

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра оснований, фундаментов, динамики сооружений
и инженерной геологии

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Новые технологии выполнения работ при возведении подземных частей зданий»
для направления 08.04.01 «Строительство»

Казань

2016

Составитель: Хасанов Р.Р.

УДК 624.15,
ББК 38.58,
ISBN 5-7829-0058-X

Учебно-методическое пособие к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Новые технологии выполнения работ при возведении подземных частей зданий» для направления 08.04.01 «Строительство». Сост.: Хасанов Р.Р. – Казань, КГАСУ, 2016. – 26 с.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

В учебно-методическом пособии изложены общие принципы и последовательность выполнения расчетно-графической работы по дисциплине.

Учебно-методическое пособие предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство»/

Рецензент: Директор ООО «НППФ Фундаментспецремонт»,
канд. техн. наук **И.Ф.Шакиров**

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2016

© Хасанов Р.Р., 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	5
2. СОСТАВ ЗАДАНИЯ.....	5
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	7
4. ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА	8
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФУНДАМЕНТА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ	9
6. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МАССИВА ГРУНТА ПРИ РАБОТЕ ФУНДАМЕНТА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ	15
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	18
Приложение 1	19
Приложение 2	23
Приложение 3	24

ВВЕДЕНИЕ

Рост объемов и масштабов подземного строительства в крупных городах, развивающихся как культурно-исторические и торгово-промышленные центры, наблюдается сегодня во всем мире. Связан он с непрерывно возрастающей концентрацией населения в этих городах и непрерывным ростом численности автомобильного парка, которые порождают практически все наиболее острые современные городские проблемы – территориальные, транспортные, экологические, энергетические.

Мировая практика градостроительства свидетельствует, что одним из наиболее эффективных путей решения этих проблем является комплексное освоение подземного пространства, в котором могут размещаться сооружения различного назначения.

Сложность и высокий уровень ответственности подземных сооружений, значительное влияние их возведения в условиях плотной городской застройки на существующие окружающие объекты выдвигает целый ряд требований, которые необходимо учитывать при планировании, проектировании и строительстве этих сооружений. Применяемые конструктивные решения и технологии возведения подземных сооружений должны обеспечивать сохранность и нормальные условия эксплуатации окружающих наземных и подземных объектов. Для решения этой задачи необходимо проводить математическое моделирование изменения напряженно-деформированного состояния грунтового массива, вмещающего в себя подземное сооружение.

К настоящему времени научными, проектными и строительными организациями уже накоплен большой опыт успешной реализации весьма сложных проектов подземного строительства. Созданы новые прогрессивные конструктивные и технологические решения подземных объектов, разработаны методы расчета и численного моделирования поведения возводимого подземного объекта. Сегодня большое значение приобретает научно-техническое сопровождение городского подземного строительства, которое в последние годы стало одной из главных составляющих системы обеспечения его безопасности и надежности.

Одновременно с изучением программного теоретического материала по дисциплине «Новые технологии выполнения работ при возведении подземных частей зданий» учебный план предусматривает выполнение магистрантами расчетно-графической работы. Выполнение данной работы является одним из ответственных звеньев учебного процесса и имеет цель закрепить полученные студентами теоретические знания, а также должно способствовать умелому применению этих знаний при инженерном решении задач проектирования оснований, фундаментов и подземных сооружений с использованием новых достижений в области расчета и конструирования конструкций подземных частей и фундаментов глубокого заложения.

1. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Задание содержит:

1. Данные о строительной площадке.
 - а) схема строительной площадки с указанием отметок и точек бурения скважин;
 - б) инженерно-геологический разрез с указанием мощности слоев, уровня грунтовых вод;
 - в) таблицы результатов лабораторных определений физико-механических характеристик грунтов по слоям.
2. Данные о здании.
 - а) характеристики возводимого высотного здания (этажность, размеры в плане, размеры сечения колонн и стен);
 - б) нагрузки на фундамент;
 - в) класс бетона конструкций подземной части.

Расчетно-графическая работа выполняется по индивидуальному заданию, соответствующему шифру, который присваивается преподавателем. Исходные данные здания принимаются по табл. 1 настоящих методических указаний. Данные о строительной площадке выдаются преподавателем на отдельном бланке.

2. СОСТАВ И ОБЪЕМ РАБОТЫ

Расчетно-графическая работа должна содержать подробную расчетно-пояснительную записку и чертежи, размещенные на одном листе формата А3.

Листы расчетно-пояснительной записки должны иметь сквозную нумерацию и быть сброшюрованы. Расчеты необходимо сопровождать ссылками на соответствующую техническую литературу. Список использованной литературы следует размещать в конце расчетно-пояснительной записки.

2.1. Расчетная часть

1. Оценка инженерно-геологических условий площадки строительства.
2. Назначение предварительной глубины заложения «стены в грунте» и буровых опор.
3. Расчет траншейной «стены в грунте» на вертикальную нагрузку как фундамента глубокого заложения.
4. Расчет несущей способности буровых опор.
5. Расчет комбинированного свайно-плитного фундамента с учетом совместной работы со «стеной в грунте» в составе ФГЗ.
6. Оценка напряженно-деформированного состояния окружающего массива грунта при работе ФГЗ.

2.2. Графическая часть

1. План подземной части здания.
2. Разрез по подземной части здания.
3. Изополя вертикальных нормальных напряжений в грунте.
4. Изополя вертикальных деформаций грунтового массива.
5. Эпюры изгибающих моментов в «стене в грунте» и плитном ростверке.

