МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Методические указания к самостоятельной работе
для обучающихся направления подготовки 08.03.01 Строительство
всех форм обучения

Составитель Н. В. Крупина

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 9/18 от 25.09.2018
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления 08.03.01
Протокол № 2 от 17.10.2018
Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2018

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Механика грунтов» является комплексной, охватывающей широкий круг вопросов, связанных с оценкой грунтов для работы в качестве оснований зданий и сооружений, дорог различного назначения или использования этих грунтов в виде строительного материала.

При расчёте фундаментов одним из основных вопросов является оценка инженерно-геологических условий площадки строительства, т. е. вопросов, которые рассматривает дисциплина «Механика грунтов».

Прочность, устойчивость и нормальная эксплуатация фундаментов зданий и сооружений определяется, в том числе, свойствами грунтов, составляющих основание. От правильно выбранного основания, во многом зависит нормальная эксплуатация зданий и сооружений.

Правильная оценка разнообразных инженерно-геологических условий, с учётом физико-механических свойств грунтов, определенных при выполнении контрольной работы, может иметь решающее значение не только при выборе экономически более выгодного типа фундамента, но и окажет влияние и на выбор методов его возведения, и на сроки строительства всего здания (сооружения).

Данное методическое указание предназначено для бакалавров очной и заочной форм обучения.

При выполнении контрольной работы студент должен рассчитать физические характеристики грунтов; определить вид грунтов, их состояние, расчётное сопротивление и построить эпюру расчётных сопротивлений.

Последним этапом является заключение о пригодности грунтов в качестве основания для фундаментов мелкого заложения.

1. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выбор варианта производится по прил. 1, по трем последним цифрам номера зачетной книжки (например, номер зачетной книжки 223720, значит, номера грунтов, выбранные по таблице прил. 1, будут 7; 2; 10).

Контрольная работы должна содержать:

- таблицу исходных данных физико-механических свойств грунтов;
- схему напластования грунтов;

- расчёты физических характеристик грунтов (для каждого слоя отдельно) с выводами о состоянии грунтов;
- расчёты усредненного значения удельного веса грунтов для 6 точек по формуле, приведенной ниже;
- определение расчетного сопротивления грунтов в каждой из шести точек;
- выводы о пригодности каждого слоя грунта о пригодности в качестве основания для фундаментов мелкого заложения (например: 1 слой грунта – песок крупнозернистый, плотный, т.к. коэффициент пористости равен 0,44; маловлажный, т.к. степень влажности равна 0,3).

Контрольная работа выполняется в ученической тетради или листах бумаги формата А 4.

На миллиметровой бумаге или на листе ватмана должны быть выполнены следующие чертежи:
- каждый из геологических слоев разбивается на три элементарных слоя, с указанием их мощности (рис.1)
- указаны точки элементарных слоев;
- показана шкала расчетного сопротивления *R*, КПа;
- отмечены значения расчётных сопротивлений в каждой точке;
- вычертить эпюру расчётных сопротивлений (показать в цвете).

2. ВЫПОЛНЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

2.1 Инженерно-геологические условия площадки строительства

По приложению 1 студент составляет таблицу исходных данных физико-механических свойств, выбрав номера грунтов по трем последним цифрам номера зачётной книжки.

Далее необходимо вычертить на отдельном листе схему грунтов с указанием мощности каждого слоя, заштрихованную под свои виды грунтов.

1. Расчёты физических характеристик грунтов заносятся в табл. 1. В конце таблицы необходимо сделать выводы о состоянии каждого грунта по таблицам 1, 2, 3, 4,5 приложения 2.

