

Контрольная работа в рамках дисциплины(модуля)

Механика грунтов, основания и фундаменты

Направление подготовки

08.03.01 «Строительство»

Профиль подготовки

Промышленное и гражданское строительство

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная/заочная

Астрахань 2016

Настоящая контрольная работа и методические указания разработаны для студентов, обучающихся по направлению «Строительство». Представленные задания к контрольной работе по механике грунтов и методические указания, разработаны в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки по направлению «Строительство». – Астрахань, 2021. – 37 с.

Составитель: к.т.н. доц. А.Ю. Курдюк

Методические указания переутверждены на заседании кафедры Строительство

Протокол № 08_от «30» августа 2021 г.

Оглавление

1	Содержание работы и порядок ее выполнения	4
2	Указания к оформлению контрольной работы	5
3	Контрольная работа	6
4	Методические указания к выполнению контрольной работы	11
5	Вопросы к контрольной работе	20
	Список литературы	31
	Приложения	32
	Приложение 1	32
	Приложение 2	34
	Приложение 3	34
	Приложение 4	35
	Приложение 5	37
	Приложение 6	37

1. Содержание работы и порядок ее выполнения

Задания к контрольной работе составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Механика грунтов», учебным планом для очной и заочной форм обучения и содержат задачи по: определению физико-механических свойств грунтов, напряжений в грунтах от действия внешних нагрузок, расчету устойчивости откоса, давлению на подпорные стенки, расчету полных стабилизированных осадок оснований методом послойного суммирования, а также определению изменения осадки основания во времени. Для удобства выполнения, пять контрольных заданий имеют методические указания к их выполнению.

Порядок определения варианта задания определен следующим образом: задача № 1 решается по варианту, соответствующему последней цифре номера зачетной книжки; задача № 2 — соответствующей предпоследней цифре номера; задача № 3 решается по варианту соответствующему сумме двух последних цифр зачетной книжки; задача № 4 по варианту, соответствующему абсолютной величине разности двух последних цифр; задача № 5 по варианту, соответствующему числу букв фамилии студента.

Приступая к выполнению контрольной работы, следует внимательно ознакомиться с заданием, изучить рекомендованную литературу. Студент обязан выполнить контрольную работу в срок, предусмотренный графиком учебного процесса. Расчетно-графическая работа, выполненная по вариантам не соответствующим учебному шифру, или без соблюдения указанных требований к оформлению, не принимается и возвращается без рассмотрения. Консультацию, связанную выполнением контрольной работы, студент может получить у преподавателя кафедры, ведущего дисциплину «Механика грунтов».

Полученную после проверки контрольную работу необходимо внимательно просмотреть и разобраться в замечаниях (при их наличии). Если в рецензии указано, что работа «не допущена к защите», её следует переработать и представить на повторное рецензирование; если — «допущена к защите, но с доработкой», то, внося соответствующие исправления в расчеты, схемы и чертежи, студент должен прибыть на кафедру для защиты работы преподавателю, проводившему рецензирование. Все исправления по замечаниям выполняются на обратной стороне листа с припиской «исправление ошибок». Перечеркивание и исправление написанного текста, расчетов, расчетных схем и чертежей не допустимо. На защите студент должен показать свое умение применять знания, полученные в процессе изучения дисциплины.

Студент допускается к сдаче зачета только при наличии положительной рецензии на выполненную работу.

2. Указания к оформлению контрольной работы

Контрольная работа должна содержать пояснительную записку, в состав которой следует включить: задания и исходные данные, теоретическую часть, отражающую методику расчетов, сами расчеты и их результаты, расчетные схемы со всеми необходимыми обозначениями и размерами, список литературы. Результаты расчетов могут быть представлены в табличной форме. Текстовая часть работы должна быть выполнена на одной стороне стандартного листа писчей бумаги формата А4 (210x297 мм) с полями 30–40 мм для замечаний рецензента. Не следует выполнять расчетно-графическую работу в школьных тетрадках. Текст пишется от руки чернилами аккуратно, разборчиво или набирается на компьютере.

Все расчетные данные и показатели должны сопровождаться единицами измерения, расчеты — ссылками на нормативные документы и используемую литературу. Текст расчетно-графической работы должен представлять собой единое связанное изложение по существу вопроса с логическим обоснованием переходов принимаемых решений. Каждая задача должна начинаться с новой страницы завершаться выводом с четкой формулировкой по принятому решению. Листы работы должны иметь сквозную нумерацию и быть сброшюрованы в файл-папку. На обложке расчетно-графической работы следует указать: институт, кафедру, наименование работы, фамилию, имя, отчество студента, учебный шифр.

3. Контрольная работа

Задача № 1. По результатам лабораторных исследований свойств грунтов требуется:

1.1 Для образцов песчаного грунта построить интегральную кривую гранулометрического состава, определить тип грунта по гранулометрическому составу и степени его неоднородности, дать оценку плотности сложения и степени влажности, определить расчетное сопротивление R . Для образцов глинистого грунта, определить тип грунта, разновидность его по консистенции и расчетное сопротивление R . Исходные данные, приведены в таблице 1 (Приложение 1);

1.2 Построить график компрессионной зависимости вида $e=f(p)$, определить, для заданного расчетного интервала давлений, коэффициент относительной сжимаемости грунта, модуль общей деформации и охарактеризовать степень сжимаемости грунта. Исходные данные приведены в таблице 2 (Приложение 1);

1.3 Построить график сдвига вида $\tau=f(p)$, определить, методом наименьших квадратов, нормативное значение угла внутреннего трения. Исходные данные приведены в таблице 5 (Приложение 1).

Задача № 2. Для расчетных схем, приведенных на рис. 3.1, с выбранными по шифру из табл. 4, 5, 6 (Приложения 2, 3, 4) исходными данными, требуется определить величины вертикальных составляющих напряжений в массиве грунта и построить эпюры напряжений:

2.1 От совместного действия сосредоточенных сил в точках на вертикали, проходящей по оси действия силы N_2 и на горизонтали, расположенной в плоскости действия сил, на расстоянии Z от поверхности (рис. 3.1а, табл. 4) (Приложение 2);

2.2 От совместного действия равномерно распределенных по прямоугольным площадкам нагрузок в точках на заданной вертикали (рис. 3.1б, табл. 5) (Приложение 3);

2.3 От действия полосообразной нагрузки, изменяющейся по закону прямой, в точках на заданной вертикали и на горизонтали, расположенной на расстоянии Z от поверхности (рис. 3.1в, табл. 6) (Приложение 4).

