

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**
**ХАРЬКОВСКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ,
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«ГОРОДСКИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ»

*(для студентов 4 курса дневной и 3 курса заочной форм обучения
направления подготовки 6.060101 «Строительство»
специальности «Городское строительство и хозяйство»)*



Методические указания к выполнению практических занятий, расчетно-графической и самостоятельной работ по дисциплине «Городские инженерные сооружения» (для студентов 4 курса дневной и 3 курса заочной форм обучения направления подготовки 6.060101 «Строительство» специальности «Городское строительство и хозяйство») / Харк. нац. акад. гор. хоз-ва; сост.: А. Г. Рудь, М. Ф. Бронжаев, Т. В. Мишурова. – Х.: ХНАГХ, 2012. – 32 с.

Составители: проф., к. т. н. А. Г. Рудь,
доц., к. т. н. М. Ф. Бронжаев,
доц., к. т. н. Т. В. Мишурова

Рекомендовано кафедрой механики грунтов, фундаментов
и инженерной геологии,
протокол № 05 от 30.01.2012 г.

Содержание

Стр.

1. Общие указания	4
2. Исходные данные для проектирования	4
3. Состав работы	6
4. Указания по выполнению разделов расчетной работы	7
Список источников	25
Приложение 1	26
Приложение 2	27
Приложение 3	28
Приложение 4	29
Приложение 5	31

1. Общие указания

Согласно настоящим методическим указаниям студенты разрабатывают городские инженерные сооружения, предназначенные для стабилизации полого-наклонных или отвесных грунтовых профилей. С этой целью необходимо осуществлять расчет и конструирование сборной железобетонной подпорной стены.

Работу выполняют в соответствии с действующим учебным планом по направлению подготовки 6.060101 «Строительство».

Топографический план участка городской территории принимается по табл. 1 и приложению 1.

Расчетно-графическая работа по городским инженерным сооружениям является комплексной, в связи с чем предусматривается возможность использования графического материала из проекта по благоустройству территории группы жилых домов, выполненного студентами раньше на кафедре градостроительства или ландшафтного проектирования.

2. Исходные данные для проектирования

Исходные данные для проектирования приведены в табл. 1, 2, 3, 4 и в приложении 1.

Студенты используют указанные таблицы, выбрав вариант по личному шифру (номер зачетной книжки) или по первой букве своей фамилии.

При необходимости задание может быть выдано отдельно с набором исходных данных по усмотрению руководителя.

Номер зачетной книжки и выбранные исходные данные должны быть выписаны студентом на отдельном листе пояснительной записки.

Таблица 1

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Высота подпора Н, м	1,3	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8
Топографический план (№ участка)	№ 1	№ 1	№ 1	№ 2	№ 2	№ 2	№ 3	№ 3	№ 4	№ 4

Примечание: Глубина заложения фундамента стены d от уровня планировки со стороны нижнего среза грунта принимается не менее 0,6 м.

Таблица 2

Характеристика грунта основания	Предпоследняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
γ_I кН/м ³	16,5	17	18	19	20	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5
γ_{II} кН/м ³	16,5	17	18	19	20	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5
φ_I град.	30	31	26	26	27	32	28	25	28	25
φ_{II} град.	34	36	28	29	29	35	32	28	30	27
c_I кПа	15	14	12	15	16	12	20	18	17	20
c_{II} кПа	17	15	18	17	24	16	30	21	20	30

Таблица 3

Характеристика грунта засыпки	Начальная буква фамилии студента									
	ЕТЛ	УМН	ЁЧС	ЖШУ	ФХЦ	ГДВ	АБЗ	ЭЮЯ	ИЙК	ОПР
γ'_I кН/м ³	16,5	16,5	19	19,5	17	18	17,5	20	18,5	20,5
γ'_{II} кН/м ³	16,5	16,5	19	19,5	17	18	17,5	20	18,5	20,5
φ'_I град.	34	33	30	33	29	32	29	28	29	31
φ'_{II} град.	37	36	33	36	32	35	32	31	32	34

Таблица 4

Интенсивность распределения нагрузки	Начальная буква фамилии студента									
	ЯВК	ОДЦ	УСХ	ЕЧЖ	АБФ	ЗГЁ	РНЮ	ТЙУ	ЛМШ	ПЭИ
q^n кН/м ²	10	12	144	16	18	20	21	22	23	24

Характеристики грунта в табл. 2, 3 имеют следующее наименование:

γ_I , γ'_I , φ_I , φ'_I , c_I - соответственно удельный вес, угол внутреннего трения и удельное сцепление при расчетах по прочности и устойчивости;

γ_{II} , γ'_{II} , φ_{II} , φ'_{II} , c_{II} - соответственно удельный вес, угол внутреннего трения и удельное сцепление при расчетах по деформациям.

3. Состав работы

В расчетно-пояснительной записке содержатся следующие разделы:

Содержание

Введение

1. Выбор исходных данных и сравнение вариантов

2. Расчет подпорной стены.

2.1. Расчет устойчивости подпорной стены против сдвига

2.2. Расчет основания по деформациям

2.3. Определение усилий в элементах подпорной стены

2.4. Расчет прочности элементов подпорной стены по нормальным и наклонным сечениям

3. Конструктивные мероприятия

4. Технология строительства и вопросы охраны труда

Список источников

Расчетно-пояснительную записку выполняют на бумаге формата А4. В состав расчетно-пояснительной записки включаются следующие схематические рисунки:

- топографический план участка городской территории, отводимой под застройку на бумаге формата А4;
- общий вид подпорной стены (рис. 1);
- схема призмы обрушения (рис. 2);
- схема к определению центра тяжести фундаментной и лицевой плиты (рис. 3);
- схема к определению давлений под подошвой фундаментной плиты (рис. 4);
- схема к определению устойчивости стены (рис. 5);
- схема к определению расчетных усилий (рис. 6);
- расчетная схема подпорной стены (рис. 7);
- эпюры расчетных значений изгибающих моментов и поперечных сил.

Графическая часть работы выполняется на листе формата А1 и содержит следующие материалы:

- ▲ фрагмент фасада подпорной стены, ГМ 1:200, ВМ 1:40;
- ▲ план подпорной стены с маркировкой и развертка плит, М 1:100;
- ▲ разрез подпорной стены, М 1:40;
- ▲ опалубочные чертежи лицевой и фундаментной плиты, М 1:50, М 1:25, М 1:20;
- ▲ арматурные чертежи лицевой и фундаментной плиты, М 1:50, М 1:25, М 1:20;
- ▲ спецификация арматуры и ведомость расхода стали;
- ▲ спецификация элементов подпорной стены;
- ▲ примечания;
- ▲ основная надпись.

При оформлении графического материала следует руководствоваться материалами приложений 2, 3, 4, 5, а также правилами соответствующих нормативных документов Украины.

Допускается использование как международной системы единиц СИ, так и технической системы единиц СГС. Между единицами обеих систем существуют следующие основные соотношения:

$$1 \text{ Н} \approx 0,1 \text{ кгс}, \quad 1 \text{ кПа} \approx 0,01 \text{ кгс/см}^2$$

$$1 \text{ кН} \approx 100 \text{ кгс} \approx 0,1 \text{ тс}, \quad 1 \text{ МПа} \approx 10 \text{ кгс/см}^2.$$

4. Указания по выполнению разделов расчетной работы

Введение следует писать после ознакомления с рекомендованной литературой. Во введении должны быть отражены задачи в области градостроительства и отмечена роль городских инженерных сооружений, в частности подпорных стен, при благоустройстве городских территорий.

Следует указать на широкий диапазон применения подпорных стен. Подпорные стены применяются для удержания от обрушения грунтов на откосах и склонах; они широко используются при устройстве подземных переходов, в автодорожном строительстве, в качестве берегоукрепительных сооружений.

Суммарные затраты на возведение подпорных стен ежегодно исчисляются десятками миллионов гривен.

В разделе **«Выбор исходных данных и сравнение вариантов»** помимо сведений, составляющих задание, необходимо поместить материалы, которые также относятся к исходным данным, но принимаются студентом самостоятельно на основе вариантов, подлежащих рассмотрению.

При сравнении вариантов следует указать, что массивные подпорные стены, хотя и позволяют использовать местные материалы, но являются очень трудоемкими в возведении и отличаются большой материалоемкостью. По этой причине применяют, как правило, тонкие подпорные стены уголкового типа, выполненные из сборного железобетона.

Для сравнения в проекте можно также рассмотреть сборно-монолитный вариант подпорной стены, который требует большего расхода железобетона и является более трудоемким, но является менее дорогим и позволяет выполнять монолитную конструкцию в размерах, превышающих размеры серийных лицевых и фундаментных плит.