Сводная таблица физико-механических свойств грунтов

Таблица 1

№ п/п	Показатели	Обозначе-ния	Номер геологического слоя			Формула для расчета
			1	2	3	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	Удельный вес твердых частиц грунта	γ_s, кН/м^3				Из задания
2	Удельный вес грунта	γ, кН/м^3				Из задания
3	Влажность грунта	W, доли ед.				Из задания
4	Удельный вес скелета грунта	γ_d, кН/м^3				$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+W}$
5	Коэффициент пористости	e, доли ед.				$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$
6	Степень влажности	S_r,доли ед.				$S_r = \frac{\gamma_s \cdot W}{e \cdot \gamma_w}$
7	Граница раскатывания	W_p, доли ед.				Из задания
8	Граница текучести	W_L, доли ед.				То же
9	Число пластичности	I_p, доли ед.				$I_p = W_L - W_p$
10	Показатель текучести	I_L, доли ед.				$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}$
11	Модуль деформации	E, кПа				Из задания
12	Угол внутрен-него трения	φ, град				Из задания
13	Удельное сцепление	c, кПа				Из задания
14	Удельный вес воды	γ_w, кН/м^3				$\gamma_w = p_w \cdot g$

Наименование грунтов и их состояние:
Песчаных по e, S_r _____
Глинистых по I_p, I_L_____

2. Усреднённые значения удельного веса грунта можно определить по следующей формуле:

$$\gamma_{\text{ср}i} = \frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i},$$

где γ_i – значение удельного веса i-го слоя грунта; h_i – мощность i-го слоя грунта.

Например, нам необходимо определить среднее значение удельного веса грунта в пятой точке (рисунок 1), рассчитаем

$$\gamma_{\text{ср},5} = \frac{H_1\gamma_1 + H_2\gamma_2 + H_7\gamma_3}{H_1 + H_2 + h_7}.$$

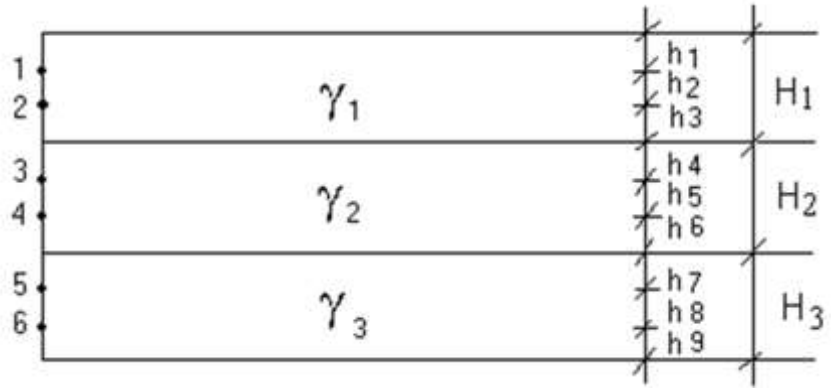

Рис. 1. Деление слоёв грунта на элементарные слои

3. Расчетное сопротивление грунта основания R можно определить по формуле

$$R = \frac{\gamma_{c_1}\gamma_{c_2}}{k}[M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_1 \gamma'_{II} + (M_q - 1) d_b \gamma'_{II} + M_c c_{II}],$$

где γ_{c_1} и γ_{c_2} – коэффициенты условий работы, принимаемые по таблице 3.2; k – коэффициент, принимаемый равным: k = 1, если прочностные характеристики грунта (φ и c) определены непосредственными испытаниями, и k = 1,1, если они приняты по заданию; M_γ, M_q, M_c – коэффициенты, принимаемые по таблице 3.3; k_z – коэффициент, принимаемый равным: при b < 10 м – k_z = 1, при $b \geq 10$ м – $k_z = z_0 / b + 0{,}2$ (здесь z_0 = 8 м); b – ширина подошвы фундамента, м;

γ_{II} – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента (при наличии подземных вод определяется с учетом взвешивающего действия воды), кН/м^3 (тс/м^3); γ'_{II} – то же, залегающих выше подошвы; c_{II} – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента, кПа (тс/м^2); d_1 – глубина заложения точки, для которой определяется расчетное сопротивление. При определении расчетного сопротивления в грунте по несущей способности принимается b = 1 м; d_1 d_b= глубина заложения точки, для которой определяется R, а коэффициент k_h = 0,4. Все данные грунтов берутся по I предельному состоянию, т.е. по несущей способности.