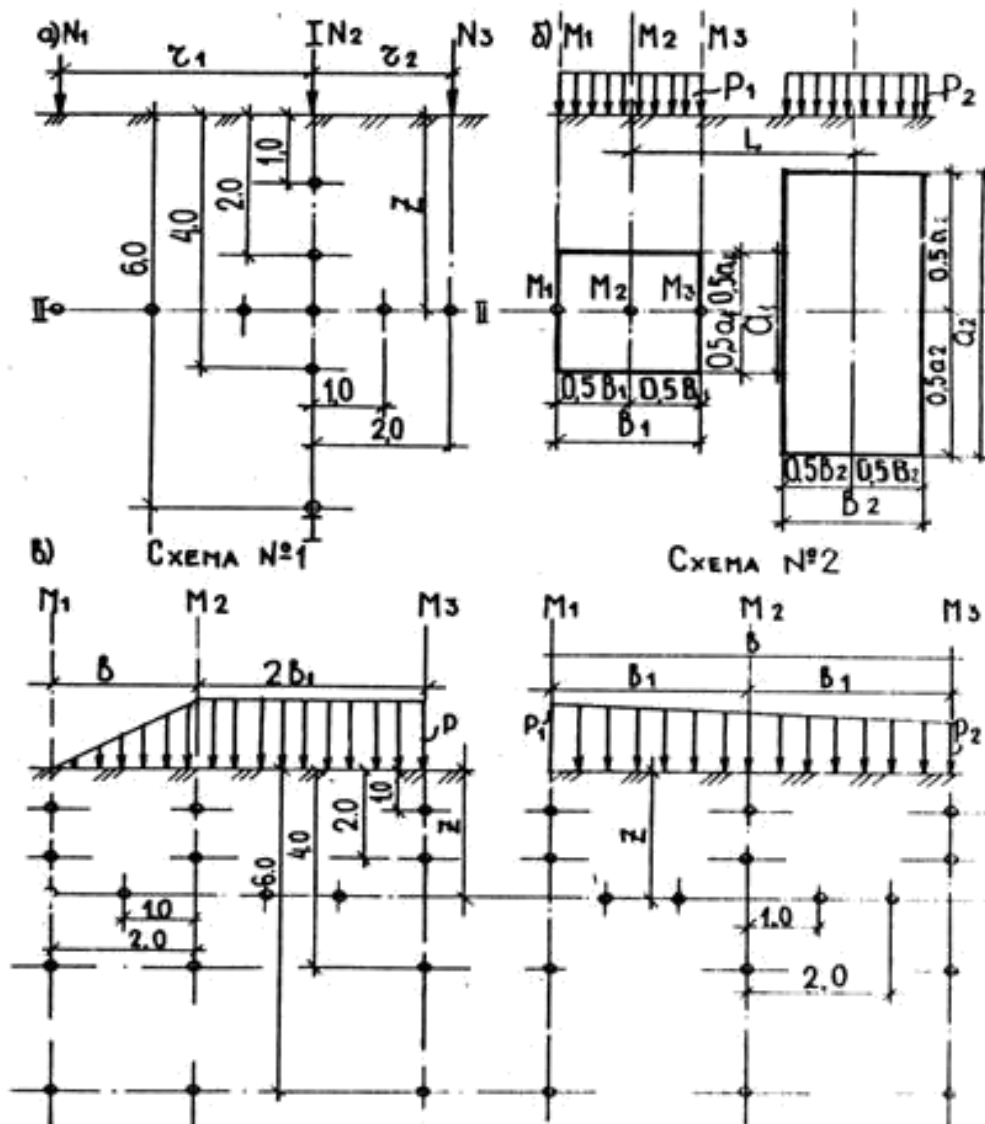


Рисунок 3.1. Расчетные схемы к задаче 2

Указания к выполнению задачи № 2:

- 1 Точки на вертикали расположить на расстояниях 1, 2, 4, 6 м от поверхности массива грунта. Точки на горизонтали расположить вправо и влево на расстояниях 1 и 2 м от оси действия силы N_2 (рис. 3.1а), от расчетной вертикали N_2 (рис. 3.1в);
- 2 При построении схем и эпюр напряжений следует принять масштаб расстояний 1:50, масштаб напряжений 50 МПа в 1 см.

Задача № 3

- 3.1 Для расчетной схемы (рис. 3.2а) с выбранными по шифру из табл. 7 (Приложение 4) исходными данными требуется определить методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения величину коэффициента устойчивости откоса.

Задача № 4

- 4.1 Для расчетной схемы (рис. 3.2б) с выбранными по шифру из табл. 8 (Приложение 4) исходными данными требуется определить горизонтальные составляющие интенсивности активного давления грунта на подпорную стену, имеющую ломаное очертание задней грани, равнодействующие активного давления, указав их направления и точки приложения, построить эпюры распределения давлений грунта.

Указания к выполнению задачи № 3 и 4:

- 1 Для определения координат центра наиболее опасной дуги поверхности скольжения находить, задаваясь различными положениями точек вращения O , для уменьшения числа которых использовать правило Феллениуса [14] (Задача № 3);
- 2 Активное давление грунта на подпорную стену рекомендуется определять отдельно для верхней и нижней расчетной плоскости с применением приема перехода и фиктивной плоской грани (способ Резаля), руководствуясь указанием [1], [3] (Задача № 4);
- 3 При построении расчетных схем и эпюр давлений следует принять масштаб расстояний 1:100 (для откоса), 1:50 (для подпорной стены), масштаб давлений 10 кПа в 1 см (Задача № 3, 4).

Задача № 5

- 5.1 Для расчетной схемы (рис. 3.2в) с выбранными по шифру из табл. 9 (Приложение 5) исходными данными требуется определить среднюю осадку основания методом послойного суммирования.
- 5.2 Для расчетной схемы (рис. 3.2г) с выбранными по шифру из табл. 10 (Приложение 6) исходными данными требуется определить полную стабилизированную осадку основания абсолютно жесткого фундамента с прямоугольной площадью подошвы, изменение осадки во времени. Расчет осадки выполнить, применяя метод послойного суммирования. Построить график изменения осадки основания во времени.

