

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТА ОТДЕЛЬНО СТОЯЩЕЙ КОЛОННЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практической работы
по дисциплине «Безопасность зданий и сооружений»
для студентов направления 20.03.01
«Техносферная безопасность»
очной и заочной форм обучения

Севастополь
СевГУ
2017

УДК 681.5

Р е ц е н з е н т:

С.М. Братан - доктор технических наук, профессор кафедры
«Технологии машиностроения».

Составители: Л.А. Ничкова, Т.Ю. Хоменко

Проектирование фундамента отдельно стоящей колонны: метод. указания к выполнению практической работы для студентов направлений «Техносферная безопасность» по дисциплине «Безопасность зданий и сооружений» / Сост. Л.А. Ничкова, Т.Ю. Хоменко – Севастополь: СевГУ, 2017 г. – 26 с.

Предназначены для оказания помощи студентам при выполнении практической работы по дисциплине «Безопасность зданий и сооружений». Рассматривается методика проектирования фундамента отдельно стоящей колонны. Для студентов приведен ряд поясняющих примеров и задания для самостоятельного выполнения.

УДК 681.5

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Техносферная безопасность», протокол № 7 от 22 февраля 2017 г.

Допущено учебно-методическим отделом Политехнического института СевГУ в качестве методических указаний.

Издательский номер 19/17

СОДЕРЖАНИЕ

Цель работы.....	3
1. Используемые обозначения	3
2. Краткие теоретические сведения	5
3. Порядок выполнения работы	7
4. Задание на практическую работу	8
5. Содержание отчета.....	20
6. Контрольные вопросы.....	20
Библиографический список	20
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТА ОТДЕЛЬНО СТОЯЩЕЙ КОЛОННЫ

Цель работы: приобрести знания по проектированию фундамента отдельно стоящей колонны с обеспечением устойчивости положения против сдвига от давления грунта засыпки в горизонтальном направлении, при действии сплошной, фиксированной и полосовой нагрузки на его обрезах, прочности грунтового основания и основания фундамента на допускаемые деформации.

1. ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Характеристики грунта:

γ - удельный вес ненарушенного сложения грунта основания, кН/м³;

γ_1, γ_{11} - удельный вес ненарушенного сложения грунта основания соответственно для предельных состояний первой и второй группы, кН/м³;

γ' - удельный вес грунта засыпки, кН/м³;

γ'_1, γ'_{11} - удельный вес грунта засыпки соответственно для предельных состояний первой и второй группы, кН/м³;

φ - угол внутреннего трения ненарушенного сложения грунта основания, град;

φ_1, φ_{11} - угол внутреннего трения ненарушенного сложения грунта основания соответственно для предельных состояний первой и второй группы, град;

φ' - угол внутреннего трения грунта засыпки, град;

$\varphi'_1, \varphi'_{11}$ - угол внутреннего трения грунта засыпки соответственно для предельных состояний первой и второй группы, град;

c - удельное сцепление ненарушенного сложения грунта основания, кН/м²;

c_1, c_{11} - удельное сцепление ненарушенного сложения грунта основания соответственно для предельных состояний первой и второй группы, кН/м²;

c'_1, c'_{11} - удельное сцепление грунта засыпки соответственно для предельных состояний первой и второй группы, кН/м²;

E, E - модуль деформации соответственно основания и засыпки, МН/м²;

R - расчетное сопротивление грунта основания, кН/м².

Геометрические характеристики:

U - расстояние от поверхности грунта до рассматриваемого сечения, м;

U_a - расстояние от поверхности грунта до рассматриваемого сечения, м;

U_b - расстояние эквивалентное эпюре интенсивности давления грунта от нагрузки, м;

B, B_1, B_2 - ширина подошвы и ступеней фундамента соответственно, м;

B' - приведенная ширина подошвы фундамента, м;

F - площадь подошвы фундамента, м²;

H - расстояние от поверхности грунта до подошвы фундамента, м;

$h_{г1}$ - высота слоя грунта при учете пассивного сопротивления, м;

ε - угол наклона плоскости продавливания фундамента к вертикали, град;

ρ - угол наклона поверхности засыпки грунта к горизонтали, град;

β - угол наклона поверхности скольжения фундамента к горизонтали, град;

θ_0 - угол наклона плоскости скольжения к вертикали, град;

δ - угол трения грунта засыпки на контакте с расчетной плоскостью фундамента, град;

Нагрузки, сопротивления:

F_{sa} - сдвигающая сила, кН;

F_{sr} - удерживающая сила, кН;

F_v - сумма проекции всех сил на вертикальную плоскость относительно к оси, проходящей через центр тяжести, кН;

N_u - вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания, кН;

P_γ, P_v - интенсивность давления грунта соответственно горизонтального и вертикального, кН/м²;

G - вес конструкции, грунта, временная нагрузка, кН/м²;

E_r - горизонтальная составляющая пассивного сопротивления грунта, кН/м²;

q - интенсивность равномерно - распределенной нагрузки, кН/м^2 ; $F_{\max}, F_{\min}$ - максимальная и минимальная силы под подошвой фундамента, кН/м^2 ;
 e - эксцентриситет приложения силы, м.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящие методические указания распространяются на проектирование фундаментов отдельно стоящих колонн промышленных зданий, возводимых на естественном основании.

Проектирование фундаментов должно осуществляться на основании:

- чертежей генерального плана (горизонтальной и вертикальной планировки);
- отчета об инженерно-геологических изысканиях;
- технологического задания, содержащего данные о нагрузках и при необходимости особые требования к проектируемой конструкции, например ограничения по деформациям и др.