Таблица 2

Грунты	Коэффициент γ_{c_1}	Коэффициент γ_{c_2} для сооружений с жесткой конструктивной схемой при отношении длины сооружения или его отсека к высоте L / H, равном:	
		4 и более	1,5 и менее
1	**2**	**3**	**4**
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:			
маловлажные и влажные	1,25	1,0	1,2
насыщенные водой	1,1	1,0	1,1
Пылевато-глинистые, а также крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем с показателем текучести грунта или заполнителя			
$I_L \leq$ 0,25	1,25	1,0	1,1
0,25 $\leq I_L \leq$ 0,5	1,2	1,0	1,1
$I_L >$ 0,5	1,1	1,0	1,0

Таблица 3

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

4. Для определения R по несущей способности отношение L / H принимается равным 4 и более.

5. Слой грунта делится на 3 приблизительно одинаковой мощности слоя.

6. Ширина подошвы фундамента принимается равной 1 м, а глубина заложения фундамента d равна глубине заложения точки, для которой определяется расчетное сопротивление.

7. После того, как будут определены расчетные сопротивления во всех шести точках, по этим данным необходимо построить эпюру расчетных сопротивлений грунта (рис. 2) этим данным.

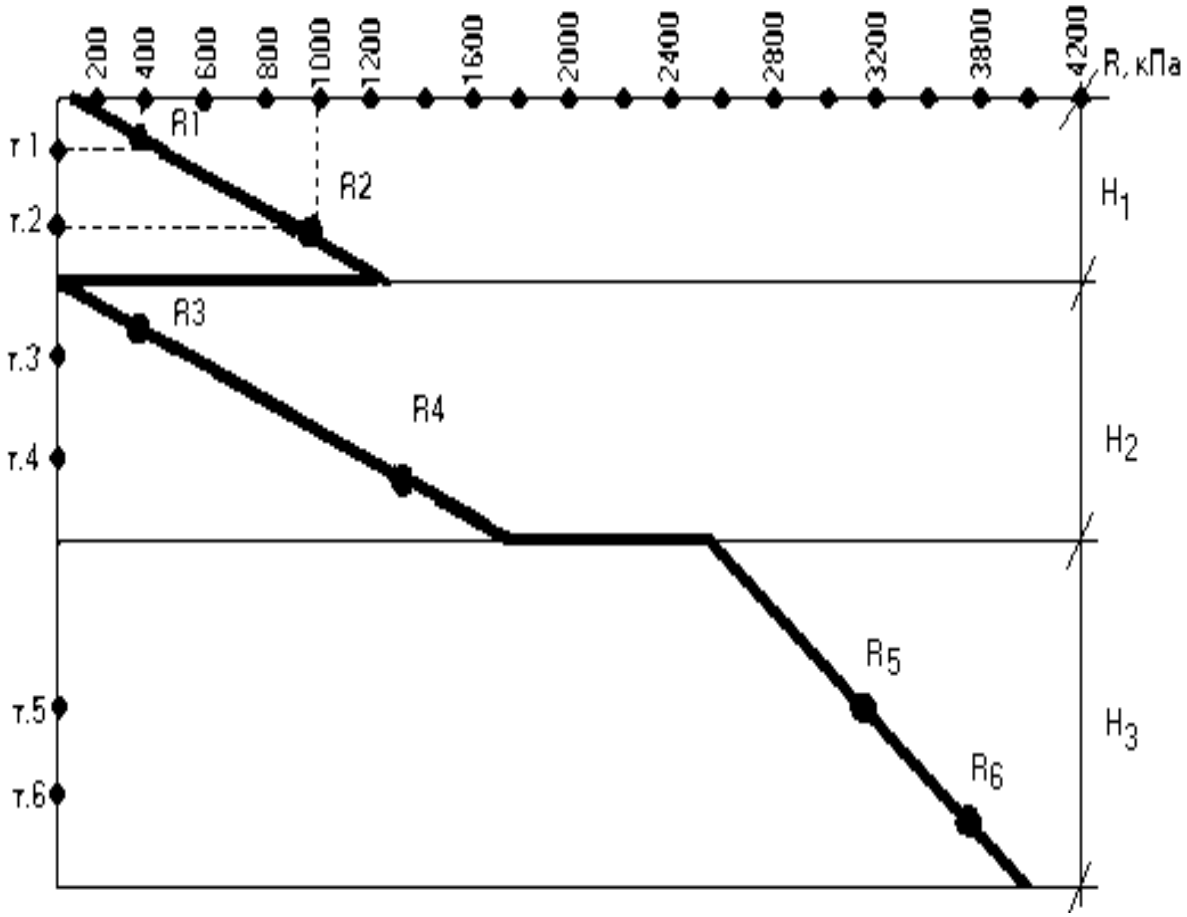

Рис. 2. Эпюра расчётных сопротивлений грунта

Сделать выводы о пригодности каждого слоя грунта в качестве основания для фундамента мелкого заложения.

3. СОДЕРЖАНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа студентов рассматривается как целенаправленная работа для получения ими новых знаний.

Для дополнительного изучения дисциплины «Механика грунтов» студентам необходимо рассмотреть вопросы, указанные в таблице 4.

Таблица 4

№ п/п	Вопросы	Объем в часах по формам обучения		Источник литературы, стр.
		очной	заочной	
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Структура, текстура, происхождение грунтов,классификация				
1	Происхождение грунтов.	2	4	[1, 2, 4, 5]
2	Краткая классификация твердых частиц грунта. Краткая классификация грунтов.	2	4	[1, 2, 3, 4]
3	Структура, текстура грунта.	2	4	[1, 2, 3, 4]
4	Понятие об оптимальной плотности скелета грунта и оптимальной влажности грунта.	2	4	[1, 2, 5]
Механические свойства грунтов				
1	Сжимаемость грунтов. Компрессионная зависимость.	1	4	[1, 2, 4, 5]
2	Коэффициент относительной сжимаемости.	1	4	[1, 2, 4]
3	Структурная прочность грунта.	1	4	[1, 2, 3, 4]
4	Водопроницаемость грунтов. Определение коэффициента фильтрации. Модель водонасыщенного грунта.	1	4	[1, 2, 3, 4, 5]
Основные физико-механические свойства особых грунтов				
1	Лессовые грунты. Основные свойства лессовых грунтов. Просадочность лессовых грунтов.	2	4	[1, 2, 5]
2	Мерзлые грунты. Формы залегания вечномерзлых грунтов.	2	4	[1, 2, 3, 5]
3	Состав и физические свойства вечномерзлых грунтов.	2	4	[1, 2, 3, 4, 5]
4	Некоторые механические свойства твердомерзлых грунтов.	2	4	[1, 2, 3]

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
5	Рыхлые пески. Илы и чувствительные глины. Набухающие грунты. Заторфованные и техногенные грунты.	2	4	[1, 2, 5]
Геодинамические процессы и влияние их на сооружения				
1	Разрушение берегов морей, озер и водохранилищ.	2	4	[1, 2, 3, 4]
2	Эрозионные и селевые процессы. Склоновые процессы. Оползни, обвалы, осыпи.	2	3	[1, 3, 4]
3	Деятельность подземных вод. Механическая суффозия грунтов. Химическая суффозия. Карст. Плывуны.	1	3	[1, 3,4]
4	Сейсмические явления.	1	2	[1, 2, 3, 4, 5]
	Итого	**29**	**68**	

3.1. Вопросы к зачёту

Практические задания

1. Определите вычисляемые характеристики грунтов, по полученным в ходе экспериментов значениям физико-механических характеристик грунтов: плотность, плотность частиц грунта, природная влажность, характерные влажности.

2. Определите расчётные сопротивления грунтов основания, при следующих значениях: удельный вес грунта = ..., мощность элементарного слоя =..., угол внутреннего трения = ..., удельное сцепление = ...

3. Определите число пластичности и показатель текучести по характерным и природной влажностям для грунтов со следующими значениями факторов: природная влажность = ..., влажность границы текучести = ..., влажность границы раскатывания = ...

4. Оцените несущую способность грунтов основания при следующих значениях факторов: R_1 = 150 кПа; h_1 = 3 м;
R_6 = 480 кПа; h_2 = 2 м.

5. Определите, применяя нормативно-справочную литературу, состояние грунтов при следующих значениях факторов: коэффициент

пористости, степень влажности, число пластичности, показатель текучести.

6. Постройте эпюру расчётных сопротивлений грунтов и определите несущую способность грунтов при следующих значениях факторов: R_1 = 210 кПа; h_1 = 2 м; R_2 = 480 кПа; h_2 = 2 м; R_3 = 310 кПа; h_3 = 2 м; R_4 = 610 кПа; h_4 = 3 м; R_5 =580 кПа; h_5 = 1 м; R_6 = 720 КПа; h_6 = 2 м.