В рассматриваемом разделе, используя топографический план участка, необходимо наметить и указать на плане оптимальный вариант трассировки подпорной стены и определить ее общую длину.

Подпорные стены, сооружаемые в городах и населенных пунктах, следует проектировать с учетом архитектурных особенностей окружающей застройки. По этой причине подлежат разрешению вопросы, связанные с выбором типа ограждения, облицовки или офактуривания лицевой поверхности стены.

В этом разделе студент производит выбор арматурной стали. Для армирования элементов сборной подпорной стены без предварительного напряжения рекомендуется применять в качестве рабочей арматуры стержневую горячекатанную арматурную сталь периодического профиля классов А300С (А-II), А400С (А-III), а в качестве монтажной — горячекатанную арматуру класса А240С (А-I).

Бетон рекомендуется применять классов В 25, В 30 или В 35.

Выбор коэффициентов надежности по нагрузке производится с учетом данных табл. 5. При этом значения коэффициентов, указанных в скобках, принимаются при расчете конструкций на устойчивость в том случае, когда уменьшение постоянной нагрузки может ухудшить условия работы конструкций.

Таблица 5

Значения коэффициентов надежности по нагрузке

№ п/п	Нагрузка	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f
1	Собственный вес конструкции	1,1(0,9)
2	Вес грунта в природном залегании	1,1(0,9)
3	Вес уплотненного грунта засыпки	1,1(0,9)
4	Равномерно распределенная нагрузка (пригрузка)	1,2

В разделе «Расчет устойчивости подпорной стены против сдвига» прежде всего необходимо определить геометрию принятой конструкции. Для уголкового консольной подпорной стены высота лицевой панели h принимается с учетом карнизного блока в зависимости от заданной величины подпора H по приложению 2. Ширина фундаментной плиты b выбирается также по приложению 2, но с использованием приближенной формулы:

$$b = 0,5 (h + 2,2), \quad (1)$$

где h – высота лицевой панели в м.

В скомпонованном виде подпорная стена приводится на рис. 1 и служит основой для расчетов.

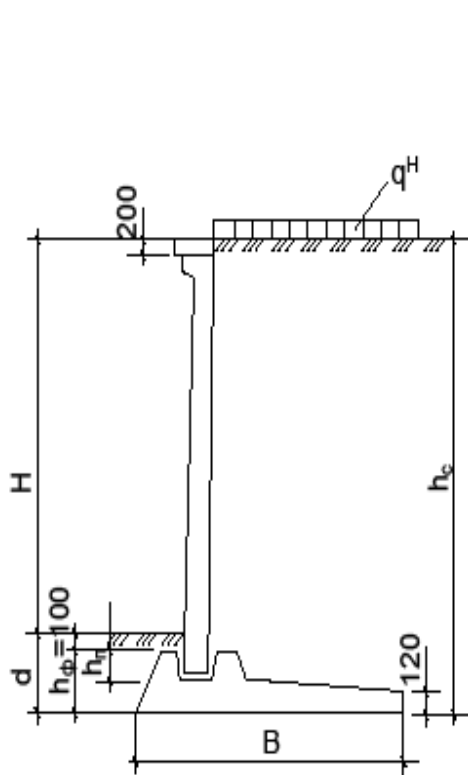


Рис. 1. Общий вид сборной подпорной стены

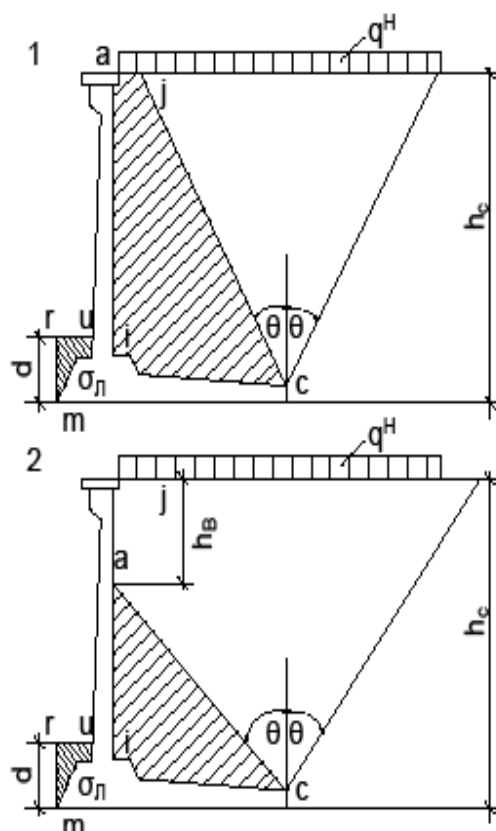


Рис. 2. Призмы обрушения:
1 - симметричная; 2 - несимметричная

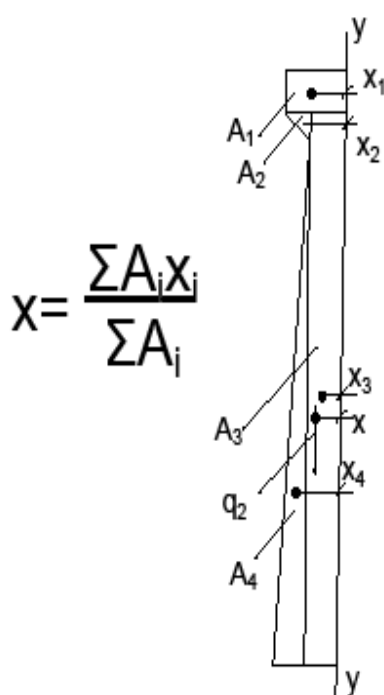


Рис. 3. Схема к определению координаты центра тяжести сложного сечения

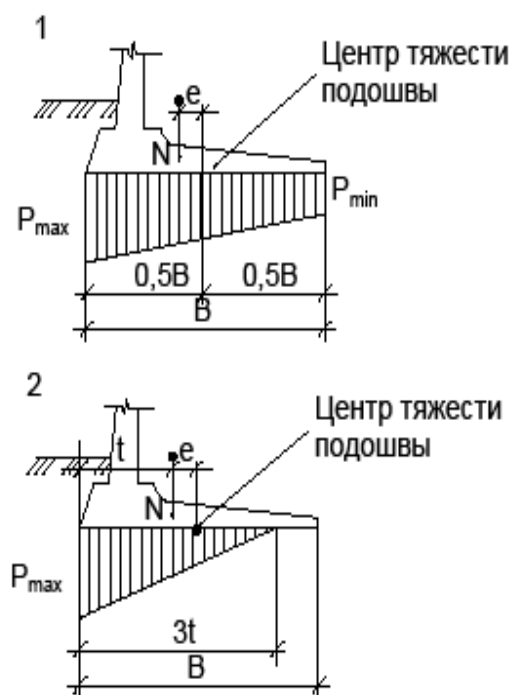


Рис. 4. Схема к определению давления под подошвой фундаментной плиты
1 - при $e < B/6$; 2 - при $e \geq B/6$

Для определения контура грунта под призмой обрушения (контур «aicj» или «aic» на рис. 2) используют угол наклона плоскости обрушения в градусах:

$$\theta = 45^\circ - \frac{\varphi'_I}{2}, \quad (2)$$

где φ'_I – расчетное значение угла внутреннего трения грунта засыпки в градусах при расчете по I группе предельных состояний (по прочности и устойчивости).

При расчете основания по деформациям в формулу (2) подставляют значение φ'_{II} .

В зависимости от величины угла θ , высота стены и длины задней консоли фундаментной плиты очертание контура грунта под призмой обрушения может быть треугольным или трапециевидным. В любом случае основание полученной фигуры допускается принимать горизонтальным с учетом средней толщины фундаментной плиты.

Вес грунта в найденном контуре прибавляют к весу подпорной стены.

Коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта определяется по формуле:

$$\lambda_r = \left[\frac{\cos(\varphi'_I - \varepsilon)}{\cos \varepsilon \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \varphi}{\cos(\varepsilon + \delta) \cdot \cos \varepsilon}} \right)} \right], \quad (3)$$

где φ – угол внутреннего трения грунта;

ε – угол наклона задней стены или плоскости обрушения;

δ – угол трения грунта на контакте со стеной.

Для определения λ_r принимаются:

- 1) при расчете устойчивости стены - $\varphi'_I, \delta = \varphi'_I, \varepsilon = \theta, \theta = 45^\circ - \varphi'_I/2$;
- 2) при расчете деформации основания - $\varphi'_{II}, \delta = \varphi'_{II}, \varepsilon = \theta, \theta = 45^\circ - \varphi'_{II}/2$;
- 3) при расчете усилий в элементах стены - $\varphi'_I, \delta = 0, \varepsilon = 0$.

