	17	26	41	2
3	3	3	17	26	42	4	6	18	27	41	1	8	18	26	40	3
4	4	6	18	27	44	2	3	19	27	40	3	9	17	26	38	4
5	1	5	18	26	43	3	4	17	26	40	2	6	19	27	35	1
6	3	4	19	27	42	1	5	18	26	36	4	7	18	27	45	2
7	2	3	17	26	41	2	6	18	27	42	2	8	19	27	44	3
8	4	6	18	27	40	3	3	19	27	44	1	9	18	26	43	4
9	3	5	18	26	39	4	4	17	26	35	3	6	17	26	39	1
10	1	4	19	27	38	2	5	18	26	45	4	7	18	27	38	2
11	2	3	17	26	36	1	6	18	27	44	3	8	17	26	36	3
12	4	6	18	27	34	3	3	19	27	43	2	9	19	27	34	4
13	3	5	18	26	35	4	4	17	26	39	1	6	18	26	40	1
14	1	4	19	27	45	2	5	18	26	38	4	7	18	27	36	2
15	2	3	17	26	44	1	6	18	27	36	3	8	17	26	42	3
16	4	6	18	27	43	3	3	19	27	34	2	9	19	27	44	4
17	1	5	18	26	42	4	4	17	26	36	1	6	18	26	43	1
18	2	4	19	27	41	3	5	18	26	38	4	7	18	27	42	2
19	3	3	17	26	40	4	6	18	27	42	3	8	17	26	41	3
20	4	6	18	27	38	2	3	19	27	44	1	9	18	27	40	4



Примечание. Наименование грунтов: 1 – супесь; 2 – глина; 3 – песок; 4 – су-глинок.



### Значения характеристик физико-механических свойств грунтов

Номер слоя	Наименование грунта	Удельный вес грунта $\gamma_t$ , кН/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi_t$ , град	Удельное сцепление $c_t$ , кПа	Удельный вес грунта $\gamma_{п}$ , кН/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi_{п}$ , град	Удельное сцепление $c_{п}$ , кПа	Удельный вес твердых частиц грунта $\gamma_s$ , кН/м <sup>3</sup>	Влажность $w$ , д.ед.	Влажность на границе текучести $w_L$ , д.ед.	Влажность на границе пластичности $w_p$ , д.ед.	Коэффициент фильтрации $k_{ф}$ , см/с	Модуль деформации $E$ , МПа
1	Глина	16,6	14	20	18,2	16	30	26,9	0,36	0,46	0,27	$3,1 \cdot 10^{-8}$	7
2		16,5	13	12	18,1	15	18	27,1	0,39	0,46	0,25	$2,0 \cdot 10^{-8}$	5
3		16,4	12	9	18,0	14	14	26,9	0,38	0,40	0,22	$2,2 \cdot 10^{-8}$	4
4	Суглинок	18,6	20	27	20,5	24	40	26,5	0,15	0,24	0,11	$2,3 \cdot 10^{-7}$	22
5		17,4	17	19	19,5	20	28	26,6	0,20	0,28	0,15	$4,3 \cdot 10^{-7}$	18
6		17,5	16	13	19,0	18	20	26,7	0,26	0,32	0,21	$2,7 \cdot 10^{-7}$	14
7		16,8	15	8	18,5	17	12	26,8	0,30	0,36	0,23	$2,5 \cdot 10^{-7}$	10
8		16,3	14	11	18,0	16	17	26,8	0,36	0,42	0,32	$2,6 \cdot 10^{-7}$	8
9		18,5	22	24	20,3	25	36	26,6	0,22	0,35	0,21	$4,0 \cdot 10^{-8}$	26
10		18,0	21	23	19,8	24	34	26,9	0,19	0,33	0,17	$5,0 \cdot 10^{-8}$	24