Теоретические вопросы

1. Грунтоведение. Механика грунтов и их связь с другими науками.
2. Составные части грунтов. Классификация грунтов.
3. Гранулометрический состав грунта.
4. Коэффициент неоднородности.
5. Виды воды в грунте и их свойства.
6. Вычисляемые и определяемые характеристики физического состояния грунтов.
7. Характеристики пластичности грунта.
8. Закон Кулона для сыпучих и связных грунтов.
9. Закон фильтрации грунтов.
10. Фазы деформации. Теория Герсеванова.
11. Сжимаемость грунтов. Коэффициент сжимаемости.
12. Полевые и лабораторные методы испытания грунтов на сдвиг.
13. Деформационные характеристики грунтов.
14. Модуль деформации (штамповый и деформационный).
15. Назовите формы и виды нарушения устойчивости откосов.
16. Природные напряжения в грунте.
17. Дополнительные напряжения в грунте.
18. Расчёт осадки фундамента.
19. Метод послойного суммирования.
20. Искусственное улучшение свойств грунтов.
21. Влияние неоднородности грунтового массива на распределение напряжений.
22. Что называется откосом?
23. От каких факторов зависит устойчивость откоса?
24. Назовите части откоса.
25. На каких приборах можно определить прочностные свойства грунтов?
26. На каких приборах можно определить деформационные свойства грунтов?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крупина, Н. В. Механика грунтов: учебное пособие / ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2012. –186 с.
2. Шаламанов, В. А. Механика грунтов: текст лекций [Текст] / В. А. Шаламанов, Н. В. Крупина [и др.]; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2004. – 112 с.
3. Шаламанов, В. А. Механика грунтов. Лабораторный практикум [Текст] / В. А. Шаламанов, Н. В. Крупина; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2010. – 82 с.
4. Шаламанов, В. А. Механика грунтов: методические указания по выполнению контрольной работы для студентов специальности 290300 (270102) «Промышленное и гражданское строительство» заочной формы обучения [Текст] / В. А. Шаламанов, Н. В. Крупина; ГУ КузГТУ. – Кемерово, 2007. – 10 с.
5. Ухов, С. Б. Механика грунтов, основания и фундаменты: учеб. для вузов. – 2 изд. – Москва: Высш. шк., 2002. – 566 с.
6. Бабков, В. Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов [Текст] / В. Ф. Бабков, В. М. Безрук. – Москва: Высш. шк., 1986. – 239 с.
7.Далматов, Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты [Текст] / Б. И. Далматов. – Ленинград: Стройиздат, 1988. – 415 с.
8. Швецов, Г. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты: учеб. для вузов. – 2 изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1997. – 319 с.
9.ГОСТ 12248-96 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости [Текст] / Госстрой России. – Москва: Изд-во стандартов, 1996.
10. ГОСТ 20522-96 Грунты. Методы статической обработки результатов испытаний [Текст] / Госстрой России. – Москва: Изд-во стандартов, 1997.
11. ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация [Текст] / Госстрой России. – Москва: Изд-во стандартов, 1996.
12. ГОСТ 20276-99 Методы полевого определения характеристик деформируемости [Текст] / Госстрой России. – Москва: ГУП ЦПП, 2000.
13. СНиП 2.02.01–83. Основание зданий сооружений [Текст] / Госстрой СССР. – Москва: Стройиздат, 1985.