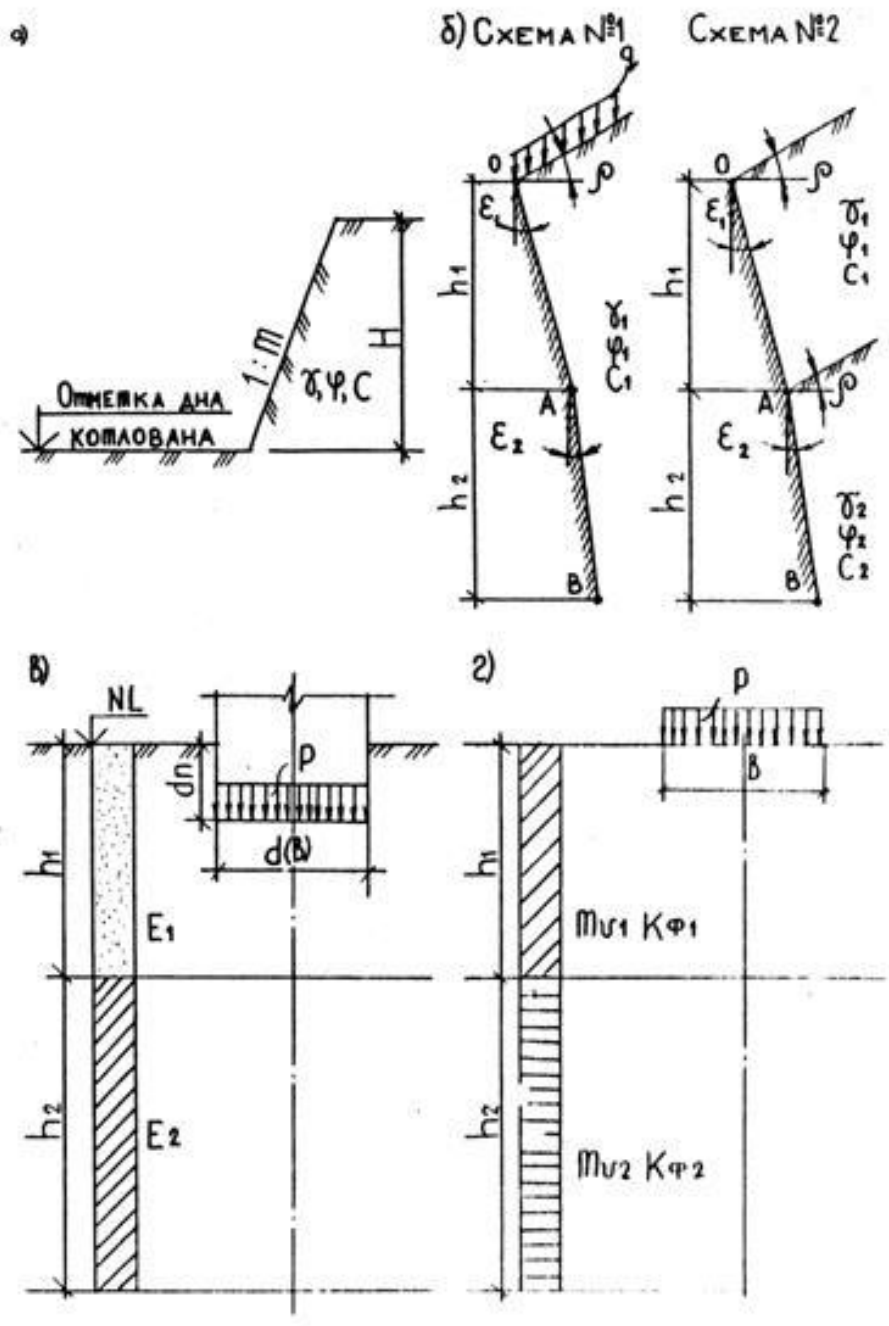


Рисунок 3.2. Расчетные схемы к задачам 3, 4, 5

Указания к выполнению задачи № 5:

- 1 При расчете осадки основания следует руководствоваться указаниями СНиП 2.02.01-83 [4] (Задача № 4.);
- 2 При построении расчетной схемы следует принять масштаб расстояний 1:100 (Задача № 4.);
- 3 Коэффициент относительной поперечной деформации для сжимаемой толщи грунтов можно принять = 0,3 (Задача № 5.2);
- 4 При построении расчетной схемы следует принять масштаб расстояний 1:50. Масштаб для построения графика изменения осадки во времени принимается студентом самостоятельно (Задача № 5.2).

4. Методические указания к выполнению контрольной работы

Задача № 1.1 Для определения степени неоднородности гранулометрического состава песчаных грунтов строят интегральную кривую гранулометрического состава. При построении интегральной кривой гранулометрического состава грунта по оси абсцисс откладывают диаметры частиц в мм, а по оси ординат — процентное содержание частиц нарастающим итогом (для сокращения размеров графика по горизонтали рекомендуется логарифмический масштаб). При этом суммирование начинают с самой мелкой фракции. Приемы построения такого графика приведены в литературе [10], [17]. Степень неоднородности гранулометрического состава определяется по формуле:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (4.1)$$

где d_{60} , d_{10} — диаметры частиц, меньше которых в данном грунте содержится соответственно 60 и 10% частиц по массе (принимаются по интегральной кривой гранулометрического состава грунта).

По заданному гранулометрическому составу можно определить тип грунта [2, табл. 2], [13, табл. 1.5].

Важным показателем оценки свойств песчаных грунтов является плотность их сложения. Пески по плотности их сложения подразделяются в зависимости от величины коэффициента пористости в естественном состоянии на плотные, средней плотности и рыхлые [2, табл. 2], [13, табл. 1.7], [14, табл. 1.2]. Величину коэффициента пористости можно определить по формуле:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}, \quad (4.2)$$

где ρ_s — плотность частиц грунта;

$$\rho_d - \text{плотность сухого грунта: } \rho_d = \frac{\rho}{1 + 0.01 \cdot W}; \quad (4.3)$$

ρ — плотность грунта;

W — влажность грунта;

Разновидность песчаных грунтов по степени влажности S_r определяется, согласно ГОСТ [2, табл.2].

$$S_r = \frac{\rho_s \cdot W}{100 \cdot e \cdot \rho_w}, \quad (4.4)$$

где ρ_w — плотность воды.