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1

№ варианта	Краткое описание высотного здания							Нагрузка по I группе предельных состояний			Класс бетона
	этажность	толщина плиты-ростверка, м	диаметр колонн подземной части, d, м	толщина наружных стен подземной части, м	количество шагов по (буквенным осям) / (цифровым осям)	шаг по буквенным осям, м	шаг по цифровым осям, м	от колонны на уровне обреза плитного ростверка, МН	погонная нагрузка на наружные стены, МН/м	от всего здания, с учетом веса плитного ростверка, МН	
1	50	1,20	0,9	0,6	5/5	5,8	5,8	19	2,0	850	B30
2	45	1,10	0,8	0,5	4/4	5,5	5,5	15	1,5	390	B25
3	35	0,90	0,7	0,4	3/3	5,0	5,0	10	1,2	190	B20
4	48	1,15	0,8	0,5	4/4	5,5	5,5	16	1,8	420	B25
5	42	1,00	0,8	0,5	3/3	5,0	5,0	12	1,4	230	B25
6	55	1,50	1,0	0,7	5/5	6,0	6,0	22	2,2	960	B30
7	52	1,50	0,9	0,6	5/5	6,0	6,0	21	2,1	950	B30
8	50	1,15	0,9	0,6	5/5	5,6	5,6	19	2,0	848	B30
9	45	1,20	0,8	0,5	4/4	5,4	5,4	15	1,6	385	B25
10	35	1,00	0,7	0,4	3/3	4,8	5,0	9,8	1,3	185	B20
11	40	0,90	0,8	0,5	3/3	5,0	4,8	11	1,35	218	B20
12	48	1,10	0,8	0,5	4/4	5,5	5,5	17	1,9	450	B25
13	42	1,05	0,8	0,5	3/3	5,0	5,0	13	1,56	240	B20
14	55	1,60	1,0	0,7	5/5	6,0	6,0	23	2,3	980	B30
15	52	1,55	0,9	0,6	5/5	6,0	6,0	25	2,5	975	B30
16	36	0,90	0,8	0,7	4/4	5,5	5,8	16	1,8	230	B20
17	51	1,15	1,0	0,6	3/3	5,0	5,5	12	1,4	960	B25
18	49	1,00	0,9	0,6	5/5	5,5	5,0	22	2,2	950	B25
19	33	1,50	0,9	0,5	5/5	5,0	5,5	21	1,9	848	B30
20	60	1,50	0,8	0,4	5/5	6,0	5,0	19	1,56	420	B20
21	41	1,15	0,7	0,5	4/4	5,4	6,0	19	2,3	230	B20
22	45	1,20	0,8	0,5	3/3	4,8	6,0	15	2,5	960	B25
23	39	1,00	0,8	0,5	3/3	5,0	5,6	10	1,2	950	B20
24	55	0,90	0,8	0,7	4/4	5,5	5,4	16	1,8	850	B25
25	57	0,8	1,0	0,6	3/3	6,0	5,3	12	1,4	390	B30

Примечания:

- 1) Количество подземных этажей для всех вариантов принять равным 3.
- 2) Высота наземных и подземных этажей – 3 м.

4. ОЦЕНКА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЛОЩАДКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

4.1. Общие положения

Оценка инженерно-геологических условий площадки строительства заключается в уточнении наименований каждого инженерно-геологического элемента (ИГЭ), представленного на бланке грунтовых условий площадки строительства, а также в определении производных и классификационных характеристик грунтов по ГОСТ 25100-95 и начального расчетного сопротивления R_0 .

Вычисление производных характеристик грунтов осуществляется для всех ИГЭ сверху вниз по геологическому разрезу по одной из скважин.

4.2. Классификация грунтов

Для песчаных грунтов:

а) по гранулометрическому составу определяется вид песчаного грунта по крупности;

б) находится коэффициент пористости по формуле

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + W) - 1; \quad (1)$$

в) в зависимости от вида песчаного грунта по крупности и коэффициента пористости определяется его состояние по плотности сложения;

г) определяется значение коэффициента водонасыщения по формуле

$$S_r = \frac{W\rho_s}{\rho_w e}, \quad (2)$$

по которому дается определение водонасыщенности песчаного грунта;

д) определяется условное расчетное сопротивление песчаного грунта R_0 по СНиП 2.02.01-83*.

Для глинистых грунтов:

а) определяется число пластичности I_p

$$I_p = W_L - W_p, \quad (3)$$

по величине которого уточняется вид глинистого грунта;

б) находится показатель текучести

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p}, \quad (4)$$

по величине которого определяется консистенция глинистого грунта;

в) определяется коэффициент водонасыщения глинистого грунта S_r ;

г) определяется коэффициент пористости e ;

д) определяется условное расчетное сопротивление глинистого грунта R_0 по СНиП 2.02.01-83*.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ФУНДАМЕНТА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

5.1. Общие положения

В расчетно-графической работе рассматривается полузакрытый способ возведения подземной части здания по технологии «сверху-вниз», т.е. под защитой подземных междуэтажных перекрытий, как наиболее современный и прогрессивный. При этом наружные стены подземной части здания возводятся методом «стена в грунте», а колонны (буровые опоры) подземной части возводятся буронабивным способом.

После возведения «стены в грунте» и буровых опор начинается разработка грунта внутри сооружения, которая ведется поярусно с параллельным возведением подземных междуэтажных перекрытий по технологии «сверху-вниз». В последнюю очередь бетонируется фундаментная плита-ростверка.

По завершении разработки грунта внутри сооружения верхняя часть буронабивных свай (выше плитного ростверка) выполняет функции колонны каркаса подземной части здания, а нижняя часть работает как обычная буронабивная свая. Для повышения несущей способности буровых опор под нижним концом свай-колонн может быть выполнено уширение с использованием технологии струйной цементации.

При такой схеме устройства подземной части нагрузка от здания будет восприниматься как за счет работы фундаментной плиты-ростверка и буровых опор, так и за счет работы «стены в грунте» (за счет бокового и лобового сопротивлений), т.е.

$$F = F_{pl} + N_D^{cg} \cdot n + N_D^{cm} \cdot l_{cm} \quad (5)$$

где F – общая несущая способность фундамента глубокого заложения;

F_{pl} – нагрузка, воспринимаемая грунтом под плитным ростверком;

N_D^{cg} – нагрузка, воспринимаемая одной буровой опорой (сваей);

n – количество буровых опор;

N_D^{cm} – нагрузка, воспринимаемая 1 п.м. «стены в грунте» (траншейной стены);

l_{cm} – общая длина траншейной стены по всему периметру здания.