При проектировании фундаментов колонн должны приниматься конструктивные схемы, обеспечивающие необходимую прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость сооружения в целом, а также отдельных его элементов на всех стадиях возведения и эксплуатации.

По конструктивному решению фундаменты отдельно стоящих колонн подразделяются на сборные (рисунок 1,а) и монолитные (рисунок 1,б) [3].

По форме фундаменты подразделяются на прямоугольные и пирамидальные. По способу изготовления составные и цельные.

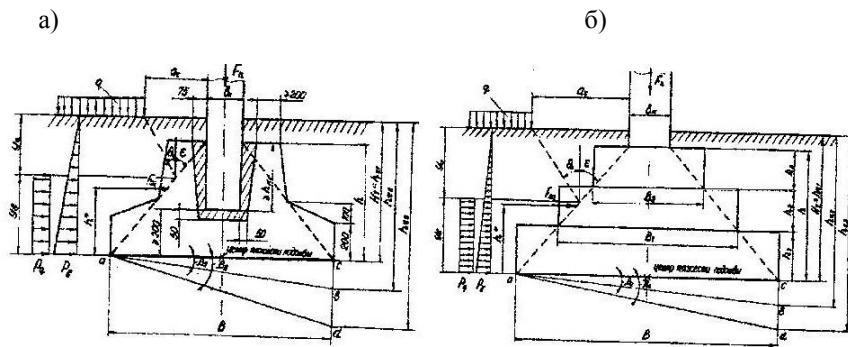


Рисунок 1- Схемы фундаментов: а) сборный цельный пирамидальный;
 б) монолитный цельный ступенчатый

Для монолитных фундаментов следует предусматривать унифицированные опалубочные и габаритные размеры, позволяющие применять типовые арматурные изделия.

В сборных конструкциях фундаментов конструкции узлов и соединений элементов должны обеспечивать надежную передачу усилий, прочность самих элементов в зоне стыка, а также связь дополнительно уложенного бетона в стыке с бетоном конструкции.

В зависимости от принятого конструктивного решения фундаменты могут возводиться из железобетона, бетона, бутобетона. Предъявляются требования к морозостойкости и водонепроницаемости. Для бетонных, железобетонных, бутобетонных фундаментов рекомендуется применять бетоны по прочности на сжатие не ниже класса В15.

2.1. Схемы действия нагрузок на фундамент

На фундамент передаются различные нагрузки от сооружения, окружающего грунта засыпки, подземных вод. Нагрузки могут быть приложены к верхней части фундамента, по обрезу, боковым граням и уступам. По подошве фундамента действует сила сопротивление грунта основания, статические и динамическое противодействие воды.

Нагрузки, приложенные фундаменту, можно привести к следующим типовым схемам (рисунок 2)[1,2].

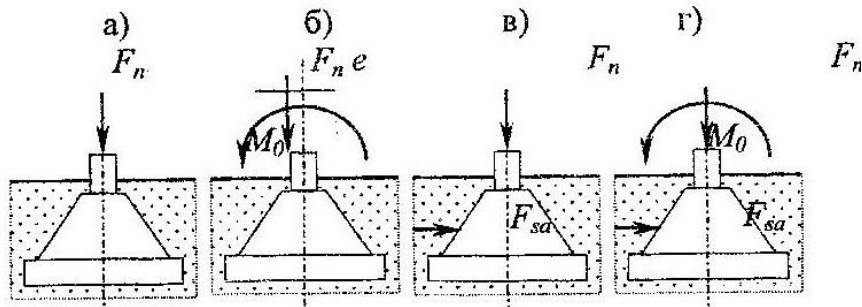


Рисунок 2 - Схемы приложения нагрузок на фундамент: а) на фундамент действует сосредоточенная сила F_n (например, вес колонны, нагрузка от конструкции перекрытия, фермы и т.п.), б) на фундамент передается сосредоточенная сила F_n с эксцентриситетом e , создающая момент M_0 , (например, колонна с консолью, на которую опирается кран); в) на фундамент передается сосредоточенная F_n и горизонтальная F_{sa} силы (например, вес колонны, давление грунта на обрезах); г) на фундамент передается три составляющих: сосредоточенная F_n и горизонтальная F_{sa} силы, момент M_0 (например реакция подпорной стенки)

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Вариант задания определяется преподавателем по номеру пункта приложения А в индивидуальном порядке.

2. В приложении А приведены следующие исходные данные:

- характеристики грунтов основания и засыпки — c^n, φ^n, γ^n ,
- площадь подошвы основания фундамента — F ,
- количество и высота ступеней монолитного фундамента — h_1, h_2, h_3 ,
- общая высота фундамента — h ,
- наличие и количественное значение центральной нагрузки — F_n ,
- наличие и количественное значение равномерно — распределённой нагрузки — q ,
- расстояние от колонны до ближней точки приложения равномерно-распределенной нагрузки — α_r .

3. Методика проектирования базируется на нормативных условиях, которые представляют собой условия безопасности эксплуатации фундамента отдельно стоящей колонны, как строительного элемента несущего остова промышленного здания:

- расчет устойчивости положения фундамента против сдвигающей силы F_{sa} действующей в горизонтальном направлении от собственного веса грунта засыпки $F_{sa,\gamma}$, и от равномерно — распределенной нагрузки $F_{sa,q}$, расположенной на поверхности призмы обрушения (3);
- расчет прочности грунтового основания против действия продавливающих сил в виде суммы проекций всех сил, спроектированных на вертикальную плоскость F_v (26);
- расчет прочности основания фундамента на допускаемые деформации, при условии сопоставления продавливающей силы F_v и краевых давлений на грунт под подошвой фундамента F_{max} с расчетным сопротивлением грунта основания R (33).