Тип глинистого грунта и разновидность его по консистенции определяются по заданным границам текучести, раскатывания и природной влажности [2, табл. 2], [13, табл. 1.8 и табл. 1.9], [14].

Условные расчетные сопротивления R_o песчаных и глинистых грунтов определяются на основании оценки их вида и состояния по заданным характеристикам физических свойств в соответствии с нормами проектирования [12, табл.2.3].

Задача № 1.2 Для определения коэффициента относительной сжимаемости грунта необходимо вычислить коэффициенты пористости грунта e_i , соответствующие заданным ступеням нагрузки, по формуле

$$e_i = e_0 - \frac{S_i}{h} \cdot (1 + e_0), \quad (4.5)$$

где e_i – искомое значение коэффициента пористости грунта после уплотнения под нагрузкой P_i ;

e_0 – начальное (до уплотнения) значение коэффициента пористости грунта;

S_i – полная осадка образца грунта при заданной нагрузке P_i , измеренная от начала загрузения;

h – начальная (до уплотнения) высота образца грунта.

Коэффициент относительной сжимаемости грунта m_v определяется по формуле

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e_0}, \quad (4.6)$$

где m_0 – коэффициент сжимаемости грунта для заданного расчетного интер-

вала давлений: $m_0 = \frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1} = \frac{e_1 - e_2}{\Delta P}, \quad (4.7)$

$e_1 - e_2$ – коэффициенты пористости, соответствующие давлениям $P_1 - P_2$;

$P_2 - P_1 = \Delta P$ – заданный расчетный интервал давлений, или так называемое действующее давление.

Числовые значения коэффициента относительной сжимаемости m_v позволяют судить о сжимаемости грунтов. При значениях m_v порядка 1 МПа^{-1} – грунт сильносжимаемый; при m_v порядка $0,1 \text{ МПа}^{-1}$ – среднесжимаемый и при m_v порядка $0,01 \text{ МПа}^{-1}$ – малосжимаемый [1].

Модуль общей деформации вычисляют, для заданного расчетного интервала давлений $\Delta P = P_2 - P_1$, по формуле:

$$E_0 = \frac{(1 + e_0) \cdot \beta}{m_0}, \quad (4.8)$$

где e_0 – начальный коэффициент пористости грунта;

β – коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта в приборе и назначаемый в зависимости от коэффициента Пуассона ν .

Грунт	ν	$\beta = 1 - \frac{2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}$
Песок и супесь	0,30	0,74
Суглинок	0,35	0,62
Глина	0,42	0,40

Задача № 1.3 Для определения нормативного значения угла внутреннего трения φ^H следует воспользоваться формулами, составленными на основе законов математической статистики [7] и [13]:

$$\operatorname{tg} \varphi^H = \frac{1}{\Delta} \left(n \cdot \sum_{i=1}^n \tau_i \cdot P_i - \sum_{i=1}^n \tau_i \cdot \sum_{i=1}^n P_i \right), \quad (4.9)$$

где n – число экспериментов по определению сопротивления грунта сдвигу τ_i при давлении P_i ;

Δ – общий знаменатель этого выражения, определяемый по формуле

$$\Delta = n \cdot \sum_{i=1}^n P_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2. \quad (4.10)$$

Примеры определения нормативного значения угла внутреннего трения φ^H и построения графиков сдвига приведены в [4], [11], [17].

Задача № 2.1 Для случая, когда к горизонтальной поверхности массива грунта приложено несколько сосредоточенных сил $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$, величины вертикальных составляющих напряжений σ_{zi} , в любой точке массива грунта, можно определить суммированием составляющих напряжений от действия каждой силы в отдельности, с использованием зависимости

$$\sigma_{zi} = \frac{1}{z_i^2} \cdot (k_1 \cdot P_1 + k_2 \cdot P_2 + k_3 \cdot P_3 + \dots + k_n \cdot P_n) = \frac{1}{z_i^2} \cdot \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i, \quad (4.11)$$

где k_i – коэффициент, являющийся функцией отношения $\frac{r_i}{z_i}$;

r_i – расстояние по горизонтальной оси от рассматриваемой точки до оси z , проходящей через точку приложения сосредоточенной силы P_i ;

z_i – глубина рассматриваемой точки от плоскости приложения сосредоточенной силы P_i .

Значения коэффициента k приведены в [1, табл.6 приложения], [3, табл.4.1], [9, табл.11], [14, табл.3.1]. При построении расчетной схемы и эшюр

напряжений следует принимать масштаб 1:50, масштаб напряжений 0,05 МПа в 1 см. Примеры расчета приведены в [9], [10], [14], [18].

Задача № 2.2 Распределение по глубине вертикальных составляющих напряжений σ_{zc} в любой точке массива грунта от действия равномерно распределенной нагрузки, в пределах или за пределами площади нагружения, может быть определено по методу угловых точек по формуле

$$\sigma_{zc} = k_c \cdot P, \quad (4.12)$$

где k_c – коэффициент, определяемый в зависимости от отношения сторон прямоугольной площади нагружения a/b (a – длинная ее сторона, b – ее ширина) и отношения z/b (z – глубина, на которой определяется напряжение σ_{zc});

P – интенсивность равномерно распределенной нагрузки.

В соответствии с этим заданные площади нагружения разбивают на прямоугольники таким образом, чтобы они имели общую угловую точку, через которую проходит расчетная вертикаль M_i . Для каждого из этих прямо угольников со сторонами $a_i \geq b_i$, с помощью таблиц определяют значение коэффициента k_{ci} и, пользуясь принципом независимости действия сил, находят алгебраическим суммированием напряжения в заданных точках массива грунта. Значения коэффициента k_c приведены в учебнике [14, табл.3.5]. Масштаб расстояний 1:50, масштаб напряжений 0,05 МПа в 1 см. Примеры расчета приведены в [4], [9], [14].

Задача № 2.3 Для случая действия на поверхности массива грунта нагрузки, распределенной в пределах гибкой полосы по трапецеидальной эпюре, величину вертикального сжимающего напряжения в заданной точке массива грунта определяют путем суммирования напряжений от прямо- и треугольного элементов эпюры внешней нагрузки.