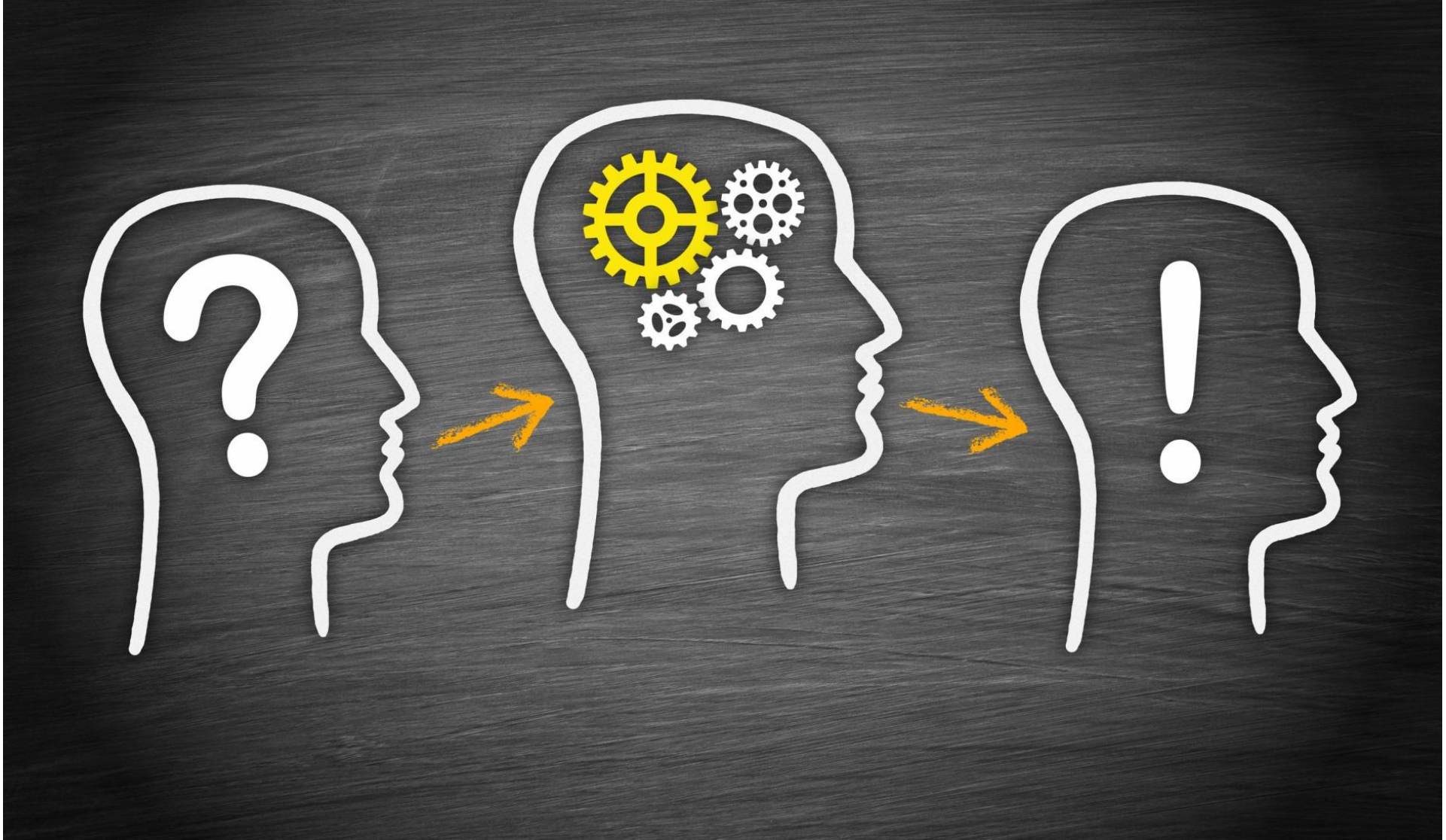
### Значения характеристик физико-механических свойств грунтов

Номер слоя	Наименование грунта	Удельный вес грунта $\gamma_L$ , кН/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi_L$ , град	Удельное сцепление $c_L$ , кПа	Удельный вес грунта $\gamma_{пл}$ , кН/м <sup>3</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi_{пл}$ , град	Удельное сцепление $c_{пл}$ , кПа	Удельный вес твердых частиц грунта $\gamma_s$ , кН/м <sup>3</sup>	Влажность $w$ , д.ед.	Влажность на границе текучести $w_L$ , д.ед.	Влажность на границе пластичности $w_p$ , д.ед.	Коэффициент фильтрации $k_f$ , см/с	Модуль деформации $E$ , МПа
11	Супесь	18,6	22	7	20,5	26	10	26,3	0,18	0,21	0,16	$2,7 \cdot 10^{-5}$	18
12		17,4	20	5	19,2	24	8	26,5	0,21	0,23	0,18	$2,1 \cdot 10^{-5}$	14
13		16,6	17	3	18,3	20	5	26,4	0,28	0,30	0,24	$1,3 \cdot 10^{-5}$	8
14		17,1	19	7	18,8	22	10	26,6	0,26	0,28	0,24	$1,1 \cdot 10^{-5}$	10
15	Песок	17,9	27	2	19,7	30	4	26,3	0,24	—	—	$8,1 \cdot 10^{-4}$	17
16	пылеватый	17,5	25	1	19,2	28	2	26,1	0,26	—	—	$2,2 \cdot 10^{-4}$	11
17	Песок средней крупности	17,4	31	—	19,2	35	—	26,5	0,18	—	—	$3,5 \cdot 10^{-2}$	31
18		18,2	34	—	20,1	38	—	26,4	0,16	—	—	$2,0 \cdot 10^{-2}$	40

*Примечание.* Для насыпных грунтов значение удельного веса принимать равным 17,5 кН/м<sup>3</sup> выше уровня грунтовых вод и 10,0 кН/м<sup>3</sup> – ниже уровня грунтовых вод.

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ !**

[kondratjevaln@yandex.ru](mailto:kondratjevaln@yandex.ru)



**Задавайте вопросы,  
пожалуйста**