Требуемые глубины «стены в грунте» (траншейной стены) и «буровой опоры» определяются расчетом по несущей способности.

5.2. Определение несущей способности буровых опор (свай)

При назначении предварительной длины буровых опор следует учитывать следующие положения:

- 1) длину свай (буровых опор) ниже подошвы ростверка рекомендуется принимать в интервале $(0,5 \div 1,0)B$ (где B – ширина ростверка);
- 2) за опорный слой по возможности следует принимать инженерно-

геологические элементы с большим значением модуля деформации ($E \geq 20 \div 30$ МПа).

Диаметр буровых опор ниже подошвы ростверка принимается на $20 \div 30$ см больше диаметра колонн подземной части здания (диаметр колонн указан в табл.1 исходных данных).

Для выбранного размера сваи (буровой опоры) по формуле (7.8) СП 50-102-2003 определяется ее расчетная несущая способность по формуле

$$F_d^{cb} = \gamma_c (\gamma_{cR} RA + u \sum \gamma_{cf} f_i h_i), \quad (6)$$

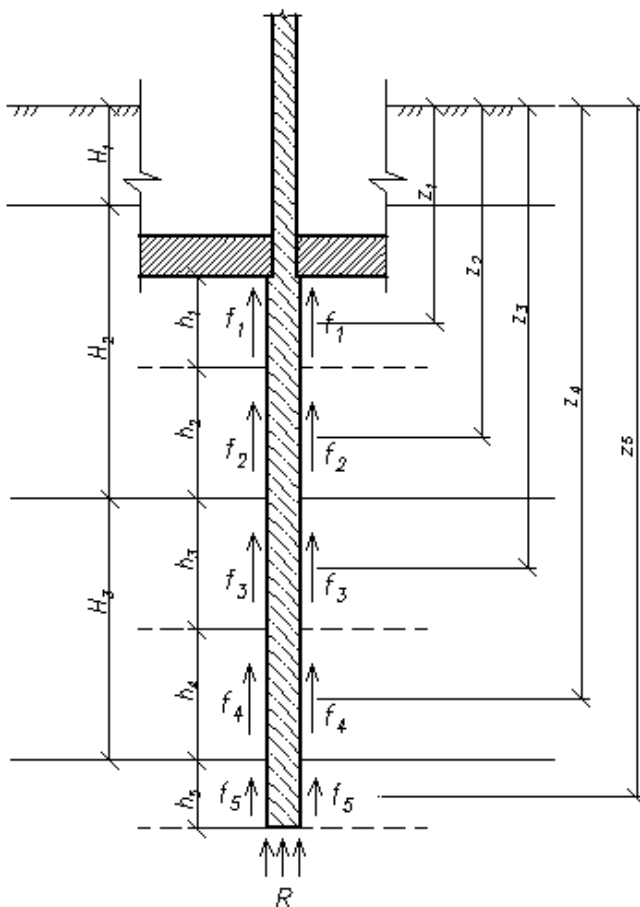
где γ_c – коэффициент условий работы сваи в грунте, принимаемый равным в случае опирания ее на глинистые грунты со степенью влажности $S_r < 0,9$ и на лессовые грунты $\gamma_c = 0,8$, в остальных случаях – $\gamma_c = 1$;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, принимаемое в случае опирания сваи (буровой опоры) на глинистые грунты по таблице 7.7 СП 50-102-2003 (табл.1.1 Прил.1), в случае опирания свай на песчаные грунты – по формуле

$$R = 0,75 \alpha_4 (\alpha_1 \gamma'_1 d + \alpha_2 \alpha_3 \gamma_1 h), \quad (7)$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 1.3 Прил.1;

γ'_1 – расчетное значение удельного веса грунта в основании сваи, кН/м^3 ;



γ – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, расположенных выше нижнего конца сваи, кН/м^3 ;

d – диаметр сваи, м;

h – глубина заложения нижнего конца сваи, отсчитываемая от природного рельефа или уровня планировки, м;

A – площадь опирания сваи на грунт, кПа ;

u – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, принимаемое по таблице 7.2 СП 50-102-2003 (табл.1.2 Прил.1), кПа ;

Рис. 1. К расчету несущей способности буровой опоры (сваи)

- h_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м (при мощности слоя $h_i > 2$ м рассматриваемую толщину следует разбивать на слои толщиной не более 2 м);
- γ_{cR} – коэффициент условий работы грунта под нижним концом сваи;
 $\gamma_{cR} = 1$,
- γ_{cf} – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, принимаемый по табл. 7.5 СП 50-102-2003 (табл. 1.4 Прил.1).

Расчетная нагрузка N_D , допускаемая на сваю, определяется по формуле

$$N_D^{cb} = \frac{F_d^{cb}}{\gamma_k} \quad (8)$$

где γ_k – коэффициент надежности, принимаемый равным $\gamma_k = 1,4$.

5.3. Определение несущей способности траншейных стен (стен в грунте) на вертикальную нагрузку

Предварительно глубину траншейных стен ниже подошвы ростверка следует принимать из расчета $0,5H$ (где H – общая высота подземной части здания), а также за опорный слой по возможности следует принимать инженерно-геологические элементы с большим значением модуля деформации ($E \geq 20 \div 30$ МПа).

Несущую способность 1 п.м. траншейных стен при вертикальном нагружении можно определять по аналогии с буровыми опорами (сваями), с учетом уменьшения сил трения и сцепления на контакте «стена – грунтовый массив» (рис.2)

$$F_d^{cm} = \gamma_c \left(\gamma_{cR} R A + \sum_{i=1}^n u_i \gamma_{cfi} f_i h_i \right) \quad (9)$$

где γ_c – коэффициент условий работы стены в грунте; в случае опирания ее на пылевато-глинистые грунты со степенью влажности $S_p < 0,9$ и на лессовые грунты $\gamma_c = 0,8$, в остальных случаях $\gamma_c = 1$;

$\gamma_{cR} = 1$ – коэффициент условий работы грунта под нижним концом стены;

R – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, принимаемое в случае опирания сваи (буровой опоры) на глинистые грунты по таблице 7.7 СП 50-102-2003 (табл.1.1 Прил.1), в случае опирания свай на песчаные грунты – по формуле (7)

A – площадь поперечного сечения 1 п.м. стены;

u_i – ширина расчетного участка стены, соприкасающегося с грунтом;

γ_{cfi} – коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности стены, зависящий от технологии устройства и материала стены, принимаемый по табл. 1.5 Прил. 1 настоящих методических указаний согласно рекомендациям [11];

f_i – расчетное сопротивление i -го слоя грунта на боковой поверхности стены, принимаемое по табл. 7.2 СП 50-102-2003 (табл.1.2 Прил.1);
 h_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью стены, м (при мощности слоя $h_i > 2$ м рассматриваемую толщину следует разбивать на слои толщиной не более 2м).