Вертикальные напряжения σ_z , возникающие от действия полосообразной равномерно распределенной нагрузки (прямоугольный элемент эпюры внешней нагрузки), определяют по формуле

$$\sigma_z = k_z \cdot P, \quad (4.13)$$

где k_z – коэффициент, определяемый в зависимости от величины относительных координат $\frac{z}{b}$ и $\frac{y}{b}$ [1, табл.4 приложения], [14, табл.3.6];

P – вертикальная равномерная распределенная нагрузка.

Вертикальные напряжения σ'_z , возникающие от действия полосообразной неравномерной нагрузки, распределенной по закону треугольника (треугольный элемент эпюры внешней нагрузки), определяется по формуле

$$\sigma'_z = k'_z \cdot P, \quad (4.14)$$

где k'_z – коэффициент, определяемый в зависимости от величины относительных координат $\frac{z}{b}$ и $\frac{y}{b}$ [1, табл.5 приложения], [14, табл.3.7];

P – наибольшая ордината треугольной нагрузки.

При построении расчетной схемы и эпюр напряжений следует принимать масштаб расстояний 1:50, масштаб напряжений 0,05 МПа в 1 см.

Примеры расчета приведены в [1], [14].

Задача № 3.1 В проектной практике широко распространен расчет устойчивости откосов по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Проверка устойчивости откоса сводится к простейшим построениям. За коэффициент устойчивости откоса η принимают отношение момента сил, удерживающих откос от сдвига, $M_{уд}$ к моменту сил, стремящихся сдвинуть откос, $M_{сдв}$:

$$\eta = \frac{M_{уд}}{M_{сдв}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \cdot L \right) \cdot R}{T_i \cdot R}, \quad (4.15)$$

где n – число отсеков, на которые делится призма скольжения;

N_i – нормальные составляющие от веса отсеков P_i , равные

$$P_i \cdot \cos \theta_i,$$

P_i – вес расчетного отсека;

θ_i – угол между направлениями силы P_i и нормальной составляющей N_i ;

φ – угол внутреннего трения;

c – удельное сцепление;

L – длина дуги скольжения;

R – радиус круглоцилиндрической дуги скольжения;

T_i – касательные составляющие от веса отсеков P_i , равные

$$P_i \cdot \sin \theta_i.$$

Вместе с тем, без большой погрешности 10% в сторону завышения коэффициента запаса, принимая $\cos \theta_i = 1$, формула для определения коэффициента устойчивости откоса может быть записана в более простом виде [4]:

$$\eta = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \cdot L \right) \cdot R}{\sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i}, \quad (4.16)$$

где x_i – плечо от линии действия веса расчетного отсека до центра вращения.

Момент принимается для восходящей ветви кривой скольжения – отрицательным, для нисходящей – положительным.

Радиус круглоцилиндрической дуги скольжения R , а также ширину и высоту отсеков допускается определять графически с расчетной схемы, выполняемой в масштабе 1:100. Для расчета выделяют 1 пог.м по длине откоса (перпендикулярно к плоскости чертежа). Вес расчетного отсека определяется как произведение плотности грунта на объем отсека. Примеры расчета приведены в [4], [10], [14].

Задача № 4.1 Определение давления грунта на вертикальную гладкую подпорную стенку с учетом внутреннего трения и сцепления грунта можно произвести по следующим зависимостям:

активное давление грунта σ_{2z} в любой точке стенки:

$$\sigma_{2z} = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right), \quad (4.17)$$

где $\gamma = \rho \cdot g$ – удельный вес грунта;

ρ – плотность грунта;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с², часто принимают $g = 10$ м/с²;

z – расстояние точки от поверхности засыпки.

пассивное давление грунта σ_{II} в любой точке стенки:

$$\sigma_{II} = \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (4.18)$$

равнодействующая E_a активного давления грунта:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2 \cdot c \cdot H \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) + \frac{2 \cdot c^2}{\gamma}, \quad (4.19)$$

где H – высота подпорной стенки.

равнодействующая E_{II} пассивного давления грунта:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h_{3AGЛ}^2 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2 \cdot c \cdot h_{3AGЛ} \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right), \quad (4.20)$$

где $h_{3AGЛ}$ – заглубление фундамента подпорной стенки.

Точка приложения E_a находится от подошвы фундамента подпорной стенки на расстоянии:

$$e_a = \frac{1}{3} \cdot (H - h_c), \quad (4.21)$$

где h_c – высота верхней части стенки, не воспринимающей давления грунта;

$$h_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}. \quad (4.22)$$

Точка приложения E_{II} находится на высоте e_{II} от подошвы фундамента подпорной стенки:

$$e_{II} = \frac{h_{ЗАГЛ}}{3} \cdot \frac{a + 2d}{a + d}, \quad (4.23)$$

где a – величина пассивного давления грунта в уровне подошвы фундамента при $z = h_{ЗАГЛ}$;

d – величина пассивного давления грунта в уровне обреза фундамента при $z = 0$.

При построении расчетной схемы и эпюр активного и пассивного давлений грунта на подпорную стенку следует принимать масштаб расстояний 1:50, масштаб давлений 0,025 МПа в 1 см. Примеры расчета приведены в [4], [7], [10].

Для определения давления грунта на подпорную стенку графическим методом можно использовать построения, предложенные Ш. Кулоном. Последовательность такого определения приведена в [3] и [14].

Действие сплошной равномерно распределенной пригрузки горизонтальной поверхности засыпки грунта в этом случае заменяется эквивалентной высотой слоя грунта, равной:

$$h = \frac{q}{\gamma}. \quad (4.24)$$

Масштаб расстояний для графического определения следует принять 1:50.

Задача № 5.1 Величину полной стабилизированной осадки грунтовой толщи S по методу послойного суммирования определяют как сумму осадок элементарных слоев грунта по формуле:

$$S = \beta \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} \cdot h_i}{E_i}, \quad (4.25)$$

где β – безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{zp,i}$ – среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в i -м слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней z_{i-1} и нижней z_i границах слоя по вертикали, проходящей через середину полосы нагружения;

h_i, E_i – соответственно толщина и модуль деформации i -го слоя грунта;

n – число элементарных слоев грунта, на которые разбита сжимаемая толща основания.