Не выполнение, одного из трех условий, является следствием не правильного проектирования фундамента, что требует пересмотра некоторых исходных параметров.

4. Тип фундамента для всех вариантов монолитный ступенчатый. После выполнения всех расчетов построить технический рисунок рассчитанной конструкции фундамента на миллиметровке в масштабе в соответствии с рисунком 3.

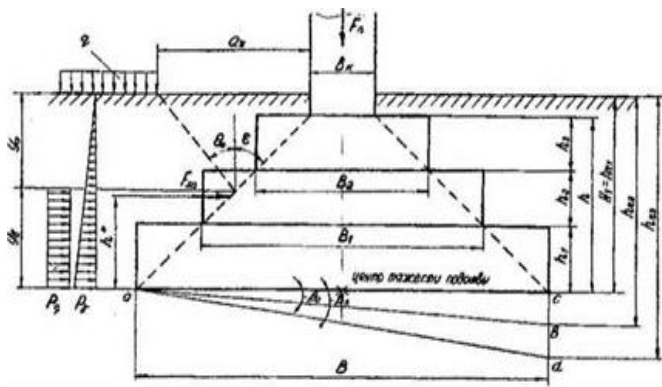


Рисунок 3 - Расчетная схема монолитного ступенчатого фундамента

4. ЗАДАНИЕ НА ПРАКТИЧЕСКУЮ РАБОТУ

4.1. МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНДАМЕНТА НА СДВИГ

Расчет устойчивости фундамента против сдвига производится по первой группе предельных состояний при этом характеристики грунта основания и засыпки соответственно обозначаются как $\gamma_1, \gamma'_1, \varphi_1, \varphi'_1, c_1, c'_1$ [1] и определяются следующим образом:

- характеристики грунта основания ненарушенного сложения γ_1, φ_1, c_1 .

$$\gamma_1 = 1,05 \cdot \gamma^n; \varphi_1 = \varphi^n \cdot \gamma_\varphi; c_1 = c^n / 1,5, \quad (1)$$

где γ_φ - коэффициент надежности по грунту, $\gamma_\varphi = 1,1$ - для песчаных грунтов различной крупности, $\gamma_\varphi = 1,15$ - для глинистых (суглинков) грунтов; γ^n, φ^n, c^n - нормативные характеристики грунта основания (приложение А);

- характеристики грунта засыпки $\gamma'_1, \varphi'_1, c'_1$,

$$\gamma'_1 = 0,95 \gamma_1; \varphi'_1 = 0,9 \varphi_1; c'_1 = 0,5 c_1, \text{ , но не более } 7 \text{ кН/м}^2. \quad (2)$$

Примечание - Для фундаментов с глубиной заложения 3 м и менее предельные значения удельного сцепления грунта засыпки $\dot{c}'_1$ следует принимать не более 5 кН/м². Для фундаментов высотой менее 1,5 м, $\dot{c}'_1$ следует принимать равным нулю.

Расчет устойчивости положения фундамента против сдвига производится по условию:

$$F_{sa} \leq \frac{\gamma_c F_{sr}}{\gamma_n} \quad (3)$$

где F_{sa} - сдвигающая сила, равная сумме проекций всех сдвигающих сил на горизонтальную проекцию (кН); F_{sr} - удерживающая сила, равная сумме проекций всех удерживающих сил на горизонтальную плоскость (кН); γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения, для промышленных зданий $\gamma_n=1,15$; γ_c -коэффициент условий работы грунта основания: для песков, кроме пылеватых - 1; для пылеватых песков, а также пылевато-глинистых грунтов в стабилизированном состоянии - 0,9; для пылевато-глинистых грунтов в нестабилизированном состоянии - 0,85; для скальных грунтов - 1.

Сдвигающая сила от собственного веса грунта засыпки $F_{sa,\gamma}$ определяется по формуле:

$$F_{sa,\gamma} = P_\gamma \cdot H_1 / 2,$$

где H_1 - глубина заложения фундамента (м) (приложение А); P_γ - интенсивность горизонтального активного давления грунта засыпки от собственного веса на глубине H_1 (рисунок 3) определяется как:

$$P_\gamma = \gamma'_1 \cdot \gamma_f \cdot H_1 \cdot \lambda - \dot{c}'_1 (k_1 + k_2), \quad (5)$$

где γ_f - коэффициент надежности по нагрузке; для сплошной - 1,15; для фиксированной - 1,2; для полосовой - 1,1; $\gamma'_1 \dot{c}'_1$ -удельный вес и удельное сцепление грунта засыпки соответственно; λ - коэффициент горизонтального давления грунта; k_1 -коэффициент, учитывающий сцепление грунта по плоскости скольжения призмы обрушения, наклоненной под углом в θ_0 к вертикали; k_2 - коэффициент, учитывающий сцепление

грунта по плоскости продавливания фундамента, наклоненной под углом ε к вертикали.

Коэффициент сцепления грунта по плоскости скольжения призмы обрушения k_1 , определяется по формуле:

$$k_1 = \frac{2\lambda \cdot \cos \theta_0 \cdot \cos \varepsilon}{\sin(\theta_0 + \varepsilon)} \quad (6)$$

где θ_0 - угол наклона плоскости скольжения к вертикали (град); ε - угол наклона расчетной плоскости к вертикали (угол пирамиды обрушения) (град), $\varepsilon = 45^\circ$.

Коэффициент учитывающий сцепление грунта по плоскости, наклоненной под углом ε к вертикали, определяется по формуле:

$$k_2 = \lambda \cdot \frac{\sin(\theta_0 - \varepsilon) \cdot \cos(\theta_0 + \rho)}{\sin \theta_0 \cdot \cos(\rho - \varepsilon) \cdot \sin(\theta_0 + \varepsilon)} + tg \varepsilon, \quad (7)$$

где ρ — угол наклона поверхности засыпки к горизонту (град), $\rho = 0$.