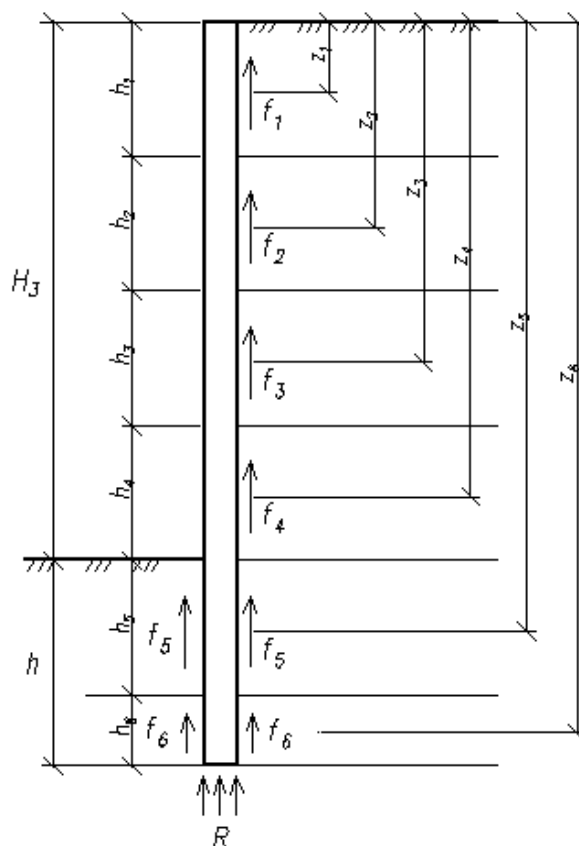


Рис. 2. Расчетная схема к определению несущей способности траншейной стены на вертикальную нагрузку

Расчётная вертикальная нагрузка, допускаемая на 1 п.м стены, при этом определится по выражению

$$N_D^{cm} = \frac{F_d^{cm}}{\gamma_k} \quad (10)$$

При необходимости длина (глубина) траншейной стены и буровой опоры (сваи) может быть пересмотрена в сторону увеличения для повышения их несущей способности.

5.4.Определение несущей способности основания под подошвой фундаментной плиты-ростверка

Предельная нагрузка, воспринимаемая грунтом, залегающим непосредственно под фундаментной плитой, при условии равномерного распределения напряжений определится по формуле

$$F_{pl.} = R \cdot A_{pl}, \quad (11)$$

где R – расчетное сопротивление грунта, залегающего под подошвой плиты-ростверка, кПа;

A_{pl} – площадь нетто подошвы плиты-ростверка, м².

Расчетное сопротивление грунта основания под подошвой плитного фундамента определяется по выражению [4]

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{\kappa} \cdot \left[M_{\gamma} \cdot \kappa_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma''_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II} \right] \quad (12)$$

где γ_{c1} и γ_{c2} – коэффициенты условий работы, принимаемые по табл. 3 [4] или табл. 3.1. Прил. 3 настоящих методических указаний;

κ – коэффициент, принимаемый равным: $\kappa = 1$, если прочностные характеристики грунта (φ и c) определены непосредственными испытаниями, и $\kappa = 1,1$, если они приняты по [4];

M_{γ} , M_q , M_c – коэффициенты, принимаемые по табл. 4 [4] или табл. 3.2.

Прил. 3 настоящих методических указаний;

b – ширина подошвы плитного фундамента;

κ_z – коэффициент, при $b > 10$ м определяемый по формуле $\kappa_z = z_0 / b + 0,2$ (здесь $z_0 = 8$ м);

γ_{II} – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих ниже подошвы фундамента;

γ'_{II} – то же, залегающих выше подошвы;

c_{II} – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента;

d_1 – глубина заложения фундаментов бесподвальных зданий от уровня планировки;

d_b – расстояние от уровня планировки до пола подвала.

Однако в случае свайно-плитного фундамента на плиту-ростверк передается только часть общей нагрузки. Расчет для нахождения этой нагрузки производится на основе определения частных значений жесткости всех свай и ростверка, коэффициента их взаимодействия и коэффициента жесткости всего фундамента:

а) определяют жесткость всех свай K_p по формуле

$$K_p = \frac{K_1 n}{R_s} \quad (13)$$

где K_1 – жесткость одной сваи, определяемая как $K_1 = E_{SL} d / I_s$;

n – общее число свай в фундаменте;

E_{SL} – модуль общей деформации грунта, залегающего под ножным торцом сваи;

R_s – см. таблицу 2.1 Прил.2 настоящих методических указаний.

Коэффициент I_s определяют по формуле

$$I_s = \frac{2,6}{l/d + 4}, \quad (14)$$

где l и d – соответственно, длина и диаметр буровой опоры (сваи).

б) определяют жесткость плиты K_c по формуле

$$K_c = \frac{E_s \sqrt{A}}{(1 - \nu^2) m_0}, \quad (15)$$

где E_s – средний модуль деформации грунта на глубине до B (B – ширина плиты-ростверка), кПа;

A – площадь плиты-ростверка ($A = BL$, где L – длина плиты), м²;

ν – коэффициент Пуассона грунта;

m_0 – коэффициент площади, зависящий от отношения L/B (см. табл. 2.2 Прил.2);

в) вычисляют общую жесткость фундамента K_f по формуле

$$K_f = K_p + K_c. \quad (16)$$

При этом величина нагрузки, передаваемой на плиту-ростверк, составит

$$F_{pl} = \frac{K_c}{K_f} \sum P, \quad (17)$$

где $\sum P$ – суммарная нагрузка от здания (по табл.1).