Дополнительные вертикальные напряжения σ_{zp} определяются по формуле

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0, \quad (4.26)$$

где α – коэффициент, принимаемый по [12, табл.1 прил.2] в зависимости от относительной глубины, равной $\xi = \frac{2z}{b}$; для ленточного фундамента $\eta \geq 10$;

P_0 – дополнительное вертикальное давление на основание;

$$P_0 = P - \sigma_{zg,0}, \quad (4.27)$$

P – интенсивность полосообразной нагрузки;

$\sigma_{zg,0}$ – вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы полосы нагружения.

Значения коэффициента α приведены в [1, табл.1 приложения], [3, табл.4.2], [12, табл.1 прил.2]. Нижняя граница сжимаемой толщи основания принимается на глубине $Z = H_C$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0.2 \cdot \sigma_{zg}$.

При построении расчетной схемы следует принимать масштаб расстояний 1:50, масштаб 0,05 МПа в 1 см. Примеры расчета приведены в [1], [7], [9], [10], [11], [13], [14].

Задача № 5.2 Осадка грунтовой толщи S_t для любого промежутка времени t определяется следующим выражением

$$S_t = S \cdot U, \quad (4.31)$$

где S – полная стабилизированная осадка;

U – степень консолидации (уплотнения).

Вычисление степени консолидации U можно с достаточной для практических целей точностью выполнять по формуле

$$U = 1 - \frac{8}{\pi^2} \cdot e^{-N}, \quad (4.32)$$

где e – основание натуральных логарифмов;

N – коэффициент, зависящий от условий отвода вытесняемой из грунта воды:

$$N = \frac{\pi^2 \cdot C_{vm} \cdot t}{4 \cdot H^2}, \quad (4.33)$$

где C_{vm} – коэффициент консолидации, в данном случае

$$C_{vm} = \frac{K_{\phi m}}{m_{vm} \cdot \rho_w} \quad (4.34)$$

$K_{\phi m}$ – средний коэффициент фильтрации:

$$K_{\phi m} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{K_{\phi i}}}, \quad (4.35)$$

$K_{\phi i}$ – коэффициент фильтрации i -го слоя грунта:

ρ_w – плотность воды.

Задаваясь той или иной степенью консолидации (например $U = 0,1; 0,2; 0,3$ и т.д.), принимают по [3, табл.5.6], [14, табл.5.4] соответствующие значения коэффициента N (для случая убывания давлений с глубиной по треугольной эпюре) и, используя зависимость для N , определяют время t , соответствующее данной степени фильтрационной консолидации:

$$t = \frac{4 \cdot H^2}{\pi^2 \cdot C_{vm}} \cdot N. \quad (4.36)$$

При подсчете значения коэффициента консолидации C_{vm} коэффициент фильтрации K_{ϕ} удобнее выразить в см/год ($1 \text{ см/с} = 3 \cdot 10^7 \text{ см/год}$). По результатам определений строится график изменений осадки грунтов во времени. Примеры расчета приведены в [6], [7], [10], [14].

5. Вопросы к контрольной работе

1. Конструирование фундаментов высотных зданий и сооружений.
2. Конструктивные решения фундаментов большепролетных сооружений.
3. Подземные сооружения в районах стесненной застройки.
4. Эффективные конструкции фундаментов большепролетных сооружений.
5. Конструкции фундаментов спортивных сооружений.
6. Современные конструкции фундаментов зрелищных сооружений.
7. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений.
8. Сейсмическое районирование и микрорайонирование территорий.
9. Особенности конструктивных решений фундаментов высотных зданий.
10. Проектирование подземных сооружений в условиях стесненной застройки.
11. Область применения и конструкции подпорных стен.
12. Гравитационные и гибкие подпорные стены область применения.
13. Методы расчета подпорных стен.
14. Активное давление грунта на стену, его проявление.
15. Пассивное давление грунта на стену, его проявление.
16. «давление покоя» и когда оно проявляется.
17. Нагрузки на подпорную стену и как рассчитывается ее устойчивость.
18. Влияние на величину активного и пассивного давлений на стену удельное сцепление в грунте.
19. Влияние на величину равнодействующей активного давления грунта на подпорную стену наклон задней грани стены.
20. Влияние на величину равнодействующей активного давления грунта на подпорную стену увеличение шероховатости задней грани.
21. Интенсивность колебаний при сейсмических воздействиях, методы определения
22. Воздействия на грунты от перемещающегося транспорта.
23. Дилатансионное разуплотнение оснований при сейсмическом воздействии
24. Типы грунтов, по сейсмическим свойствам.
25. Эталонный грунт при сейсмическом микрорайонировании.
Выбор эталонного грунта.
26. Шкала балльности определяющая интенсивность сейсмического воздействия.
27. Какие шкалы балльности используются в настоящее время.
28. Чем характеризуется спектральный состав колебаний при сейсмическом воздействии.
29. Общее сейсмическое районирование территории.
30. Сейсмическое микрорайонирование территории.
31. Виды волн в грунтах.
32. Виды поверхностных волн при землетрясении.
33. Акселерограмма землетрясения.
34. Велосиграмма землетрясения.
35. Сейсмограмма землетрясения.
36. Приборы для фиксации сейсмограммы землетрясения.
37. Инженерно-геологические изыскания в строительстве.
38. Изыскания на строительной площадке до проектирования и строительства будущего здания или сооружения.

Список литературы

1. Букша, В.В. Расчет и проектирование оснований и фундаментов промышленных зданий : учебное пособие / В.В. Букша, Л.Н. Аверьянова, Н.Ф. Пыхтеева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. - 112 с. : ил., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7996-1182-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275948;

2. Невзоров, А.Л. Проектирование фундаментов : учебно-методическое пособие / А.Л. Невзоров ; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», Министерство образования и науки Российской Федерации. - Архангельск : ИД САФУ, 2014. - 110 с. : табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-261-00876-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436373;

3. Канаков, Г.В. Проектирование оснований и фундаментов гражданских зданий : учебно-методическое пособие / Г.В. Канаков, В.Ю. Прохоров ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Кафедра оснований и фундаментов. - Н. Новгород : ННГАСУ, 2010. - 72 с. : ил., схем., табл., граф. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427250;

б) дополнительная литература

4. Савельев, А.В. Основания и фундаменты сооружений : учебное пособие / А.В. Савельев ; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. - М. : Альтаир : МГАВТ, 2014. - 119 с. : табл., ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429642;

5. Прокофьев, Г.Ф. Проектирование фундаментов зданий и сооружений : учебное пособие для вузов / Г.Ф. Прокофьев, Д.И. Дундин, Н.Ю. Микловцик ; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Министерство образования и науки Российской Федерации. - 2-е изд., исправ. и доп. - Архангельск : ИД САФУ, 2014. - 504 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-261-00857-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436376;

6. Леденев, В.В. Несущая способность и деформативность оснований и фундаментов при сложных силовых воздействиях : монография / В.В. Леденев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 324 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1444-3 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: //biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444645.