Горизонтальную и вертикальную составляющие активного давления грунта на глубине h_c с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,1$ определяют по формулам:

$$\sigma_r = \gamma_f \cdot \gamma'_I h_c \cdot \lambda_r; \quad (4)$$

$$\sigma_b = \sigma_r \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta). \quad (5)$$

При этом необходимо помнить, что расчет подпорной стены производится на один погонный метр ее длины.

Горизонтальная и вертикальная составляющая суммарного активного давления:

$$E_r = 0,5 \cdot \sigma_r \cdot h_c; \quad (6)$$

$$E_b = 0,5 \cdot \sigma_b \cdot h_c. \quad (7)$$

Горизонтальная и вертикальная составляющие активного давления грунта от равномерно распределенной нагрузки q_H определяются с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,2$:

$$\sigma_{qr} = \gamma_f \cdot q^H \cdot \lambda_r; \quad (8)$$

$$\sigma_{qb} = \sigma_{qr} \cdot \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta). \quad (9)$$

Горизонтальная и вертикальная составляющие суммарного активного давления грунта от нагрузки q^H :

$$E_{qr} = \sigma_{qr} \cdot h_c; \quad (10)$$

$$E_{qb} = \sigma_{qb} \cdot h_c. \quad (11)$$

Вес грунта над передней консолью (контур «*mruno*» с площадью A_n) находят с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 0,9$:

$$q_1 = \gamma_f \cdot A_n \cdot \gamma_I'. \quad (12)$$

Вес грунта над задней консолью (контур «*aicj*» с площадью A_3) определяют с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,1$:

$$q_4 = \gamma_f \cdot A_3 \cdot \gamma_I'. \quad (13)$$

Вес лицевой и фундаментной плит находят с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 0,9$, используя данные приложения 2:

$$q_2 = \gamma_f \cdot P_{\text{л}} \frac{1}{2,95} \quad (14)$$

$$q_3 = \gamma_f \cdot P_{\text{ф}} \frac{1}{2,95} \quad (15)$$

Для найденных сил должны быть определены координаты точек приложения l_i и z_i (рис. 3 и рис. 5) относительно осей, проходящих через центр тяжести подошвы фундаментной плиты, который делит ширину подошвы b на две равные части.

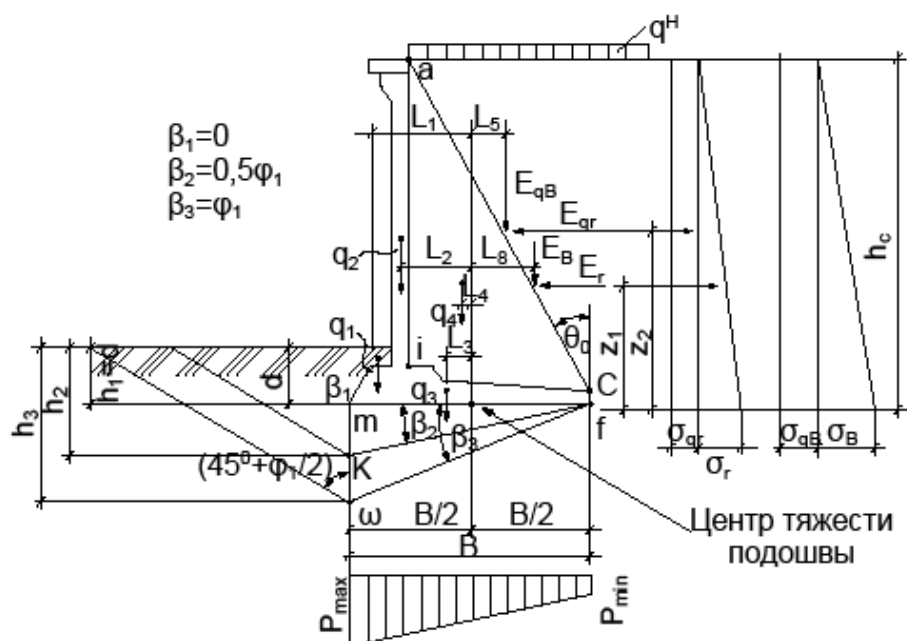


Рис.5 Схема к определению устойчивости стены

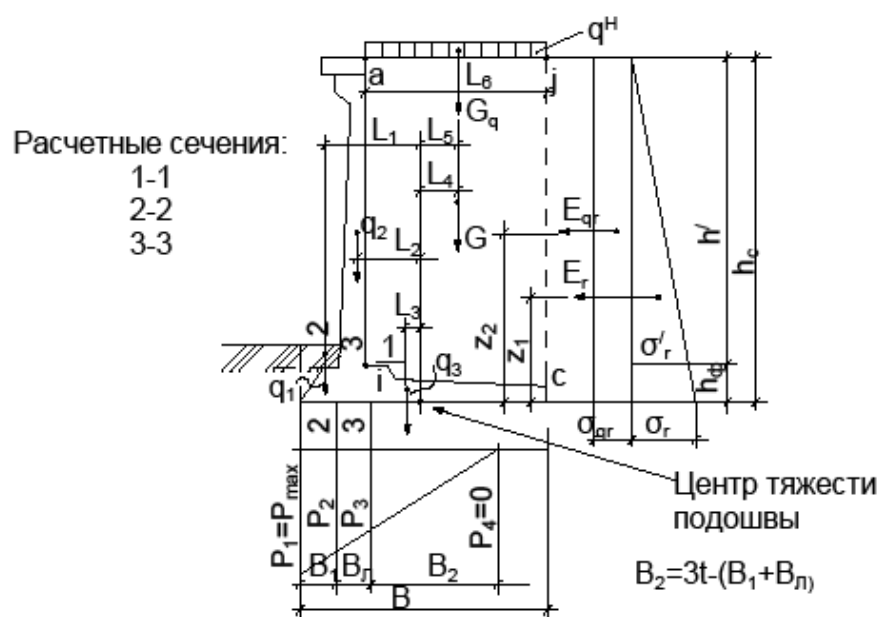


Рис.6. Схема к определению расчетных усилий при $e > B/6$

Расчет устойчивости подпорной стены проводят в три последовательных этапа.

1-й этап: расчет устойчивости против плоского сдвига выполняется при $\beta_1 = 0$ (рис. 5). Для этого случая определяют суммарное пассивное давление при $\lambda_n = 1$ и коэффициенте надежности по нагрузке $\gamma_f = 0,9$:

$$E_{n1} = 0,5 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_{f1} \cdot h_1^2 \cdot \lambda_n. \quad (16)$$

Здесь h_1 совпадает с глубиной заложения фундаментной стены d .

Сдвигающая и удерживающая силы:

$$F_{sa} = E_r + E_{qr}; \quad (17)$$

$$F_{sr} = (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + E_b + E_{qb}) \cdot \operatorname{tg}(\varphi_I + \beta_I) + E_{n1}. \quad (18)$$

Устойчивость против сдвига (для случая $\beta_I = 0$) обеспечивается, если имеет место условие:

$$\frac{F_{sr}}{F_{sa}} \geq 1,2.$$

Устойчивость сооружения против общего сдвига, т.е. вместе с частью грунта основания, предусмотрено определять в курсовом проекте по двум плоскостям, расположенным внутри грунтового массива под углами к горизонтали $\beta_2 = 0,5\varphi_I$ и $\beta_3 = \varphi_I$ (рис. 5). Этот способ имеет широкое практическое применение.

Расчет устойчивости подпорной стены против общего сдвига выполняется поэтапно и сводится к следующему:

2-й этап: плоскость сдвига располагается под углом наклона к горизонтали $\beta_2 = 0,5\varphi_I$.

В этом случае определяют сдвигающую силу $F_{sa} = E_r + E_{qr}$ и коэффициент пассивного давления:

$$\lambda_n = \operatorname{tg}^2(45^\circ + 0,5\varphi_I). \quad (19)$$

Суммарное пассивное давление с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 0,9$ рассчитывают по формуле:

$$E_{n2} = 0,5 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_I \cdot h_2^2 \cdot \lambda_n + \frac{c_I h_2}{\operatorname{tg} \varphi_I} (\lambda_n - 1). \quad (20)$$

Определяют вес грунта в контуре «mfk» с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 0,9$:

$$q_5 = 0,5 \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg} \beta_2 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_I. \quad (21)$$

Определяют удерживающую силу:

$$F_{sr} = (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + E_b + E_{qb}) \operatorname{tg}(\varphi_I - 0,5\varphi_I) + E_{n2}.$$

Устойчивость против сдвига при $\beta_2 = 0,5\varphi_I$ обеспечивается, если имеет место условие:

$$\frac{F_{sr}}{F_{sa}} \geq 1,2.$$

3-й этап: плоскость сдвига с углом наклона к горизонтали $\beta_3 = \varphi_I$.