Для расчета общей несущей способности фундамента глубокого заложения по формуле (5) принимается меньшее из значений F_{pl} , определенных по формулам (11) и (17).

5.5. Проверка несущей способности фундамента глубокого заложения

Несущая способность фундамента глубокого заложения проверяется по условию

$$F \geq \sum P. \quad (18)$$

где F – общая несущая способность фундамента глубокого заложения, определяемая по формуле (5);

$\sum P$ – суммарная нагрузка от здания.

При невыполнении условия (18) необходимо повысить несущую способность фундамента глубокого заложения следующими способами:

- увеличением длины и/или диаметра буровых опор;
- выполнением уширения под нижним торцом буровой опоры;
- увеличением глубины и/или толщины траншейной стены.

6. ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕГО МАССИВА ГРУНТА ПРИ РАБОТЕ ФУНДАМЕНТА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

6.1. Общие положения

Возведение подземной части и фундамента здания полузакрытым способом является современным и наиболее прогрессивным по сравнению с другими методами, и поэтому представляет особый интерес оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива вокруг такого «фундамента глубокого заложения».

Для решения этой задачи необходимо создать конечноэлементную модель подземного сооружения, находящегося в многослойном грунтовом массиве с использованием одного из современных расчетных комплексов (ЛИРА, SCAD, PLAXIS, MOHOMAX и т.п.).

6.2. Создание расчетной модели в расчетном комплексе ЛИРА 9.2

Для расчета создается расчетная схема модели подземной части и фундаментов здания в грунтовом массиве в следующей последовательности:

1. Для создания модели грунта в разделе «Создание плоских фрагментов и сетей» выбирается вкладка «Генерация балки-стенки» и задаются ее характеристики (высота балки стенки должна быть не менее суммы мощностей всех слоев грунта основания).

2. Полученной балке-стенке присваивается 281-ый конечный элемент (КЭ) «Грунт», и задаются характеристики грунта для каждого слоя.

3. В верхней части грунтового массива (балки-стенки) вырезается ячейка с размерами равными размерам подземной части здания.

4. В полученной ячейке с помощью функции «Добавление узлов и элементов» создается модель подземной части и фундаментов здания.

5. При помощи вкладки «Задание жесткостей» задаются жесткостные и геометрические характеристики элементов конструкций.

6. При помощи вкладки «Нагрузки на узлы и элементы» задаются действующие нагрузки.

7. Выполняется расчет.

По результатам расчета должны быть установлены и построены:

- деформации основания и окружающего массива грунта;
- мозаика вертикальных и горизонтальных нормальных напряжений в грунтовом массиве;
- эпюры изгибающих моментов в наружных стенах, подземных междуэтажных перекрытиях и плитном ростверке.

8. Путем экспортирования результатов расчета на утилиту ЛирАРМ производится подбор арматуры плиты-ростверка и наружных стен.

При известном значении изгибающих моментов площадь требуемой арматуры плитного ростверка и стен может быть определена также и по формуле

$$A_s^{mp} = \frac{M_{\max}}{0,9h_0R_s}. \quad (19)$$

6.3. Примеры результатов расчета

Примеры результатов расчета представлены на рис. 3 – 7.