7. Крундышев, Б.Л. Архитектурное проектирование жилых зданий, адаптированных к специфическим потребностям маломобильной группы населения [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3734>.

Приложения

Приложение 1

Таблица 1

Номер варианта	Плотность, г / см ³		Влажность %	Влажность, % на границе		Содержание частиц %, при и размере, мм							
	Частиц грунта ρ_s	грунта ρ	природная W	W раскагивания	текучности W _L	Более 2,0	2,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	Менее 0,005
1	2,70 (2,67)	1,89 (1,92)	17,3 (12,9)	25,8	39,3	1,2	17,0	20,0	45,0	13,3	2,0	0,9	0,6
2	2,71 (2,66)	1,87 (2,02)	22,3 (19,6)	19,4	30,8	2,5	19,5	25,0	20,0	20,0	10	2,0	1,0
3	2,70 (2,67)	1,95 (1,79)	18,2 (16,2)	26,5	36,6	1,2	21,5	22,7	19,3	12,6	16,1	3,6	3,0
4	2,74 (2,65)	1,89 (1,72)	20,5 (6,8)	26,6	47,2	0	20,0	16,0	45,0	12,0	2,0	4,0	1,0
5	2,71 (2,65)	1,94 (1,89)	18,9 (15,2)	23,8	43,6	3,8	29,8	29,4	18,5	11,5	4,6	1,1	1,3
6	2,74 (2,66)	1,94 (1,86)	19,1 (14,1)	23,4	41,8	2,1	24,5	29,4	15,4	9,6	10,2	7,8	1,0
7	2,71 (2,68)	1,85 (1,89)	21,4 (8,4)	30,2	43,4	1,0	31,0	25,0	10,0	27,4	3,6	1,2	0,8
8	2,71 (2,66)	1,91 (1,75)	19,8 (12,1)	19,6	28,9	0	15,1	40,2	33,9	5,7	1,5	0,7	2,9
9	2,73 (2,68)	1,89 (1,72)	20,1 (9,8)	20,8	31,6	4,5	47,5	16,8	10,2	8,0	8,0	3,5	1,5
0	2,71 (2,65)	1,93 (1,82)	19,2 (11,8)	24,3	37,4	0,4	13,4	32,2	31,4	8,6	9,8	2,6	1,6

Примечания: 1. Данные по гранулометрическому составу относятся к песчаным грунтам.

2. Величины основных физических характеристик песчаных грунтов ρ_s приведены в скобках.

Таблица 2

Номер варианта	Начальный коэффициент пористости грунта e	Полная осадка образца грунта S_i мм при нагрузке P_i , МПа					Расчетный интервал давлений, МПа	
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	P_1	P_2
1	0,574	0,13	0,33	0,62	0,78	1,02	0,05	0,2
2	0,646	0,15	0,24	0,41	0,55	0,79	0,05	0,2
3	0,673	0,20	0,35	0,66	0,86	1,12	0,05	0,3
4	0,540	0,14	0,29	0,46	0,59	0,75	0,05	0,3
5	0,734	0,10	0,18	0,34	0,42	0,57	0,05	0,2
6	0,571	0,13	0,27	0,49	0,69	0,99	0,1	0,3
7	0,677	0,25	0,50	0,87	1,10	1,39	0,05	0,3
8	0,707	0,14	0,29	0,46	0,60	0,74	0,1	0,3
9	0,656	0,22	0,43	0,69	0,91	1,17	0,05	0,3
0	0,681	0,14	0,29	0,43	0,56	0,70	0,05	0,2

Примечания: 1. Начальная высота образца грунта $h = 20$ мм

2. $1 \text{ кгс/см}^2 = 98066,5 \text{ Па} \approx 10^5 \text{ Па} \approx 0,1 \text{ МПа}$

Таблица 3

Номер варианта	Предельное сопротивление образца грунта сдвигу τ_i Мпа, при нормальном удельном давлении, передаваемом на образец грунта P_i , МПа					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	0,070	0,135	0,199	0,265	0,330	0,398
2	0,064	0,125	0,184	0,250	0,315	0,375
3	0,060	0,095	0,139	0,175	0,206	0,255
4	0,074	0,150	0,225	0,300	0,375	0,450
5	0,080	0,120	0,139	0,175	0,219	0,233
6	0,072	0,14	0,212	0,280	0,356	0,428
7	0,040	0,075	0,101	0,130	0,156	0,188
8	0,074	0,145	0,221	0,290	0,344	0,438
9	0,050	0,085	0,131	0,175	0,219	0,263
0	0,104	0,145	0,180	0,220	0,256	0,293

Приложение 2

Таблица 4

Номер варианта	N_1 , кН	N_2 , кН	N_3 , кН	r_1 , м	r_2 , м	Z , м
1	1300	600	1300	2	2	2
2	1500	700	1900	2	3	2,5
3	1800	800	1400	3	1	3
4	1000	600	1100	1	1	2
5	1800	800	1600	3	2	1,5
6	1100	700	1800	2	3	2
7	1300	500	1500	3	2	3
8	1900	600	1300	3	1	2
9	1200	800	1200	2	2	2,5
0	1200	800	1400	1	2	3

Приложение 3

Таблица 5

Номер варианта	a_1 , м	b_1 , м	a_2 , м	b_2 , м	P_1 , кПа	P_2 , кПа	L , м	Расчетная вертикаль
1	5,0	2,4	6,0	2,4	380	320	4,0	M_1
2	2,7	1,9	3,5	2,5	320	340	3,2	M_3
3	2,5	2,1	4,0	2,4	310	410	3,4	M_2
4	1,9	1,9	2,9	2,6	280	320	3,2	M_1
5	2,2	2,2	3,0	2,4	260	360	3,0	M_2
6	2,5	1,9	6,0	2,8	290	330	2,8	M_3
7	2,6	2,1	5,0	2,4	340	380	3,0	M_2
8	2,9	2,6	3,5	2,5	320	290	3,5	M_3
9	3,3	2,3	4,0	2,4	240	350	3,3	M_2
0	2,5	1,9	3,3	2,3	280	310	2,8	M_1