Коэффициент горизонтального давления грунта λ определяется по формуле:

$$\lambda = \left[\frac{\cos(\varphi'_1 - \varepsilon)}{\cos \varepsilon \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi'_1 + \delta) \cdot \sin(\varphi'_1 - \rho)}{\cos(\varepsilon + \delta) \cdot \cos(\varepsilon - \rho)}} \right)} \right]^2, \quad (8)$$

где ε - угол трения грунта засыпки на контакте с расчетной плоскостью фундамента (град): $\delta = 0,5\varphi'_1$ - при расчете по первой группе предельных состояний; $\delta = 0,5\varphi'_{11}$ - при расчете по второй группе предельных состояний.

Угол наклона плоскости скольжения к вертикали в θ_0 определяется по формуле:

$$\theta_0 = \arctg \frac{\cos \varphi'_1 - \sqrt{\lambda}}{\sin \varphi'_1}, \quad (9)$$

где φ'_1 - угол внутреннего трения засыпки (град).

Сдвигающая сила от нагрузки, расположенной на поверхности призмы обрушения $F_{sa,q}$, равна:

$$F_{sa,q} = P_q \cdot y_b, \quad (10)$$

где P_q - интенсивность горизонтального давления грунта от равномерно - распределенной нагрузки q (сплошной, фиксированной, полосовой), расположенной на поверхности призмы обрушения (рисунок 3,4) (кН); y_b ,- протяженность эпюры интенсивности давления грунта от перечисленных выше нагрузок (рисунок 4,б,в) (м).

Для сплошной нагрузки (рисунок 4,а) протяженность эпюры y_b равна: $y_b = H_1$.

Для фиксированной нагрузки (рисунок 4,б): $y_b = H_1 - y_a$, где

y_a - расстояние от поверхности грунта засыпки до начала эпюры интенсивности давления грунта от нагрузки (м) определяется по выражению:

$$y_a = \frac{a_r + (H_1 - h)}{tg\theta_0 + tg\varepsilon} \quad (11)$$

где a_r - расстояние от обреза фундамента до равномерно распределенной нагрузки q (приложение А) (рисунок 3,4) (м); h - общая высота фундамента (м) (приложение А).

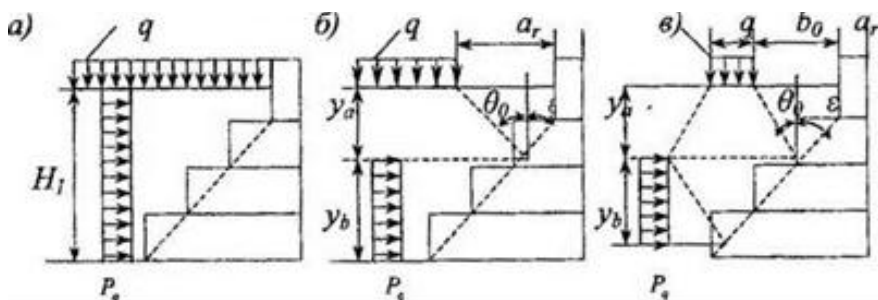


Рисунок 4 - Схемы давления грунта на пирамиду продавливания: а)- от сплошной нагрузки; б)- от фиксированной нагрузки; в)- от полосовой нагрузки

Для полосовой нагрузки (рисунок 4,в) протяженность эпюры давления по высоте y_b определяется как:

$$y_b = \frac{b_0 + 2tg\theta_0 \cdot y_a}{tg\varepsilon + tg\theta_0}, \quad (12)$$

где b_0 - протяженность эпюры действия полосовой нагрузки от подвижного транспорта (ПТ) (рисунок 5) эквивалентное ширине транспортного средства (м) $b_0 = 2,5$ м.

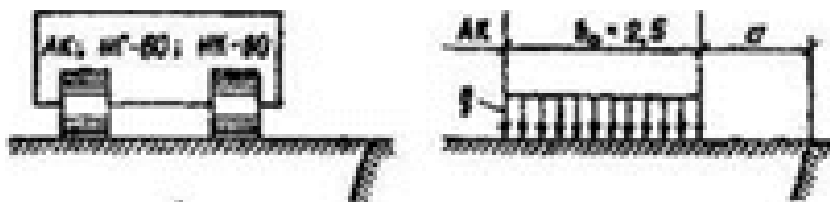


Рисунок 5 - Схема приведения нагрузок от ПТ к эквивалентной полосовой нагрузке

Однако, для полосовой нагрузки y_b может быть принята не более величины $y_b \leq H_1 - y_a$, где определяется по (11).

Интенсивность горизонтального давления грунта P_q от равномерной нагрузки q , расположенной на поверхности призмы обрушения, определяют по зависимостям:

- при сплошной и фиксированном расположении нагрузки q (рисунок 4,а,б).

$$P_q = q \cdot \gamma_f \cdot \lambda \quad (13)$$

- при полосовом расположении нагрузки d (рисунок 4,в).

$$P_q = q \cdot \gamma_f \cdot \lambda / \left(1 + \frac{2tg\theta_0 \cdot y_a}{b_0} \right) \quad (14)$$

где q - интенсивность равномерно - распределенной нагрузки (кН), численные значения для сплошной и фиксированной нагрузки заданы (приложение А), для полосовой нагрузки вычисляется по формуле:

$$q = \frac{K \cdot (10,85 + y_a \cdot tg\theta_0)}{(10,85 + y_a \cdot tg\theta_0) \cdot 2,55}, \quad (15)$$

где K - коэффициент, зависящий от назначения транспортных сетей - $K=1,1 \div 8$, для транспортных сетей промышленных предприятий $K=4$.