Приложение 1

Таблица 1

Зачетные характеристики физико-механических свойств грунтов

№ п/п	Наименование грунта	Для расчета по несущей способности			Для расчета по деформациям			Удельный вес твердых частиц грунта γ_s, кН/м^3	Влажность W, доли ед.	Предел текучести W_L, доли ед.	Предел раскатывания W_p, доли ед.	Коэффициент фильтрации $K_ф$, см/с	Модуль деформации E, кПа	Мощность слоя h, м
		удельный вес грунта γ, кН/м^3	угол внутреннего трения φ, град	сцепление C_I, кПа	удельный вес грунта γ, кН/м^3	угол внутреннего трения φ, град	сцепление C_I, кПа							
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
1	Глина	15,5	17	22	18,2	18	30	26,9	0,39	0,50	0,30	$3{,}1\times10^{-8}$	7500	3
2		15,5	18	13	18,2	19	18	27,1	0,40	0,46	0,28	$2{,}0\times10^{-8}$	5000	2
3		15,5	16	10	18,1	18	18	26,9	0,39	0,46	0,27	$2{,}2\times10^{-8}$	4000	2
4	Суглинок	18,3	22	30	21,5	26	40	26,5	0,15	0,24	0,11	$2{,}3\times10^{-6}$	22000	2
5		16,1	19	21	19,0	23	28	26,6	1,31	0,41	0,27	$4{,}3\times10^{-7}$	12000	4
6		15,5	19	15	18,2	23	20	26,7	0,31	0,39	0,26	$2{,}7\times10^{-7}$	9000	3
7		15,7	19	9	18,5	23	12	26,8	0,31	0,36	0,22	$2{,}5\times10^{-7}$	10000	3
8		15,3	20	13	18,0	24	17	26,8	0,32	0,37	0,32	$2{,}6\times10^{-7}$	8000	3
9		15,1	20	4	17,8	24	5	26,9	0,41	0,45	0,31	$1{,}0\times10^{-7}$	7000	4

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	Супесь	17,5	24	7	20,5	28	10	16,6	0,18	0,21	0,15	$2{,}7\times10^{-5}$	18000	3
11		16,4	26	6	19,2	28	8	26,5	0,22	0,24	0,18	$2{,}1\times10^{-5}$	14000	2
12		15,5	20	4	18,3	23	5	26,4	0,29	0,31	0,25	$1{,}1\times10^{-5}$	8000	4
13	Песок средней крупности	16,4	32	–	19,2	37	–	26,5	0,18	–	–	$3{,}5\times10^{-2}$	31000	4
14		17,2	34	–	20,1	40	–	26,4	0,16	–	–	$2{,}0\times10^{-2}$	40000	2
15	Песок пылеватый	16,3	28	–	19,0	32	–	26,5	0,26	–	–	$8{,}1\times10^{-4}$	17000	8
16		16,3	26	–	19,0	30	–	26,8	0,29	–	–	$2{,}2\times10^{-4}$	11000	2
17	Песчаник	Временное сопротивление одноосному сжатию									R = 10000 кПа			
18											R = 15000 кПа			

ПРИМЕЧАНИЕ: Мощность слоя, залегающего на максимальной глубине, не ограничена.

Таблица 2

Подразделение песчаных грунтов по плотности сложения

Разновидность песков	Коэффициент пористости e		
	пески гравелистые крупные и средней крупности	пески мелкие	пески пылеватые
Плотный	< 0,55	< 0,60	< 0,60
Средней плотности	0,55–0,70	0,60–0,75	0,60–0,80
Рыхлый	> 0,70	> 0,75	> 0,80

Таблица 3

Подразделение песчаных грунтов по степени влажности S_r

Грунт	Степень влажности
Маловлажный	$0 < S_r \leq 0,5$
Влажный	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насыщенный водой	$0,8 < S_r \leq 1$

Таблица 4

Подразделение пылевато-глинистых грунтов по числу пластичности I_p

Грунт	Число пластичности
Супесь	$0,01 < I_p \leq 0,07$
Суглинок	$0,07 < I_p \leq 0,17$
Глина	$I_p \leq 0,17$

Таблица 5

Подразделение пылевато-глинистых грунтов по показателю текучести I_L

Грунт	I_L
Супесь	
- твердая	< 0
- пластичная	0–1
- текучая	> 1
Суглинки и глины:	
- твердые	< 0
- полутвердые	0–0,25
- тугопластичные	0,25–0,75
- мягкопластичные	0,50–0,75
- текучепластичные	0,750–1,00
- текучие	> 1

Составитель

Наталья Васильевна Крупина

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Методические указания к самостоятельной работе
для обучающихся направления подготовки 08.03.01 Строительство
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 06.11.2018. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 0,7.
Тираж 40 экз. Заказ
КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.
Издательский центр УИП КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.