Определяют сдвигающую силу $F_{sa} = E_r + E_{qr}$ и коэффициент пассивного давления:

$$\lambda_n = \operatorname{tg}^2(45^\circ + 0,5\varphi_I).$$

Суммарное пассивное давление с коэффициентом надежности по

нагрузке $\gamma_f = 0,9$ рассчитывают по формуле:

$$E_{n3} = 0,5 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_I \cdot h_3^2 \cdot \lambda_n + \frac{c_I h_3}{\operatorname{tg} \varphi_I} (\lambda_n - 1).$$

Определяют удерживающую силу: $F_{sr} = E_{n3}$.

Устойчивость стены против сдвига при $\beta_3 = \varphi_I$ обеспечивается, если имеет место условие:

$$\frac{F_{sr}}{F_{sa}} \geq 1,2.$$

Устойчивость против опрокидывания угловой подпорной стены с сильно развитой задней консолью очень высокая и обычно не рассматривается.

В разделе «Расчет основания по деформациям» необходимо определить расчетное сопротивление грунта основания по формуле СНиП 2.02.01-83 «Основания и фундаменты»:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} (M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d \gamma_{II}' + M_c C_{II}), \quad (22)$$

где M_γ, M_q, M_c – принимаются по П.2.41 СНиП 2.02.01-83 в зависимости от угла внутреннего трения φ_{II} ;

$k = 1$;

$k_z = 1$;

b – ширина подошвы фундаментной плиты;

d – глубина заложения фундамента;

γ_{II} – удельный вес грунта ниже подошвы фундамента;

γ_{II}' – то же, не выше подошвы фундамента;

γ_{c1} и γ_{c2} – принимаются равными соответственно 1,25 и 1.

Коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта λ_r рассчитывают по формуле (3) с подстановкой значений

$$\varphi_{II}', \delta = \varphi_{II}', \varepsilon = \theta \text{ при } \theta = 45^\circ - \varphi_{II}'/2.$$

Горизонтальные и вертикальные составляющие активного давления от веса грунта и равномерно распределенной нагрузки (пригрузки) находят с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1$ по формулам:

$$\sigma_r = \gamma_f \cdot \gamma_I' \cdot h_c \cdot \lambda_r;$$

$$\sigma_b = \sigma_r \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta);$$

$$\sigma_{qr} = \gamma_f \cdot q^H \cdot \lambda_r;$$

$$\sigma_{qb} = \sigma_{qr} \cdot \operatorname{tg}(\varepsilon + \delta).$$

Суммарные горизонтальные и вертикальные составляющие активного давления:

$$E_r = 0,5 \cdot \sigma_r \cdot h_c;$$

$$E_b = 0,5 \cdot \sigma_b \cdot h_c.$$

$$E_{qr} = \sigma_{qr} \cdot h_c;$$

$$E_{qb} = \sigma_{qb} \cdot h_c.$$

Вес грунта над передней и задней консолями фундаментной плиты соответственно q_1 и q_4 находят по формулам (12) и (13), но с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1$.

Вес лицевой и фундаментной плит соответственно q_2 и q_3 определяются по формулам (14) и (15), подставляя значение коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_f = 1$.

Сумма проекций всех сил на вертикальную плоскость:

$$N = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + E_b + E_{qb}.$$

Сумма моментов всех вертикальных сил относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы (рис. 5):

$$\sum M_{bi} = q_1 l_1 + q_2 l_2 + q_3 l_3 + q_4 l_4 - E_b l_8 - E_{qb} l_5 \quad (23)$$

Сумма моментов всех горизонтальных сил относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы:

$$\sum M_{ri} = E_r z_1 + E_{qr} z_2 \quad (24)$$

Эксцентриситет приложения равнодействующей:

$$e = \frac{\sum M_{ri} + \sum M_{bi}}{N} \quad (25)$$

Краевые давления на грунт под фундаментной плитой определяют по формуле:

$$P_{\frac{max}{min}} = \frac{N}{b \cdot 1} \left(1 \pm \frac{6e}{b} \right), \quad (26)$$

где b – ширина принятой фундаментной плиты.

Формула (26) применяется при условии $e < b/6$. В случае $e \geq b/6$ используется зависимость

$$P_{max} = \frac{2N}{3t} = 2P_{cp}, \quad (27)$$

$$P_{cp} = \frac{N}{3t}$$

где $t = 0,5b - e$.

Найденные значения P_{max} и P_{cp} служат для проверки следующих условий:

$$P_{max} \leq 1,2R \quad \text{и} \quad P_{cp} = \frac{N}{b \cdot 1} \leq R \quad \left(\frac{N}{3t} \leq R \right).$$

Результаты расчета основания по деформациям отражены на рис. 4 и рис. 5.

В разделе «Определение усилий в элементах подпорной стены» рассматриваются три сечения (рис. 6 и рис. 7). Коэффициент горизонтальной составляющей активного давления грунта λ_r рассчитывают по формуле (3) с подстановкой значений $\varphi'_I, \delta = 0, \varepsilon = 0$.

Горизонтальную составляющую активного давления от веса грунта определяют с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,1$:

$$\sigma_r = \gamma_f \cdot \gamma'_I \cdot h_c \cdot \lambda_r.$$

Горизонтальную составляющую активного давления от пригрузки находят с коэффициентом $\gamma_f = 1,2$:

$$\sigma_{qr} = \gamma_f \cdot q^H \cdot \lambda_r.$$

Суммарные составляющие активного давления от веса грунта и пригрузки:

$$E_r = 0,5 \cdot \sigma_r \cdot h_c;$$

$$E_{qr} = \sigma_{qr} \cdot h_c.$$

Сумма проекций всех сил на вертикальную плоскость:

$$N = q_1 + q_2 + q_3 + G + G_q, \quad (28)$$

где q_1, q_2, q_3 — определяют по формулам (12), (14), (15), но с коэффициентом $\gamma_f = 1,1$;

G — вес призмы грунта в контуре «aicj» с площадью A_G при $\gamma_f = 1,1$

(рис. 6);

G_q – вес пригрузки в пределах отрезка l_6 с коэффициентом $\gamma_f = 1,2$.

Вес грунта G находят по формуле:

$$G = \gamma_f \cdot A_G \cdot \gamma'_l. \quad (29)$$

Вес пригрузки:

$$G_q = \gamma_f \cdot q^H \cdot l_6. \quad (30)$$

Сумма моментов всех вертикальных сил относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы (рис. 6):

$$\sum M_{bi} = q_1 l_1 + q_2 l_2 + q_3 l_3 + q_4 l_4 - G l_4 - G_q l_5 \quad (31)$$

Сумма моментов всех горизонтальных сил относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы:

$$\sum M_{ri} = E_r z_1 + E_{qr} z_2$$

Эксцентриситет приложения равнодействующей:

$$e = \frac{\sum M_{ri} + \sum M_{bi}}{N}$$

Краевые давления находят по формулам (26) или (27):

$$P_{max} = \frac{N}{b \cdot 1} \left(1 + \frac{6e}{b} \right) \text{ или } P_{max} = \frac{2N}{3t}$$

Распределенные нагрузки в кН/м^2 (рис. 6 и рис. 7) определяют от веса грунта и конструкций с коэффициентом $\gamma_f = 1,1$, а от веса пригрузки – с коэффициентом $\gamma_f = 1,2$.

от веса фундаментной плиты - $q_2 = \frac{0,5h_f \cdot b_1 \cdot \gamma_f \cdot \gamma_M}{b_1}$ (33)

Распределенные нагрузки над задней консолью фундаментной плиты:

от временно распределенной нагрузки –

$$q_3 = q^H \cdot \gamma_f; \quad (34)$$

от веса грунта –

$$q_4 = \frac{h' \cdot l_6 \cdot \gamma'_I \cdot \gamma_f}{l_6}; \quad (35)$$

от веса фундаментной плиты –

$$q_5 = \frac{h_{cp} \cdot l_6 \cdot \gamma_M \cdot \gamma_f}{l_6}. \quad (36)$$

Здесь γ_M – удельный вес железобетона $\gamma_M = 25 \text{ кН/м}^3$;

h_{cp} – средняя толщина задней консоли фундаментной плиты.