Приложение 4

Таблица 6

Номер		В, м	В ₁ , м	Z, м	Р, кПа	Р ₁ , кПа	Р ₂ , кПа	Расчетная вертикаль
Вариант	Схемы							
1	1	2	1	1	350	–	–	М ₂
2	2	4	2	1	–	350	200	М ₁
3	1	4	2	2	200	–	–	М ₃
4	2	8	4	2	–	250	150	М ₂
5	1	4	1	2	250	–	–	М ₂
6	2	8	4	4	–	350	150	М ₃
7	1	2	2	1	300	–	–	М ₁
8	2	4	2	1	–	300	200	М ₂
9	1	2	4	4	200	–	–	М ₂
0	2	8	4	2	–	250	100	М ₁

Таблица 7

Номер варианта	Н, м	<i>m</i>	γ, кН/м ³	φ, град	С, кПа
1	8	1,5	19,4	19	18
2	12	1,5	20,5	18	21
3	16	2,0	19,6	16	16
4	14	2,0	20,9	19	25
5	9	1,5	19,7	17	51
6	15	2,0	20,1	18	47
7	11	1,5	20,3	16	41
8	6	1,5	19,8	21	23
9	13	2,0	19,7	20	19
0	7	1,5	19,1	17	15

Таблица 8.

Номер		h_1 , м	h_2 , м	ε_1 , град	ε_2 , град	ρ , град	q , кПа	γ_1 , кН/м ³	φ_1 , град	C_1 , кПа	γ_2 , кН/м ³	φ_2 , град	C_2 , кПа	δ_1 , град	δ_2 , град
Вариант	схемы														
1	1	4,2	5,4	5	-5	10	80	19,1	18	32	-	-	-	9	-
2	2	6,6	5,4	15	10	20	-	20,5	24	26	18,7	22	20	12	11
3	1	4,8	4,8	10	0	15	100	19,4	20	26	-	-	-	10	-
4	2	5,4	4,2	15	10	20	-	17,8	36	-	19,7	22	20	18	11
5	1	4,8	7,2	0	-10	0	60	17,2	30	-	-	-	-	15	-
6	2	4,8	4,8	10	0	15	-	17,5	34	-	19,4	20	26	17	10
7	1	5,4	4,2	15	10	20	120	19,7	22	20	-	-	-	11	-
8	2	4,2	5,4	5	-5	10	-	17,4	32	-	19,1	18	32	16	9
9	1	5,4	6,6	5	-5	10	80	17,4	32	-	-	-	-	16	-
0	2	6,0	6,0	10	0	15	-	20,2	22	34	18,4	20	26	11	10

Примечания:

1. Угол наклона расчетной плоскости и вертикали ε_2 принимается со знаком минус при наклоне на грунт;
2. Для расчетной схемы № 1 грунт засыпки на полную высоту подпорной схемы ($h_1 + h_2$) характеризуется величинами γ_1 , φ_1 , C_1 ;
3. В таблице **5**, δ_1 , δ_2 — углы трения грунтов на контакте с расчетной плоскостью стены.

Приложение 5

Таблица 9

Номер варианта	Форма загруженной площади	Диаметр круглой или L*В прямоугольной площади, м	d _n , м	P, кПа	h ₁ , м	E ₀₁ , МПа	ρ ₀₁ , г/см ³	h ₂ , м	E ₀₂ , МПа	ρ ₀₂ , г/см ³
1	Круглая	1,4	4,3	380	7,6	24	1,4	10,2	18	1,8
2	Прямоугольная	2,1x1,5	4,5	270	8,9	18	1,46	11,9	24	1,7
3	Круглая	1,2	3,4	300	6,5	36	1,5	12,6	28	1,79
4	Прямоугольная	3,6x2,0	4,6	280	8,0	38	1,6	11,5	21	1,74
5	Круглая	1,6	3,2	260	6,2	26	1,58	12,2	32	1,82
6	Прямоугольная	1,8x1,8	3,6	320	6,4	19	1,5	14,6	23	1,85
7	Круглая	2,0	3,8	410	7,2	20	1,43	15,2	28	1,9
8	Прямоугольная	2,8x2,0	4,8	310	6,9	21	1,44	13,9	19	1,86
9	Круглая	1,8	4,0	220	8,9	28	1,53	14,3	24	1,89
0	Прямоугольная	3,6x1,5	3,7	270	7,8	34	1,54	14,1	20	1,78

Приложение 6

Таблица 10

Номер варианта	l, м	b, м	P, кПа	h ₁ , м	m _{v1} , МПа	K _{φ1} , см/с	h ₂ , м	m _{v2} , МПа	K _{φ2} , см/с
1	2,5	2,5	260	2,7	0,095	6,4*10 ⁻⁸	4,7	0,196	3,2*10 ⁻⁹
2	1,9	1,9	160	1,8	0,222	1,7*10 ⁻⁷	4,4	0,065	8,4*10 ⁻⁸
3	3,8	1,9	280	3,9	0,105	2,7*10 ⁻⁸	3,4	0,276	1,6*10 ⁻⁹
4	3,2	3,2	180	2,4	0,148	1,4*10 ⁻⁷	5,8	0,258	5,6*10 ⁻⁸
5	3,0	2,0	230	2,9	0,087	2,3*10 ⁻⁸	4,3	0,147	3,8*10 ⁻⁹
6	5,6	2,8	220	3,8	0,105	5,1*10⁻⁸	5,6	0,245	6,9*10⁻⁹
7	3,5	1,75	170	3,2	0,076	2,4*10 ⁻⁷	3,5	0,381	1,8*10 ⁻⁸
8	3,6	2,4	190	3,1	0,065	1,2*10 ⁻⁸	4,8	0,124	2,5*10 ⁻⁹
9	2,2	2,2	210	2,8	0,139	4,3*10 ⁻⁸	4,1	0,215	4,6*10 ⁻⁹
0	2,0	2,0	240	2,3	0,176	2,2*10 ⁻⁸	3,9	0,284	4,13*10 ⁻⁹