

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений»**

Направление подготовки
Направленность (профиль)

08.04.01 Строительство
Теория и проектирование зданий и
сооружений

Ставрополь

Методические указания предназначены для студентов специальности 08.04.01 к выполнению практических работ по дисциплине «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений». Выполнение практических работ является необходимым опытом практического приложения теоретических знаний к решению конкретных задач в рамках изучаемой дисциплины. Этот трудоемкий процесс потребует от студентов определенных навыков.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования и программы дисциплины «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений» и предназначены для студентов всех форм обучения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа №1	5
Расчет устойчивости грунтовых массивов	
Практическая работа №2	16
Оценка интенсивности плоскостного смыва (эрозия)	
Практическая работа №3	21
Расчет дренажных систем для перехвата поверхностного стока на обводнённой территории	
Практическая работа №4	25
Основы расчета и проектирования ливневой канализации с целью предотвращения образования поверхностного стока	
Практическая работа №5.	34
Укрепление откосов. Противоэрозионные мероприятия	
Практическая работа №6.	39
Основы расчетов инженерно-биологических сооружений	
Практическая работа №7.	49
Подбор по заданным условиям и вычерчивание станционных тоннелей	
Практическая работа №8.	54
Проектирование подземного пешеходного тоннеля	
Практическая работа №9.	61
Разработка плана отдельно стоящей постоянной подземной стоянки	
Список рекомендуемой литературы	66
Приложения	68
Приложение 1. Параметры устойчивости откоса	
Приложение 2. Элементы разрушения грунтов	
Приложение 3. Подпорные стенки и анкерное крепление	
Приложение 4. Противоэрозионная защита откосов	
Приложение 5-9. Укрепление откосов	

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие направлено на формирование у учащихся по направлению «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений» таких компетенций, как:

ПК-5 владеет методикой разрабатывать и согласовывать технические решения и проектную документацию в области механики грунтов и фундаментостроения

ПК-6 способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности

При работе рекомендуется изучить теоретические материалы по теме и методику расчета параметров сооружений и затем приступить к выполнению самостоятельной работы. В приложении содержатся материалы, дополняющие теоретическую часть, а также справочные данные по конструкциям и сооружениям. Представленные в Приложении схемы конструкций и сооружений могут использоваться на лекционных занятиях, что обеспечит наглядность изучаемого материала и высокое качество его усвоения.

Практическая работа №1

Расчет устойчивости грунтовых массивов

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

1. Теоретическая часть

Угол естественного откоса — угол, образованный свободной поверхностью рыхлой горной массы или иного сыпучего материала с горизонтальной плоскостью. Иногда может быть использован термин «угол внутреннего трения».

По углам естественного откоса определяются максимально допустимые углы откосов уступов и бортов карьеров, насыпей, отвалов и штабелей.

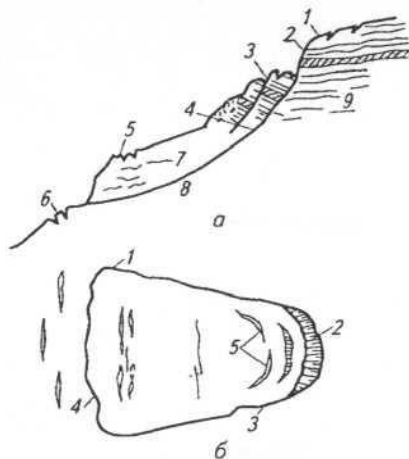
Откосом называется искусственно созданная поверхность, ограничивающая природный грунтовый массив, выемку или насыпь. Откосы образуются при возведении различного рода насыпей (дорожное полотно, дамбы, земляные плотины и т.д.), выемок (котлованы, траншеи, каналы, карьеры и т.п.) или при перепрофилировании территорий.

Склоном называется откос, образованный природным путем и ограничивающий массив грунта естественного сложения.

При неблагоприятном сочетании разнообразных факторов массив грунтов, ограниченный откосом или склоном, может перейти в неравновесное состояние и потерять устойчивость.

Рис. 1

а – про-
– трещ
оползня
– левый



а срыва, 3 – оползневые ступени, 4 – зеркало оползня, 5 – трещины основания оползня, 7 – тело оползня, 8 – ложе оползня, 1 – правый борт оползня, 2 – верхняя граница оползня, 3 – левый борт оползня, 5 – трещины скольжения

Основы
являю-
строй
находя

потери устойчивости откосов и склонов

мо крутого откоса или подрезка склона, м к предельному;

увеличение внешней нагрузки (возведение сооружений, складирование материалов на

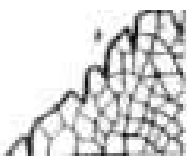
откосе или вблизи его бровки);

изменение внутренних сил (увеличение удельного веса грунта при возрастании его влажности или, напротив, влияние взвешивающего давления воды на грунты);

неправильное назначение расчетных характеристик прочности грунта или снижение его сопротивления сдвигу за счет, например повышения влажности;

проявление гидродинамического давления, сейсмических сил, различного рода динамических воздействий (движение транспорта, забивка свай и т.п.).