Суммарные значения горизонтальных составляющих активного давления на уровне сечения I-I находят с подстановкой значения h' (рис. 7):

$$\begin{aligned} E'_r &= 0,5 \cdot \sigma'_r \cdot h', & \sigma'_r &= \gamma_f \cdot \gamma'_I \cdot h' \cdot \lambda_r, \\ E'_{qr} &= \sigma_{qr} \cdot h'. \end{aligned}$$

Изгибающие моменты и поперечные силы в сечениях определяют по формулам:

в сечении 1-1

$$M_{1-1} = E'_r \cdot z'_1 + E'_{qr} \cdot z'_2;$$

в сечении 2-2

$$M_{2-2} = \frac{q_1 \cdot b_1^2}{2} + \frac{q_2 \cdot b_1^2}{2} - \frac{b_1^2}{3} \left(P_1 + \frac{1}{2} P_2 \right); \quad (37)$$

$$Q_{2-2} = q_1 b_1 + q_2 b_1 - 0,5 b_1 (P_1 + P_2). \quad (38)$$

в сечении 3-3

$$M_{3-3} = \frac{q_2 \cdot l_6^2}{2} - \frac{q_4 \cdot l_6^2}{2} - \frac{q_5 \cdot l_6^2}{2} + \frac{l_6^2}{3} \left(\frac{1}{2} P_3 + P_4 \right); \quad (39)$$

$$Q_{3-3} = q_3 l_6 + q_4 l_6 + q_5 l_6 - 0,5 l_6 (P_3 + P_4). \quad (40)$$

В разделе «Расчет прочности элементов подпорной стены по нормальным и наклонным сечениям» определяют рабочую арматуру в

сечениях 1-1, 2-2, 3-3 по формуле

$$A_s = \frac{M}{R_s \cdot \gamma \cdot h_0}, \quad (41)$$

где γ – табличный коэффициент, принимаемый в зависимости от

$$A_0 = M/R_b \cdot b \cdot h_0^2.$$

Расчет на действие поперечной силы производится для тех же сечений. Если соблюдается условие

$$Q \leq 0,6R_{bt} \cdot b \cdot h_0, \quad (42)$$

то поперечная арматура устанавливается конструктивно. В противном случае поперечную арматуру рассчитывают по формуле:

$$Q \leq Q_{swb} = \sqrt{8R_{bt} \cdot h_0^2 \cdot b \cdot q_{sw}}, \quad (43)$$

где

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot f_{sw} \cdot n}{s}. \quad (44)$$

По конструктивным требованиям шаг поперечных стержней принимается исходя из условия: $s \leq h/2$.

При этом величина шага не должна быть больше s_{max} , определяемого по формуле:

$$s_{max} = 1,5R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2 \cdot \frac{1}{Q}.$$

В приведенных формулах содержатся следующие показатели:

A_s – площадь сечения рабочей арматуры в см^2 ;

R_s – расчетное сопротивление рабочей арматуры при действии изгибающего момента в МПа;

R_{sw} – расчетное сопротивление поперечной арматуры в МПа;

R_b, R_{bt} – расчетное сопротивление бетона соответственно на осевое сжатие и осевое растяжение; R_b и R_{bt} принимаются при значении $\gamma_{bl} = 0,85$ в МПа;

h_0 – полезная высота в см; $h_0 = h - 2,5$;

b – расчетная ширина сечения, равная 100 см;

Q_{swb} – поперечная сила, воспринимаемая бетоном и хомутами в кН;

q_{sw} – погонное усилие в хомуте, МПа см;

f_{sw} – поперечное сечение стержня хомута в см²;

n – число срезов хомута;

s – шаг поперечных стержней в см.

Арматурные элементы обеих плит подпорной стены представлены в приложениях 3 и 4.

Для удобства рассмотрения чертежей введены условные обозначения: количество промежутков между стержнями, диаметр и шаг арматурных стержней, которые подлежат определению или назначаются в зависимости от варианта задания, обозначены соответственно через n , δ , s .

Сварная плоская сетка С1 содержит рабочую арматуру (поз.1) в виде стержней расчетного диаметра, площадь сечения которых зависит от величины изгибающего момента M_{I-I} . В качестве примера на чертеже приведено размещение рабочих стержней класса АIII (A400C) диаметром δ по типу $s \times n = 200 \times 14 = 2800$. Сочетание $s \times n$ на отрезке 2800 мм может быть представлено в другом варианте в зависимости от результатов расчета.

Для распределительной арматуры $\phi 8A I$ (A240C) (поз.2) сочетание $s \times n$ принимается студентом в зависимости от высоты лицевой плиты по заданию.

Сетка С2 вводится в лицевую плиту, исходя из конструктивных соображений, и может быть принята полностью по приложению 4, однако сочетание $s \times n$ по вертикали определяется студентом в зависимости от высоты лицевой плиты.

Сетка С3 берется однотипная для всех вариантов задания и применяется с целью усиления оголовка лицевой плиты.

Сетка С4 содержит рабочую арматуру (поз.8) в виде стержней расчетного диаметра, площадь сечения которых зависит от величины изгибающего момента M_{2-2} . В качестве примера на чертеже приведено размещение рабочих стержней класса АIII (A400C) диаметром δ по

типу $s \times n = 200 \times 14 = 2800$. Сочетание $s \times n$ на отрезке 2800 мм может быть представлено в другом варианте в зависимости от результатов расчета.

Сочетание $s \times n$ для распределительной арматуры $\phi 8A I$ (A240C) (поз.7) принимается студентом в зависимости от длины фундаментной плиты по заданию.

Сетка С5 содержит рабочую арматуру (поз.10) в виде стержней расчетного диаметра, площадь сечения которых зависит от величины изгибающего момента M_{3-3} . На чертеже в качестве примера показано размещение рабочих стержней класса АIII (A400C) диаметром δ по типу $s \times n = 200 \times 14 = 2800$.

Сочетание $s \times n$ на отрезке 2800 мм может быть представлено и в другом варианте в зависимости от результатов расчета.

Для распределительной арматуры $\phi 8A I$ (A240C) (поз.9) сочетание $s \times n$ принимается студентом в зависимости от длины фундаментной плиты по заданию.

Сетка С6 вводится в фундаментную плиту с целью усиления щелевого паза и принимается по чертежу приложения 4. При этом отрезки l должны быть скорректированы в соответствии с высотой фундаментной плиты по заданию. На чертеже в качестве примера приведена сетка С6 для ПФ-5.

Сетка С7 вводится в фундаментную плиту с той же целью, что и С6. При этом отрезки l и l_I должны быть скорректированы в соответствии с высотой фундаментной плиты по заданию. На чертеже в качестве примера приведена сетка С7 для ПФ-5.

Каркасы К1, К2, К3, К4, К5, К6, К7 приведены в приложении 4. Они устанавливаются в обеих плитах сборной подпорной стены. При этом высота каждого каркаса зависит от его местоположения в плите и марки лицевой или фундаментной плиты. Руководствуясь этим указанием, студент определяет высоту каркаса с учетом толщины защитного слоя $a = 25$ мм.

В случае установки каркасов по конструктивным соображениям, когда соблюдается условие (42), проектное положение каркаса принимается в соответствии с приложением 3.

При необходимости установки поперечной арматуры по расчету каркасы размещаются с расчетным шагом на $\frac{1}{4}$ высоты или длины плиты, начиная от рассматриваемого сечения, причем число срезов хомутов в формуле (44) принимается равным $n = 100$ см.

Петли М1, М2, М3 показаны в приложении 4. Высота петли М3 определяется студентом в зависимости от типа фундаментной плиты, принимаемого по заданию.

В разделе **«Конструктивные мероприятия»** необходимо предусмотреть и отразить на чертежах:

- температурно-осадочные швы через каждые 30 м шириной 30 мм;
- дренажные отверстия диаметром 50 мм через каждые 3 м;
- пристенный дренажный коллектор треугольного сечения высотой 400-500 мм из гравия крупностью 20-30 мм с продольным уклоном 0,04;
- гидроизоляцию поверхностей стены, контактирующих с грунтом, в виде обмазки горячим битумом за два раза.

В разделе **«Технология строительства и вопросы охраны труда»** необходимо, руководствуясь данными специальной литературы, разработать и обосновать методы устройства котлована-траншеи и способы монтажа конструкций. Следует охарактеризовать применяемые механизмы и подъемно-транспортное оборудование.

В обязательном порядке следует рассмотреть основные мероприятия по технике безопасности строительства и охране труда.