Сдвигающая сила F_{sa} определяется как:

$$F_{sa} = F_{sa,\gamma} + F_{sa,q}, \quad (16)$$

где $F_{sa,\gamma}$ - сдвигающая сила от собственного веса грунта засыпки (кН); $F_{sa,q}$ - сдвигающая сила от нагрузки, расположенной на поверхности призмы обрушения (10) (кН).

Расстояние от равнодействующей сдвигающей силы до низа подошвы фундамента h^* (рисунок 3) определяется по зависимости:

$$h^* = \frac{F_{sa,\gamma} \cdot H_1 / 3 + F_{sa,q}(H_1 - y_a - y_b/2)}{F_{sa}} \quad (17)$$

Удерживающая сила F_{sr} , определяется по формуле:

$$F_{sr} = F_v \cdot tg(\varphi'_1 - \beta_1) + B \cdot c'_1 + E_r, \quad (18)$$

где F_v - сумма проекций всех сил на вертикальную плоскость (кН); B - ширина подошвы нижней ступени фундамента (м); E_r - пассивное сопротивление грунта засыпки (кН); φ'_1 - угол внутреннего трения грунта засыпки (град); β_1 - угол наклона поверхности скольжения к горизонтالي (град), $\beta_1 = 0$, $\beta_2 = \varphi_1/2$, $\beta_3 = \varphi_1$, где φ_1 - угол внутреннего трения нарушенного сложения грунта основания.

Сумма проекций всех сил на вертикальную плоскость F_v определяется как:

$$F_v = F_{sa} \cdot tg(\varepsilon + \delta) + G_{st} + F_n + \frac{\gamma'_1 \cdot tg\beta_1 \cdot B^2}{2} \quad (19)$$

где G_{st} - собственный вес фундамента и грунта засыпки на его уступах (кН) определяется по формуле $G_{st} = \gamma_{cp} \cdot V_f + \gamma'_1 \cdot V_{gr}$, где γ_{cp} - объемный вес материала фундамента (кН/м³), $\gamma_{cp}=24$ кН/м³; V_f , V_{gr} - объем

фундамента и грунта засыпки на уступах соответственно (м); F_n - нагрузка, прикладываемая к верхней части фундамента (кН) (приложение А).

Ширина подошвы фундамента В определяется по выражению:

$$B = \sqrt{F}, \quad (20)$$

где F- площадь подошвы фундамента (м²) (приложение А).

Примечание - после вычисления В по таблице 3 принимается типовой размер стороны квадратной подошвы монолитного цельного ступенчатого фундамента в сторону увеличения.

Размеры последующих ступеней монолитного цельного фундамента вычисляются по формулам:

$$B_1 \geq 2(h - h_1) \cdot \operatorname{tg} \varepsilon + b_k, \quad B_2 \geq 2(h - (h_1 + h_2)) \cdot \operatorname{tg} \varepsilon + b_k \quad (21)$$

где b_k - ширина сечения колонны (м), $b_k = 0,4$; h - высота фундамента (м) (приложение А); h_1, h_2 - высоты первой и второй ступени фундамента снизу (м) (приложение А).

Таблица 1 - Типовые размеры фундаментов

Тип	Размер фундамента, мм	
	В	В
Ф-1	1,5	1,5
Ф-2	1,7	1,7
Ф-3	1,9	1,9
Ф-4	2,9	2,9
Ф-5	3,0	3,0

Пассивное сопротивление грунта E_r определяется по зависимости:

$$E_r = \frac{\gamma'_1 \cdot h_{ri}^2 \cdot \lambda}{2} + \frac{c'_1 \cdot h_{ri} \cdot (\lambda_{r-1})}{\operatorname{tg} \varphi'_1} \quad (22)$$

где λ_r - коэффициент пассивного сопротивления грунта засыпки определяется как:

$$\lambda_r = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \frac{\varphi_1}{2}), \quad (23)$$

h_{ri} - высота призмы выпора грунта (рисунок 2) (м) определяется по формуле:

$$h_{ri} = H_1 + B \cdot \operatorname{tg} \beta_1, \quad (24)$$

где B - ширина подошвы фундамента (м), определяется по (20).

Расчет устойчивости фундамента против сдвига должен производиться по (1,2, 4-16, 18-20, 22-24) с проверкой условия (3) для трех значений угла β_1 . Если во всех трех случаях условие (3) выполняется, устойчивость фундамента против сдвига обеспечена.

4.2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ

Расчет прочности грунтового основания производится по первой группе предельных состояний при этом характеристики грунта основания и засыпки обозначаются как $\gamma_1, \gamma_1', \varphi_1, \varphi_1', c_1, c_1'$ и рассчитанные численные значения принимаются из методики проверки устойчивости фундамента на сдвиг[1].

Расчет прочности грунтового основания производится, если выполняется условие:

$$\operatorname{tg} \delta_1 < \sin \varphi_1, \quad (25)$$

$$\text{где } \operatorname{tg} \delta_1 = \frac{F_{sa}}{F_v}.$$

Значение суммы проекций всех сил на вертикальную плоскость F_v определяется согласно (19) для $\beta_1 = 0$.

Если условие (25) не выполняется, расчет прочности грунтового основания не производится.