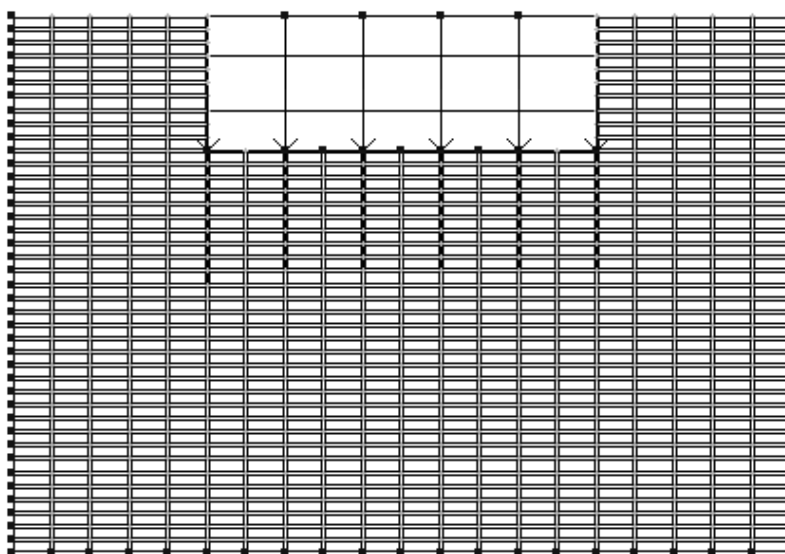


Рис. 3. Расчетная схема подземной части сооружения в грунтовом массиве

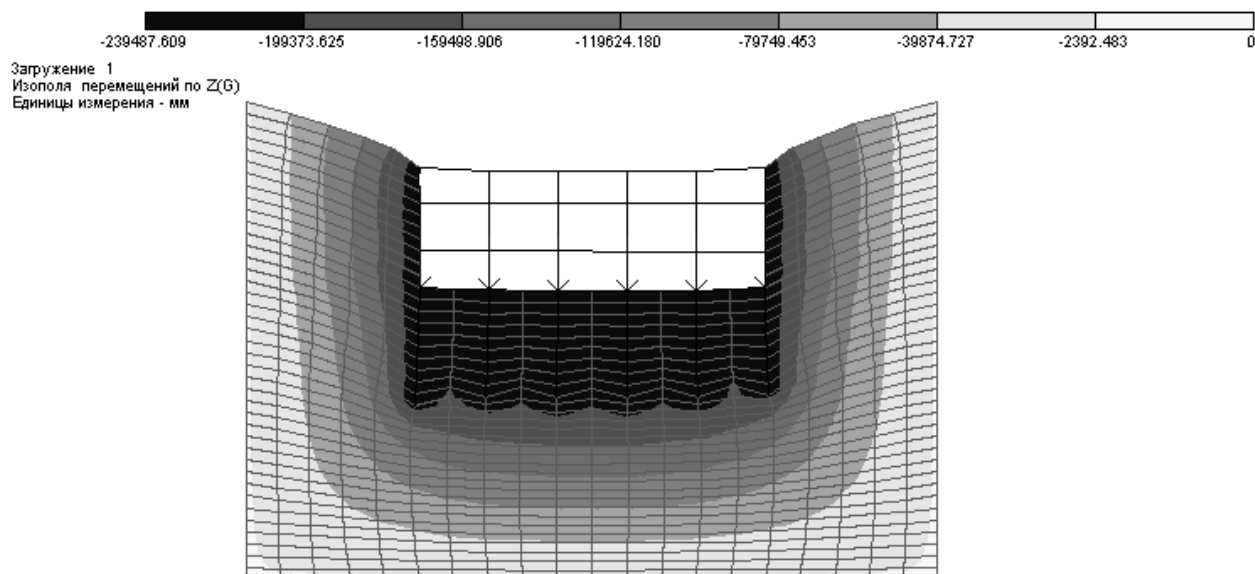


Рис. 4. Деформации основания и окружающего массива грунта, изополюс перемещений

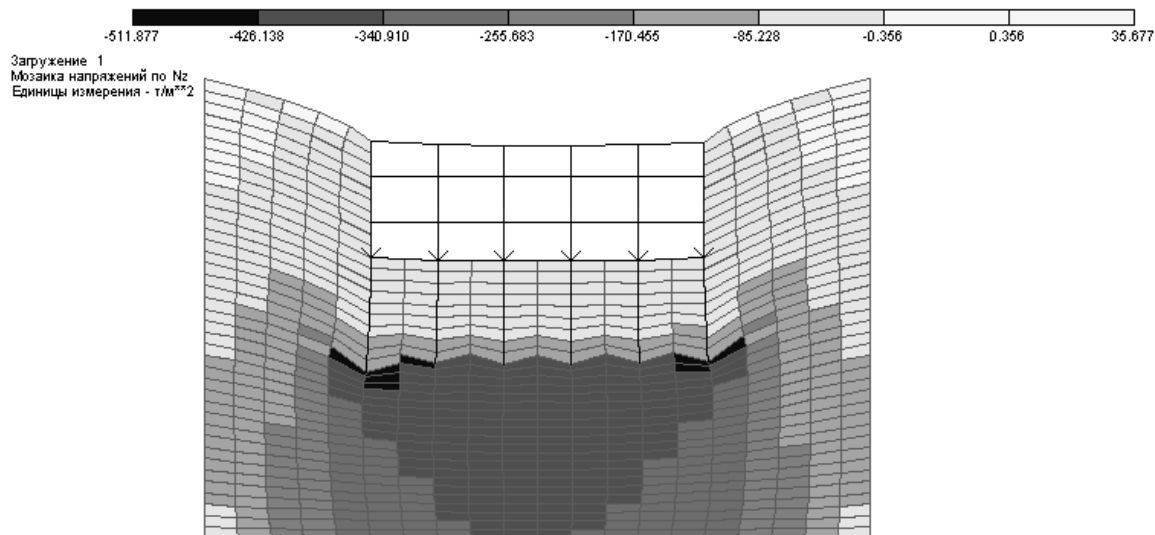


Рис. 5. Мозаика вертикальных напряжений в грунтовом массиве

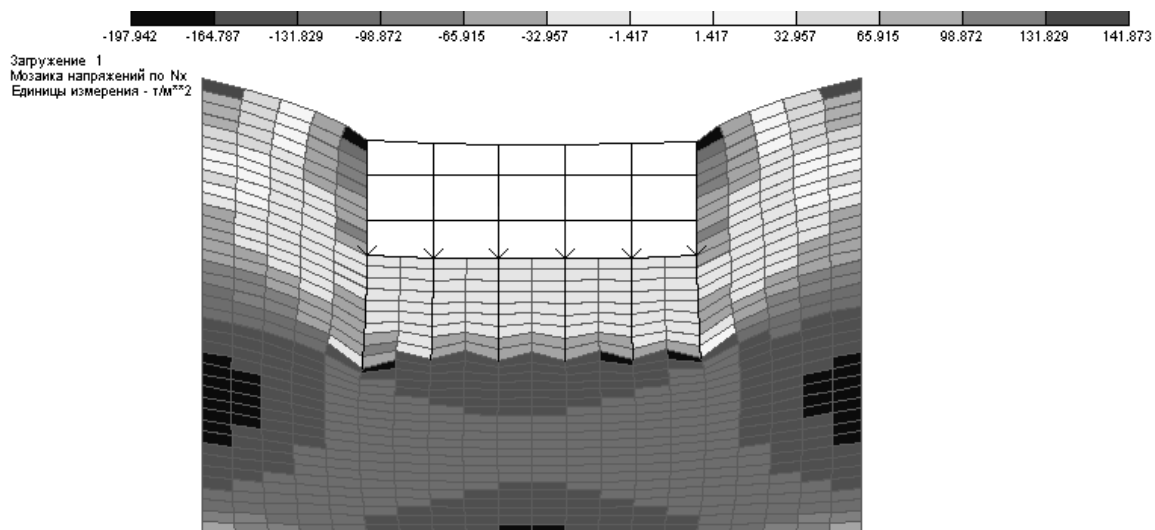


Рис.6. Мозаика горизонтальных напряжений в грунтовом массиве

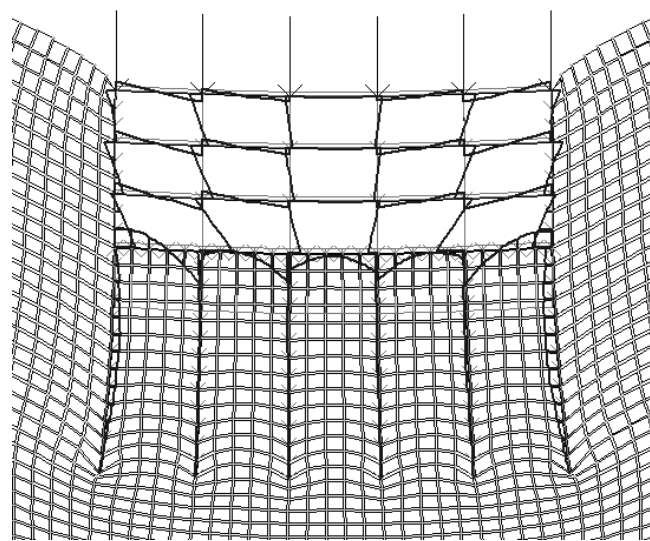


Рис. 7. Эпюры изгибающих моментов в наружных стенах, перекрытиях подземных этажей и плитном ростверке