В разделе **«Вопросы экологии при проектировании и возведении подпорной стены»** предусматриваются меры, направленные на сохранение окружающей среды (древесной и кустарниковой растительности, почвенного покрова и т.д.). Следует учитывать возможность опасного повышения уровня грунтовых вод на участке строительства подпорной стены. Для

предотвращения подтопления подпорную стену необходимо оборудовать со стороны подпора пристенным дренажом с дренажными отверстиями.

В разделе **«Технико-экономические показатели»** производится оценка стоимости сооружения.

Объем работ подсчитывается на основании принятых в расчетной работе размеров подпорной стены. Длина стены устанавливается по топографическому плану местности и согласовывается с руководителем, если в этом есть необходимость.

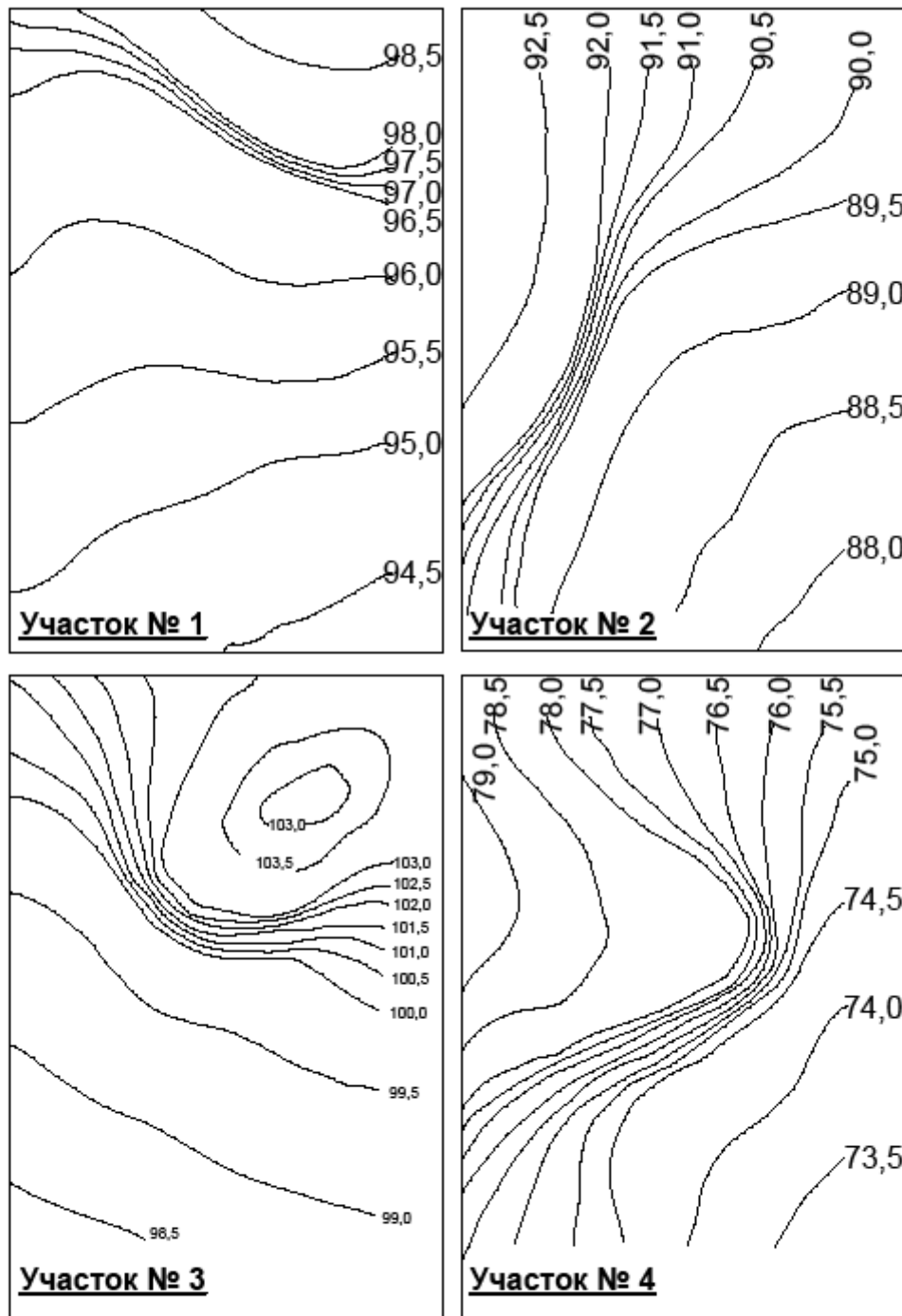
В расчетной работе необходимо поместить перечень технических источников, которые понадобились при подготовке разделов. Подбор специальной технической литературы следует выполнить в самом начале проектирования.

Оформленная расчетная работа начинается содержанием, которое составляется в соответствии с принятой по нормам нумерацией разделов и подразделов.

Список источников

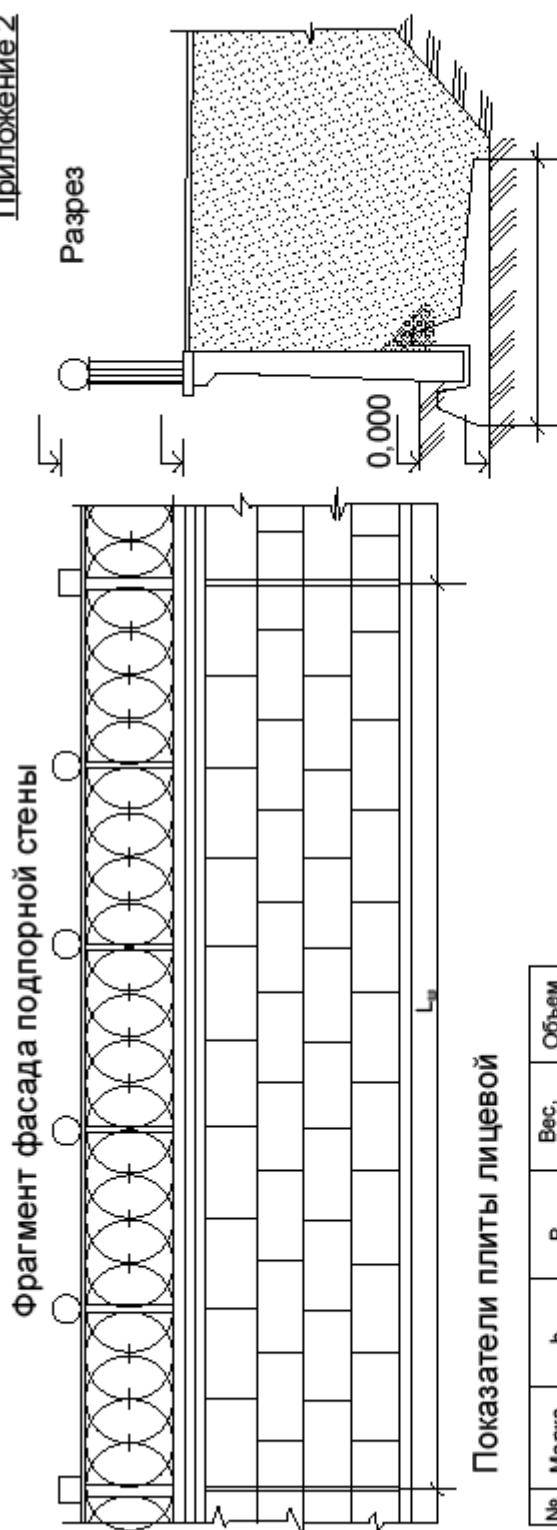
1. Руководство по проектированию подпорных стен и стен подвалов для промышленного и гражданского строительства. – М.: Стройиздат, 1984.
2. Бондаренко В.М., Судницын А.И. Расчет строительных конструкций. Железобетонные и каменные конструкции. – М.: Высшая школа, 1984.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1985.
4. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основні положення проектування. Київ. Мінрегіонбуд України. 2009.
5. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений, 1985.
6. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. 1985.