В противном случае прочность основания обеспечивается, если выполняется условие:

$$Fv \leq \frac{\gamma_c \cdot N_u}{\gamma_n} \quad (26)$$

где N_u - вертикальная составляющая силы предельного сопротивления грунта основания в стабилизированном состоянии (кН) определяется по зависимости:

$$N_u = B' (N_\gamma \cdot B' \cdot \gamma_1 + N_q \cdot \gamma'_1 \cdot H_1 + N_1 + N_c \cdot c_1), \quad (27)$$

где N_r, N_q, N_c - безразмерные коэффициенты несущей способности, определяемые в зависимости от расчетного значения угла внутреннего трения грунта основания φ_1 , и угла наклона к вертикали равнодействующей внешней нагрузки δ_1 на основание в уровне подошвы фундамента (приложение Б); γ_1, c_1 - удельный вес и удельное сцепление ненарушенного сложения грунта основания соответственно; B' - приведенная ширина подошвы фундамента (м) определяется как:

$$B' = B - 2e, \quad (28)$$

где e - эксцентриситет приложения равнодействующих всех сил относительно оси (м), проходящей через центр тяжести подошвы фундамента, определяется, исходя из условия, что расчетное значение не должно превышать $e \leq B/3$, следующим образом:

$$e = \frac{M_0}{F_v}, \quad (29)$$

где M_0 - сумма моментов всех вертикальных и горизонтальных сил относительно оси, проходящей через центр тяжести (кНм), определяется по формуле:

$$M_0 = F_{sa} [h^* - \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta) \cdot (\frac{B}{2} - h^* \cdot \operatorname{tg} \varepsilon)] + M, \quad (30)$$

где M_0 - расстояние от равнодействующей сдвигающей силы до низа подошвы фундамента (м) (17); $M = \sum V_{gr.i} \cdot \gamma'_1 \cdot l_1$, - сумма моментов от грунта засыпки на обрезах фундамента относительно оси фундамента (центра тяжести), для этого необходимо разделить весь объем грунта на обрезах фундамента на элементарные объемы $V_{gr.i}$ определить расстояние l_1 от центра тяжести каждого объема до оси фундамента.

4.3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОСНОВАНИЯ НА ДЕФОРМАЦИИ

Расчет основания на допускаемые деформации производится по второй группе предельных состояний при этом характеристики грунта основания и засыпки соответственно обозначаются как $\gamma_{11}, \gamma'_{11}, \varphi_{11}, \varphi'_{11}, c_{11}, c'_{11}$ [1] и определяются следующим образом:

- характеристики грунта основания ненарушенного сложения $\gamma_{11}, \varphi_{11}, c_{11}$:

$$\gamma_{11} = \gamma^n; \varphi_{11} = \varphi^n; c_{11} = c^n \quad (31)$$

где γ^n, φ^n, c^n - нормативные характеристики грунта основания (приложение А);

- характеристики грунта засыпки $\gamma'_{11}, \varphi'_{11}, c'_{11}$:

$$\gamma'_{11} = 0,95 \cdot \gamma_{11}; \varphi'_{11} = 0,9 \varphi_{11}; c'_{11} = 0,5 \cdot c_{11}, \text{ но не более } 10 \text{ кН/м}^2. \quad (32)$$

Примечание - Для фундаментов с глубиной заложения 3 м и менее предельные значения удельного сцепления грунта засыпки следует принимать не более 7 кН/м². Для фундаментов высотой менее 1,5 м c'_{11} следует принимать равным нулю.

Деформация основания считается удовлетворительным, если выполняется система условий, что сумма всех сил ка вертикальную плоскость, действующая на грунт под подошвой фундамента от выше перечисленных нагрузок, не превышает расчетного сопротивления грунта основания R , а краевые - $1,2R$.

$$\begin{aligned} F_v &< R, \\ F_{max} &< 1,2 \cdot R. \end{aligned} \quad (33)$$

Эпюра напряжений имеет форму трапеции или треугольника (рисунок 6).



Рисунок 6 - Схема для определения давления под подошвой фундамента: а) при малых эксцентриситетах $e < B/6$; б) при больших эксцентриситетах $e > B/6$

Площадь сжатой зоны при треугольной эпюре должна быть не менее 75% общей площади.

Краевые давления на грунт под подошвой фундамента F_{max} , F_{max} , при приложении равнодействующих всех сил с эксцентриситетом e относительно центра тяжести подошвы следует определять по формулам:

$$\text{при } e \leq B/6 \quad F_{max} = \frac{F_v (1 \pm 6e/B)}{B} \quad (34)$$

$$\text{при } e > B/6 \quad F_{max} = \frac{2F_v}{3c_0} \quad (35)$$

где $3c_0$ - длина эпюры по подошве фундамента:

$$c_0 = 0,5 B - e, \quad (36)$$

Расчетное сопротивление грунта основания R ($\text{kH}/\text{м}^2$) определяется как:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot (M_\gamma \cdot B \cdot \gamma_{11} + M_q \cdot H_1 \cdot \gamma'_{11} + M_c \cdot c_{11}) \quad (37)$$

где γ_{c1} , γ_{c2} - коэффициенты условий работ (приложение В);

k - коэффициент, зависящий от прочностных характеристик грунта ϕ и c ; M_γ , M_q , M_c - коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения ϕ_{11} (приложение Г); γ_{11} , γ'_{11} , c_{11} - характеристики грунта основания и засыпки.

Примечание - Дальнейший расчет ведется по предыдущим двум методикам с подстановкой характеристик грунта основания и засыпки для второй группы предельных состояний $\gamma_{11}, \gamma'_{11}, \varphi_{11}, \varphi'_{11}, c_{11}, c'_{11}$.

Интенсивность горизонтального активного давления грунта засыпки P_γ от собственного веса на глубине y , определяются по зависимости (5). Коэффициенты λ, k_1, k_2 принимаются из расчета устойчивости фундамента на сдвиг (6,7,8).

Угол наклона плоскости скольжения к вертикали определяются по выражению (9).