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основания, фундаменты и подземные сооружения/М. И. Горбунов-Посадов, В. И. Крутов и др.; Под общ. ред. Е.А. Сорочана и Ю. Г. Трофименкова.-М.: Стройиздат, 1985.-480 с., (Справочник проектировщика).
2. Основания и фундаменты: Справочник/ Г.И. Швецов, И.В. Носков, А.Д. Госькова; Под ред. Г.И. Швецов.-М.: Высш. шк., 1991.-383 с.
3. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) НИИОСП им.Н.М. Герсееванова.-М. Стройиздат,1986.-415с.
4. СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. Минстрой России. – М.:НИИОСП им. Н.М. Герсееванова, 2016. – 164с.
5. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты» Актуализированная редакция СНиП 2.02.05-85.. Минстрой России. – М.: НИИОСП им. Н.М. Герсееванова, 2011. – 90с.
6. СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов. Москва, Госстрой России, 2004, 82 с.
7. Берлинов М.В. Основания и фундаменты: Учеб. для строит. специальностей вузов. -3-е изд., стер: – М.: Высш. шк., 1999: – 319с.
8. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии). – 2-е изд. перераб. и доп.– Л.: Стройиздат, 1988. – 415с.; ил.
9. Ухов С.Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учеб.пособие для строит. спец. вузов/ С.Б.Ухов, В.В.Семенов, В.В.Знаменский/. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 2002. - 566с.: ил.
10. Драновский А.Н., Фадеев А.Б. Подземные сооружения в промышленном и гражданском строительстве: Учеб. пособие для строит. спец. вузов. - Казань: Изд-во Казанского университета, 1993. – 356 с.
11. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. РААСН, М.: 2004. – 130 с.
12. Примеры расчета и проектирования на Лире 9.2. Учебное пособие. М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский, Д.В. Марченко, В.П. Титок.

Приложение 1

Таблица 1.1

Расчетное сопротивление R под нижним концом буровых свай

Глубина заложения нижнего конца сваи h , м	Расчетное сопротивление R , кПа, под нижним концом набивных и буровых свай с уширением и без уширения и свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта и заполняемых бетоном при пылеватоглинистых грунтах, за исключением лессовых, с показателем текучести I_L равным						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	850	750	650	500	400	300	250
5	1000	850	750	650	500	400	350
7	1150	1000	850	750	600	500	450
10	1350	1200	1050	950	800	700	600
12	1550	1400	1250	1100	950	800	700
15	1800	1650	1500	1300	1100	1000	800
18	2100	1900	1700	1500	1300	1150	950
20	2300	2100	1900	1650	1450	1250	1050
30	3300	3000	2600	2300	2000	-	-
40	4500	4000	3500	3000	2500	-	-

Таблица 1.2

Расчетное сопротивление f

Средняя глубина располо- жения слоя грунта, м	Расчетные сопротивления на боковой поверхности забивных свай и свай оболочек f_i , кПа								
	песчаных грунтов средней плотности								
	крупных и сред- ней крупно- сти	мел- ких	пыле- ватых	–	–	–	–	–	–
	пылевато-глинистых грунтов при показателе текучести I_L , равном								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1	35	23	15	12	8	4	4	3	2
2	42	30	21	17	12	7	5	4	4
3	48	35	25	20	14	8	7	6	5
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5
5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6
15	72	51	38	28	20	11	8	7	6
20	79	56	41	30	20	12	8	7	6
25	86	61	44	32	20	12	8	7	6
30	93	66	47	34	21	12	9	8	7
35	100	70	50	36	22	13	9	8	7

Примечания:

1. Значения расчетного сопротивления плотных песчаных грунтов на боковой поверхности свай f_i следует увеличивать на 30% по сравнению со значениями, приведенными в данной таблице.
2. Расчетные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0,5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0,6$ следует увеличивать на 15% по сравнению со значениями, приведенными в данной таблице при любых значениях показателя текучести.

Таблица 1.3

Коэффициенты α_1 , α_2 , α_3 и α_4

Коэффициенты	Расчетные значения угла внутреннего трения грунта φ_r , град.								
	23	25	27	29	31	33	35	37	39
α_1	9,5	12,6	17,3	24,4	34,6	48,6	71,3	108,0	163,0
α_2	18,6	24,8	32,8	45,5	64,0	87,6	127,0	185,0	260,0
α_3 при h/d равном, м:									
4,0	0,78	0,79	0,80	0,82	0,84	0,85	0,85	0,85	0,87
5,0	0,75	0,76	0,77	0,79	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85
7,5	0,68	0,70	0,71	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
10,0	0,62	0,65	0,67	0,70	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81
12,5	0,58	0,61	0,68	0,67	0,70	0,73	0,75	0,78	0,80
15,0	0,55	0,58	0,61	0,65	0,68	0,71	0,73	0,76	0,79
17,5	0,51	0,55	0,58	0,62	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78
20,0	0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,68	0,72	0,75	0,78
22,5	0,46	0,51	0,55	0,60	0,64	0,67	0,71	0,74	0,77
25,0 и более	0,44	0,49	0,54	0,59	0,63	0,67	0,70	0,74	0,77
α_4 при d , равном, м:									
0,8 и менее	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22
4,0	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17

Примечание.