Приложение 1



Топографические планы участков городской территории, отводимой под застройку. М 1:1000

Приложение 2



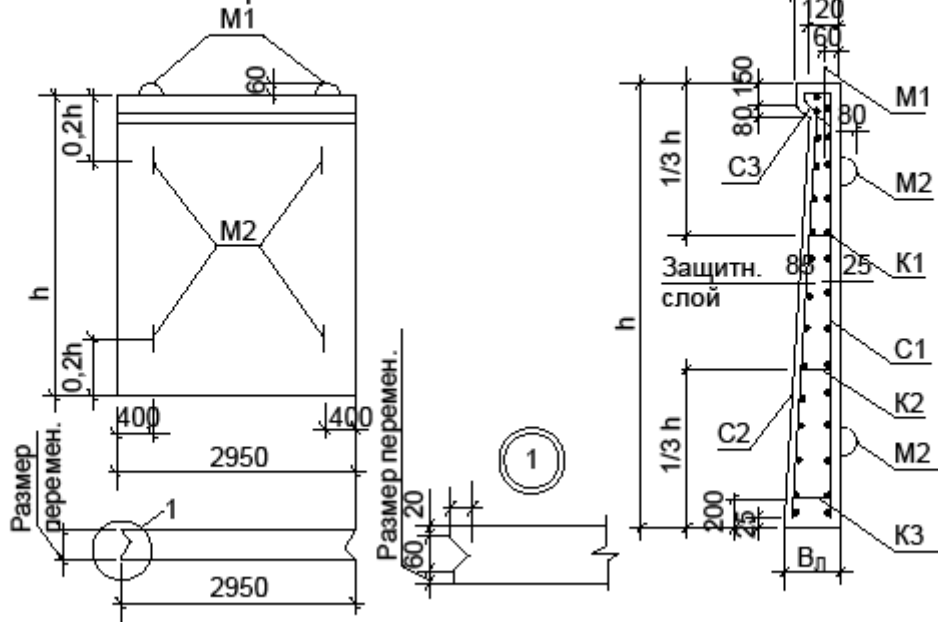
Показатели плиты лицевой

№ п/п	Марка плиты	h , мм	B_n , мм	Вес, кН P_n	Объем бетона, м^3
1	ПЛ-1	1500	140	15,0	0,60
2	ПЛ-2	1800	140	18,0	0,72
3	ПЛ-3	2100	150	23,0	0,90
4	ПЛ-4	2400	150	25,6	1,03
5	ПЛ-5	2700	160	30,0	1,20
6	ПЛ-6	3000	160	33,0	1,32
7	ПЛ-7	3300	200	40,0	1,60
8	ПЛ-8	3600	200	43,8	1,75
9	ПЛ-9	3900	240	53,0	2,12
10	ПЛ-10	4200	240	57,5	2,29

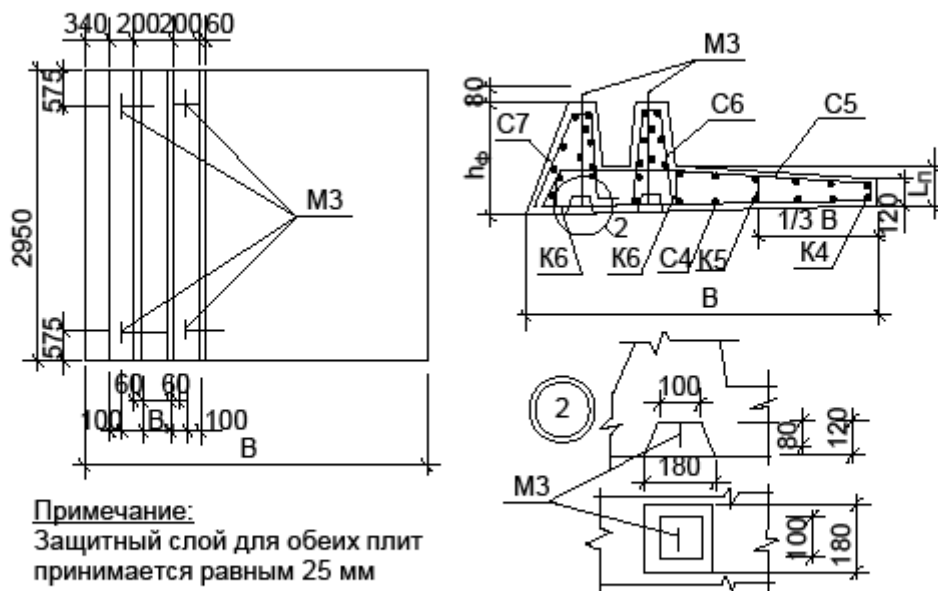
Показатели плиты фундаментной

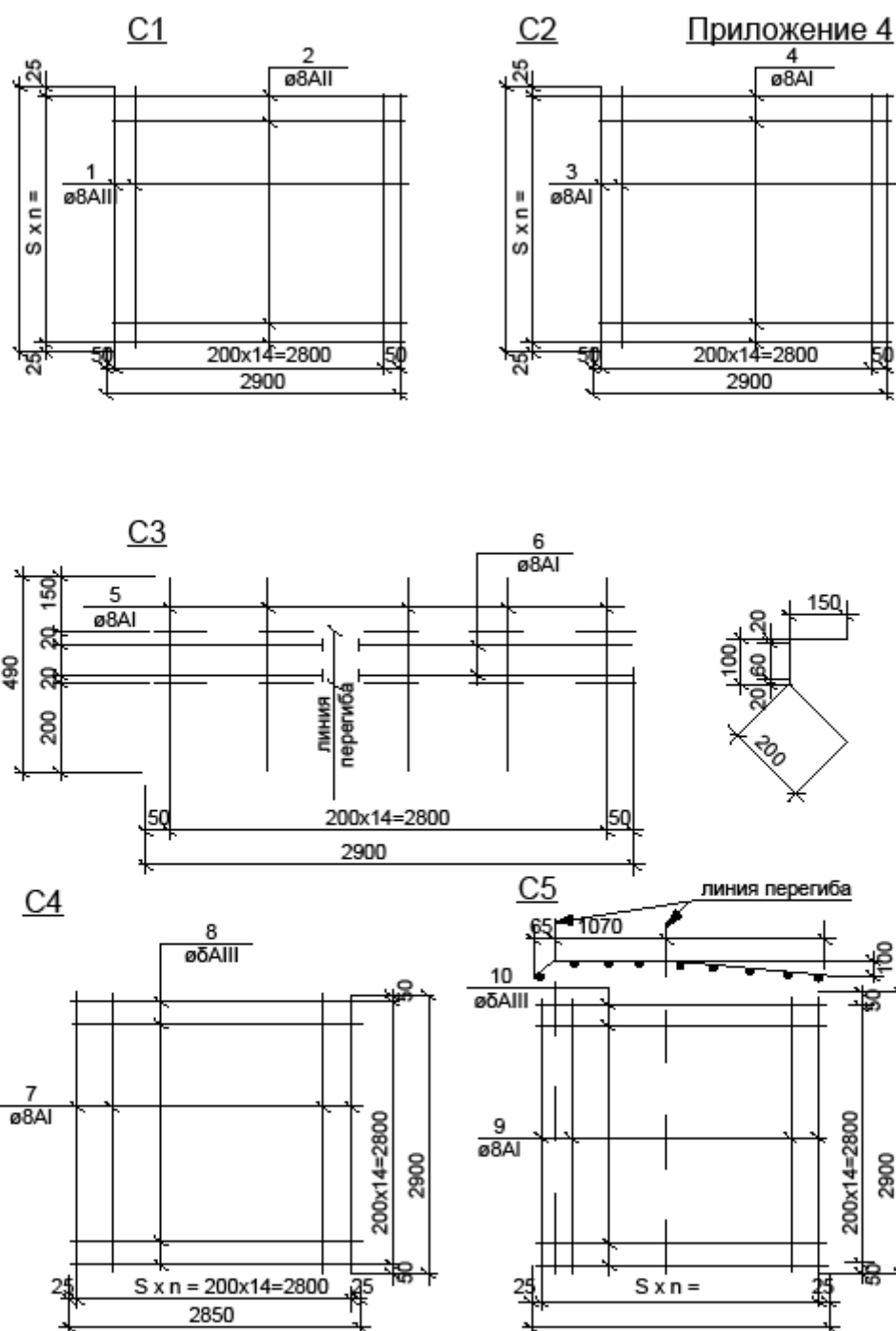
№ п/п	Марка плиты	B , мм	$h_{\text{ф}}$, мм	B_n , мм	$L_{\text{ф}}$, мм	Вес, кН $P_{\text{ф}}$	Объем бетона, м^3
1	ПФ-1	1900	500	230	200	33,0	1,31
2	ПФ-2	2200	500	230	200	38,0	1,51
3	ПФ-3	2500	600	240	200	52,0	1,08
4	ПФ-4	2800	700	240	200	58,8	2,35
5	ПФ-5	3100	800	320	300	76,7	3,07
6	ПФ-6	3400	900	320	400	84,0	3,36
7	ПФ-7	3700	1000	320	400	91,5	3,66