Сдвигающая сила от собственного веса грунта засыпки $F_{sa,\gamma}$ определяется по формуле (4).

Интенсивность горизонтального давления грунта P_q от равномерной нагрузки q , расположенной на поверхности призмы обрушения, определяются по зависимостям (13,14,15).

Протяженность эпюры интенсивности давления грунта γ_b от равномерной нагрузки q определяется по выражениям (11,12).

Сдвигающая сила от нагрузки, расположенной на поверхности призмы обрушения $F_{sa,q}$ определяется по формуле (10).

Сдвигающая сила F_{sa} определяется по зависимости (16).

Расстояние от равнодействующей сдвигающей силы до низа подошвы фундамента h^* определяется по выражению (17).

Сумма проекций всех сил на вертикальную плоскость F_u определяется по формуле (19) для угла наклона поверхности скольжения к горизонтали $\beta_1 = 0$.

Сумма моментов M_0 всех вертикальных и горизонтальных сил относительно оси, проходящей через центр тяжести, определяется по зависимости (30).

Эксцентриситет приложения равнодействующих всех сил относительно оси e , проходящей через центр тяжести подошвы фундамента, определяется по выражению (29).

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению лабораторных работ в вузе, и должен содержать:

1. Титульный лист.
2. Формулировку цели работы.
3. Постановка задачи в соответствии с заданием.
4. Проектирование фундамента отдельно стоящей колонны.
5. Выводы по работе.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислить и охарактеризовать факторы, по которым оценивается безопасность зданий и сооружений.
2. Назвать силы и привести схемы их действия на фундамент.
3. Какие типы фундаментов вы знаете.
4. Перечислить силы и обосновать их действие на фундамент в горизонтальном направлении.
5. Перечислить силы и обосновать их действие на фундамент в вертикальном направлении.
6. Перечислить и обосновать основные положения методики расчета на сдвиг.
7. Перечислить и обосновать основные положения методики расчета прочности грунтового основания.
8. Перечислить и обосновать основные положения методики расчета основания на допускаемые деформации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирования подпорных стен и стен подвалов /Центр н.-и. и проект. ин-т. пром. зданий и сооружений. - Мл Стройиздат. 1990, -104 с.
2. СНиП 2.02.01 - 83. Основания зданий и сооружений.- М.: Стройиздат, 1983 г.
3. СНиП 2.09.03 - 85. Сооружения промышленных зданий. - М.: Стройиздат, 1985 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 - Варианты заданий

№	Характеристики грунтов основания и засыпки	Площадь подошвы основания фундамента г, м ² .	Общая высота и высоты ступеней фундамента h, ($h_1 + h_2 + h_3$), м
1	гравелистый и	1,9	0,6, (0,3+0,3)
2	крупный песок	2,6	0,7, (0,4+0,3)
3	$c^n = 2 \kappa H / \text{м}^2$;	3,5	0,8, (0,4+0,4)
4	$\varphi^n = 43^\circ$;	4,8	0,9, (0,3+0,3+0,3)
5	$\gamma^n = 18 \kappa H / \text{м}^3$;	6,4	1, (0,4+0,3+0,3)
6	$E = 50 MH / \text{м}^2$;	8,9	1,1, (0,4+0,4+0,3)
7	Средней		0,6, (0,3 + 0,3)
8	крупности песок-	1,5	0,7, (0,4+ 0,3)
9	$c^n = 3 \kappa H / \text{м}^2$;	2,2	0,8, (0,4+ 0,4)
10	$\varphi^n = 40^\circ$;	2,8	0,9, (0,3+0,3+0,3)
11	$\gamma^n = 18 \kappa H / \text{м}^2$;	3,6	1, (0,4+0,3+0,3)
12	$E = 50 MH / \text{м}^2$.	4	1,1, (0,4+0,4+0,3)
		4,4	
13	мелкий песок	1,9	0,6, (0,3+0,3)
14	$c^n = 6 \kappa H / \text{м}^2$;	2,6	0,7, (0,4+ 0,3)
15	$\varphi^n = 38^\circ$;	3,5	0,8, (0,4 + 0,4)
16	$\gamma^n = 18 \kappa H / \text{м}^2$;	4,8	0,9, (0,3+0,3+0,3)
17	$E = 48 MH / \text{м}^2$.	6,4	1, (0,4+0,3+0,3)
18		8,9	1,1,(0,4+0,4+0,3)
19	Суглинок	1,5	0,6, (0,3+0,3)
20	$c^n = 39 \kappa Я$	2,2	0,7, (0,4+ 0,3)
21		2,8	0,8, (0,4+ 0,4)
22	$\varphi^n = 24^\circ$;	3,6	0,9, (0,3+0,3+0,3)
23	$\gamma^n = 18 \kappa H / \text{м}^2$;	4	1, (0,4+0,3+0,3)
24	$E = 35 MH / \text{м}^2$.	4,4	1,1, (0,4+0,4+0,3)

Продолжение таблицы А. 1

№ вар.	Глубина заложения фундамента, H_1 , м	Центрально действующая нагрузка на фундамент,	Характер и значение нагрузка q , кН/ м ²	Расстояние a_r , м
1 2 3 4 5 6	0,9 1 1,1 1,2 1,3 1,4	900	фиксированная, 9,81	0,4
7 8 9 10 11 12	1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0	1200	-полосовая, расчетная	0,5
13 14 15 16 17 18	0,9 1 1,1 1,2 1,3 1,4	1500	фиксированная, 9,81	0,7
19 20 21 22 23 24	1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0	1800	сплошная, 9,81	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 - Коэффициенты несущей способности N_r, N_q, N_c