Для промежуточных значений φ_r , h/d и d значения коэффициентов α_1 , α_2 , α_3 и α_4 определяются интерполяцией.

Таблица 1.4

Коэффициенты γ_{cf} при расчете буровых опор

Сваи и способы их устройства	Коэффициент условий работы свай			
	γ_{cf}			
	в пес- ках	в супе- сях	в суг- линках	в гли- нах
1. Набивные при забивке инвентарной трубы с наконечником	0,8	0,8	0,8	0,7
2. Набивные виброштампованные	0,9	0,9	0,9	0,9
3. Буровые, в том числе с уширением, бетонируемые:				
а) при отсутствии воды в скважине (сухим способом), а также при использовании обсадных инвентарных труб	0,7	0,7	0,7	0,6
б) под водой или под глинистым раствором	0,6	0,6	0,6	0,6
в) жесткими бетонными смесями, укладываемыми с помощью глубинной вибрации (сухим способом)	0,8	0,8	0,8	0,7
4. Бурунабивные, полые круглые, устраиваемые при отсутствии воды в скважине с помощью вибросердечника	0,8	0,8	0,8	0,7
5. Сваи-оболочки, погружаемые вибрированием с выемкой грунта	1,0	0,9	0,7	0,6
6. Сваи-столбы	0,7	0,7	0,7	0,6
7. Буруинъекционные, изготавливаемые под защитой обсадных труб или бентонитового раствора с опрессовкой давлением 200-400 кПа (2-4 атм)	0,9	0,8	0,8	0,8
8. Буруинъекционные сваи РИТ	1,3	1,3	1,1	1,1

Таблица 1.5

Коэффициенты γ_{cf} при расчете траншейных стен

Материал стены	Технология устройства и особые условия	γ_{cf}
Бетон, железобетон	Монолитные гравитационные стены и гибкие стены, бетонизируемые насухо	0,67
	Монолитные гравитационные стены, бетонизируемые под глинистым раствором в грунтах естественной влажности	0,5
	Сборные гравитационные стены	
	Монолитные гибкие стены, бетонизируемые под глинистым раствором в водонасыщенных грунтах	0,33
Сборные гибкие стены, устраиваемые под глинистым раствором в любых грунтах		
Металл, дерево	В мелких и пылеватых водонасыщенных песках	0
	В прочих грунтах	0,33

Приложение 2

Таблица 2.1

Таблица значений R_s

Число свай n	Значения коэффициента R_s											
	$l/d = 10; \lambda=100$				$l/d = 25; \lambda=1000$				$l/d = 50; \lambda=10000$			
	a/d				a/d				a/d			
	3	5	7	10	3	5	7	10	3	5	7	10
4	1,40	1,30	1,20	1,10	2,45	2,00	1,80	1,70	2,75	2,25	2,00	1,80
9	2,25	2,00	1,90	1,80	3,90	3,25	2,90	2,65	4,35	3,55	3,15	2,85
16	2,85	2,50	2,35	2,25	4,90	4,10	3,65	3,30	5,50	4,50	4,00	3,60
25	3,30	3,00	2,75	2,60	5,60	4,75	4,25	3,90	6,50	5,25	4,70	4,25
36	3,70	3,30	3,10	2,90	6,40	5,35	4,80	4,30	7,20	5,85	5,25	4,70
49	4,00	3,55	3,30	3,15	6,90	5,75	5,10	4,70	7,75	6,35	5,60	5,10
100	4,70	4,20	4,00	3,70	8,20	6,80	6,10	5,50	9,20	7,50	6,70	6,00
196	5,40	4,80	4,50	4,25	9,35	7,75	7,00	6,35	10,5	8,60	7,65	6,90
400	6,15	5,50	5,10	4,85	10,6	8,85	7,90	7,20	12,0	9,80	8,70	7,80
1000	7,05	6,30	6,00	5,55	12,3	10,0	9,15	8,25	13,8	11,25	10,05	9,00

Примечания

1. В каждом столбце при других значениях n коэффициент R_s определяют по формуле $R_s(n) = 0,5R_s(100) \lg n$.

2. Таблица составлена для свайных кустов квадратной формы. Для кустов прямоугольной формы число свай n принимают равным квадрату числа свай по короткой стороне фундамента.

Таблица 2.2

L/B	1	2	3	5	10
m_0	0,88	0,86	0,8	0,77	0,67

Приложение 3

Таблица 3.1

Грунты	Коэффициент γ_{c1}	Коэффициент γ_{c2} 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
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	1,2
Пылевато-глинистые, а также крупнообломочные с пылевато-глинистым заполнителем с показателем текучести грунта или заполнителя	1,25	1,0	1,1
$I_L \leq 0,25$			
То же, при $0,25 < I_L \leq 0,5$	1,2	1,0	1,1
То же, при $I_L > 0,5$	1,0	1,0	1,0

Примечания: 1. К сооружениям с жесткой конструктивной схемой относятся сооружения, конструкции которых специально приспособлены к восприятию усилий от деформации оснований, в том числе за счет мероприятий, указанных в п. 2.70, б.

2. Для зданий с гибкой конструктивной схемой значение коэффициента γ_{c2} принимается равным единице.

3. При промежуточных значений L/H коэффициент γ_{c2} определяется по интерполяции.

Таблица 3.2

Значения коэффициентов M_γ M_q M_c

Угол внутренне- го трения φ_{II} , град.	Коэффициенты			Угол внутренне- го трения φ_{II} , град.	Коэффициенты		
	M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c
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

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Новые технологии выполнения работ при возведении подземных частей зданий» для направления 08.04.01 «Строительство»

Составитель:

Рубис Раисович ХАСАНОВ

Редактор: Н.Х.Михайлова

Редакционно-издательский отдел

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать *29.03.16*

Заказ №*38*

Бумага тип №1

Печать офсетная

Тираж 50 экз.

Формат 60×84/16

Усл.-печ.л. 2,2

Учетн.-изд.л. 2,2

Печатно-множительный отдел КГАСУ

420043, Казань, Зеленая, 1