Плита лицевая - ПЛ



Плита фундаментная - ПФ

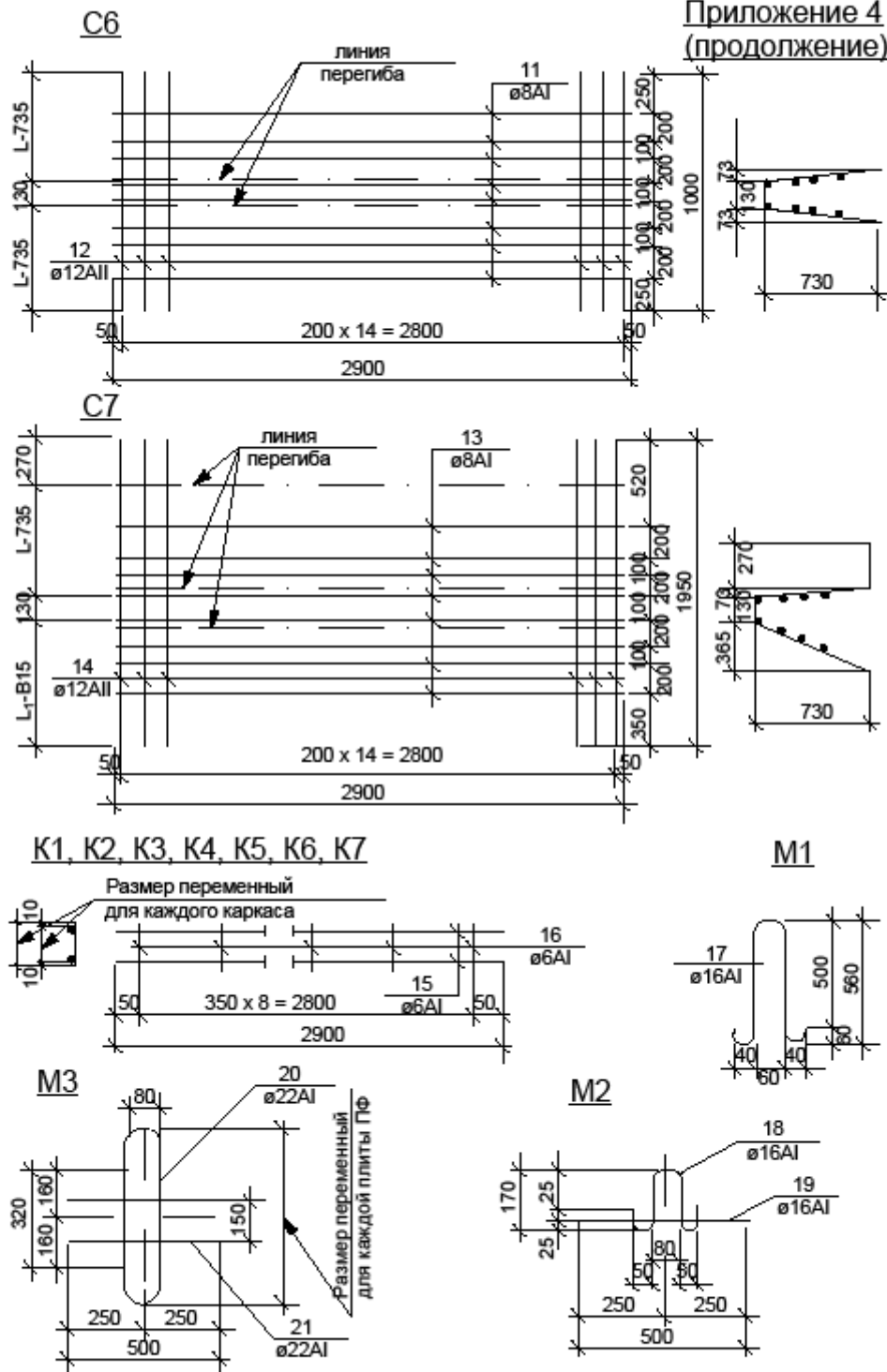


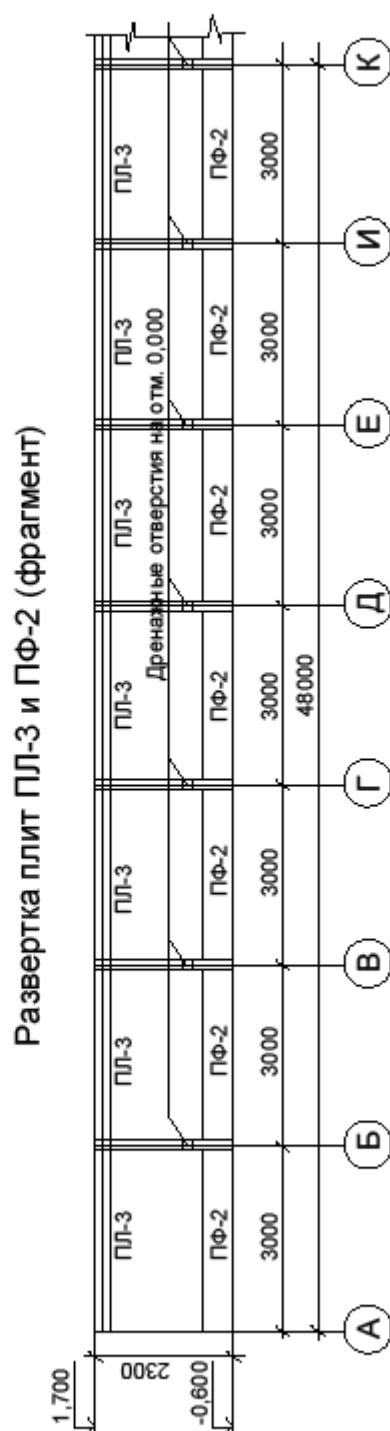
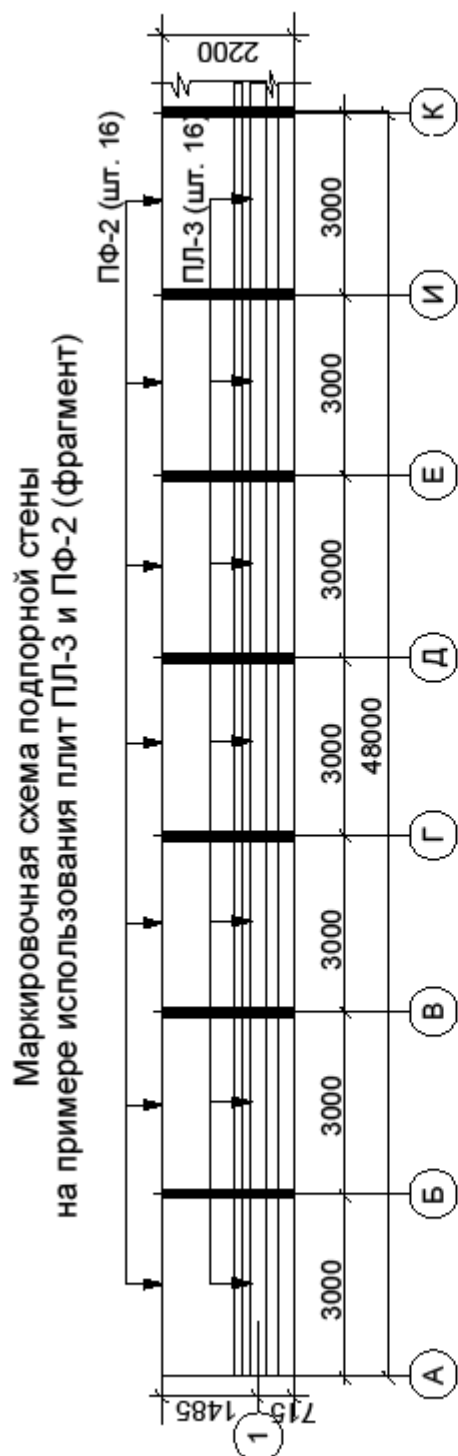


Примечание:

Определяемые по расчету в арматурном элементе количество промежутков между стержнями, шаг и диаметр стержней обозначены соответственно через n , S , δ

Приложение 4
(продолжение)





НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки
до виконання практичних занять,
розрахунково-графічної і самостійної робіт
з дисципліни

«Міські інженерні споруди»

*(для студентів 4 курсу денної і 3 курсу заочної форм навчання
напрямку підготовки 6.060101 «Будівництво»
спеціальності «Міське будівництво та господарство»)*

(Рос. мовою)

Укладачі: **РУДЬ** Олександр Григорович,
БРОНЖАЄВ Михайло Федорович,
МІШУРОВА Тетяна Віталіївна

Редактор *З. І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2011, поз. 21М

Підп. до друку 14.03.2012р.

Друк на ризографі

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 2,0

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011р.