Угол (град)	Коэффици- енты	Коэффициенты N_f, N_d, N_c , при угле наклона α (град) равном						
		0	5	10	15	20	25	30
0	N_r	0	-	-	-	-	-	-
	N_d	1	-	-	-	-	-	-
	K	5,14	-	-	-	-	-	-
5	N_r	0,2	0,05	-	-	-	-	-
	N_q	1,59	1,26	-	-	-	-	-
	N_c	6,49	2,93	-	-	-	-	-
10	N_r	0,6	0,42	0,12	-	-	-	-
	N_q	2,47	2,16	1,6	-	-	-	-
	N_c	8,34	6,57	3,38	-	-	-	-
15	N_y	1,35	1,02	0,61	0,21	-	-	-
	N_q	3,94	3,45	2,84	2,06	-	-	-
	N_c	10,98	9,13	6,88	3,94	-	-	-
16	N_y	1,66	1,25	0,78	0,33	0,07	-	-
	N_d	4,43	3,87	3,2	2,38	0,54	-	-
	N_c	11,75	9,81	7,51	4,61	0,93	-	-
17	N_y	1,96	1,48	0,95	0,45	0,14	-	-
	N_q	4,92	4,29	3,26	2,69	1,08	-	-
	N_c	12,52	10,49	8,14	5,27	1,86	-	-
18	N_y	2,27	1,72	1,13	0,58	0,22	-	-
	N_q	5,42	4,72	3,92	3,01	1,61	-	-
	K	13,3	11,17	8,76	5,93	2,79	-	-
19	N_y	2,57	1,95	1,3	0,7	0,29	-	-
	N_q	5,91	5,14	4,28	3,32	2,15	-	-
	N_c	14,07	11,85	9,39	6,6	3,72	-	-
20	N_r	2,88	2,18	1,47	0,82	0,36	-	-
	N_q	6,4	5,56	4,64	3,64	2,69	-	-
	N_c	14,84	12,53	10,02	7,26	4,65	-	-
21	N_y	3,48	2,64	1,81	1,06	0,5	0,12	-
	N_d	7,25	6,28	5,24	4,14	3,07	0,72	-
	K	16,02	13,53	10,87	8,01	5,26	1,12	-
22	N_r	4,08	3,11	2,15	1,29	0,64	0,23	-
	N_q	8,11	7,01	5,84	4,64	3,45	1,44	-
	N_c	17,19	14,53	11,72	8,75	5,86	2,23	-

Продолжение таблицы Б. 1

23	N_r	4,67	3,57	2,5	1,53	0,77	0,35	-
	N_a	8,96	7,3	6,45	5,13	3,83	2,16	-
	N_c	18,37	15,53	12,56	9,5	6,47	3,35	-
24	N_v	5,27	4,04	2,84	1,77	0,91	0,46	-
	N_q	9,81	8,45	7,05	5,63	4,2	2,88	-
	K	19,54	16,53	13,41	10,24	7,07	4,46	-
25	N_r	5,87	4,5	3,18	2	1 ns	n SR	-
	N_a	10,56	9,17	7,65	6,13	4,58	3,6	-
	N_c	20,72	17,53	14,26	10,99	7,68	5,58	-
26	N_r	7,17	5,49	3,89	2,49	1,37	0,72	0,19
	N_a	12,21	10,46	8,71	6,98	5,26	4,01	0,99
	N_c	22,61	19,09	15,54	12,04	8,35	6,08	1,37
27	N_r	8,48	6,46	4,59	2,98	1,68	0,86	0,38
	N_a	13,76	11,75	9,77	7,83	5,93	4,43	1,98
	K	24,49	20,65	16,83	13,09	9,43	6,58	2,74
28	N_r	9,78	7,46	5,3	3,46	2	1,01	0,57
	N_a	15,3	13,05	10,82	8,67	6,61	4,84	2,97
	N_c	26,27	22,22	18,11	14,13	10,3	7,09	4,11
29	N_r	11,09	8,44	6	3,95	2,31	1,15	0,76
	N_q	16,85	14,34	11,88	9,53	7,28	5,26	3,96
	N_c	28,26	23,78	19,4	15,18	11,18	7,59	5,48
30	N_r	12,39	9,43	6,71	4,44	2,63	1,3	0,95
	N_q	18,4	15,63	12,94	10,37	7,96	5,67	4,95
	N_c	30,14	25,34	20,68	16,23	12,05	8,09	6,85

Примечание. 1. При промежуточных значениях φ_1 и δ_1 коэффициенты N_r, N_q, N_c допускается определять по интерполяции. 2. Значения N_r, N_q, N_c при $\varphi_1 > 30^\circ$ принимаются как для $\varphi_1 = 30^\circ$

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 - Коэффициенты условий работы γ_{c1}, γ_{c2}

Грунты	Коэффициент γ_{c1}	Коэффициент γ_{c2}
Крупнообломочные с песчаным заполнителем и песчаные, кроме мелких и пылевато-песчаных	1,4	1,2
Пески мелкие пылеватые	1,3	1,1
Пылевато-глинистые	1,2	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г. 1 – Коэффициенты M_r, M_q, M_c

Угол φ_{11} (град)	Коэффициенты			Угол φ_{11} (град)	Коэффициенты		
	M_r	M_q	M_c		M_r	M_q	M_c
0	0	1	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	6,9
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	7,4
6	0,1	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	2,3	4,84	38	2,11	9,44	10,8
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	2,38	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	14,5	13,98
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТА ОТДЕЛЬНО СТОЯЩЕЙ КОЛОННЫ

Методические указания

Редактор – *О.В. Дмитриева*

Составители: **Ничкова** Лариса Александровна,
Хоменко Тамара Юрьевна

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»