Таблица 1 – Виды деформации грунтов

Вид деформации		Характер деформации	Причины
Размывы		Эрозия поверхности откосов насыпей и выемок	Движение воды
Осадки, заколы		Трещины в прибровочных и откосных частях	Недоуплотнение откосной части
Осыпи		Накопление продуктов выветривания	Циклическое увлажнение-высушивание
Сплывы		Смещение увлажненных продуктов выветривания	То же
Вывалы		Выпадение отдельных обломков	Технология разработки выемок

Методы расчета устойчивости откосов

Основными элементами открытой разработки карьера, котлована или траншей без крепления откосов является высота H и ширина l уступа, его форма, крутизна и угол естественного откоса α (рис.2). Обрушение уступа происходит чаще всего по линии ВС, расположенной под углом θ к горизонту. Объем ABC называется призмой обрушения. Призма обрушения удерживается в равновесии силами трения, приложенными в плоскости сдвига.

Нарушение устойчивости земляных масс часто сопровождается значительными

разрушениями мостов, дорог, каналов, зданий и сооружений, расположенных на оползающих массивах. В результате нарушения прочности (устойчивости природного склона или искусственного откоса) формируются характерные элементы оползня (рис. 3).

Устойчивость откосов анализируется с помощью теории предельного равновесия или путем рассмотрения призмы обрушения или сползания по потенциальной поверхности скольжения как твердого тела.

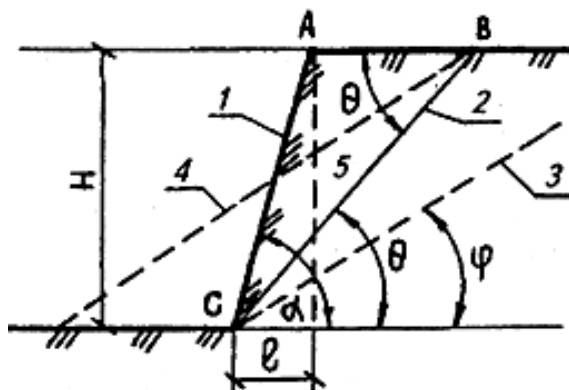


Рис. 2 Схема откоса грунта:

1 — откос; 2 — линия скольжения;
3 — линия, соответствующая углу внутреннего трения; 4 — возможное очертание откоса при обрушении; 5 — призма обрушения массива грунта

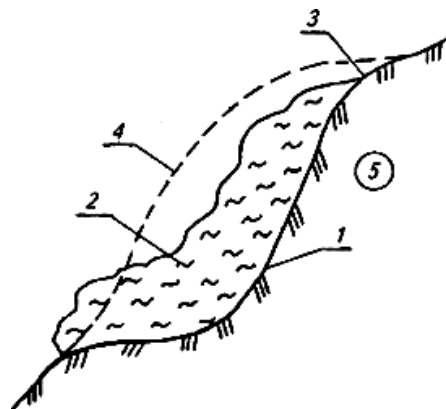


Рис. 3. Элементы оползня: 1 -

поверхность скольжения;
2 - тело оползня; 3 - стенка срыва; 4 -
положение склона до оползневого
смещения;
5 — коренные породы склона.

Устойчивость откоса в основном зависит от его высоты и вида грунта.

Для установления некоторых понятий рассмотрим две элементарные задачи:

- устойчивость откоса идеально сыпучего грунта;
- устойчивость откоса идеально связного массива грунта.

Устойчивость откоса идеально сыпучего грунта. Рассмотрим в первом случае устойчивость частиц идеально сыпучего грунта, слагающего откос. Для этого составим уравнение равновесия твердой частицы М, которая лежит на поверхности откоса (рис. 4а). Разложим вес этой частицы F на две составляющие: нормальную N к поверхности откоса АВ и касательную T к ней. При этом сила T стремится сдвинуть частицу M к подножию откоса, но ей будет препятствовать противодействующая сила T' , которая пропорциональна нормальному давлению.

Тогда, $N = F \cdot \cos \alpha; \quad T = F \cdot \sin \alpha$ (1)

$T' = f \cdot N = f \cdot \cos \alpha = F \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi$ (2)

где f — коэффициент трения частицы грунта по грунту, равный тангенсу угла внутреннего трения.

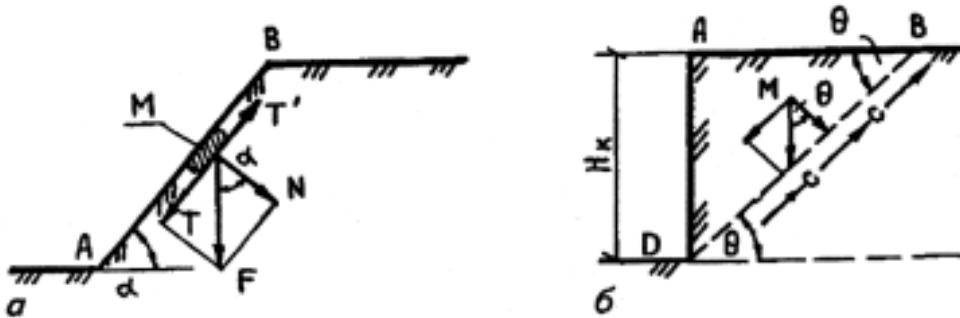


Рис. 4. Схема сил, действующих на частицу откоса: а — сыпучий грунт; б — связный грунт

Составим уравнение проекции всех сил на наклонную грань откоса в условиях предельного равновесия:

$$F \cdot \sin \alpha - F \cdot \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0$$

(3)

Отсюда получим, что в этих условиях $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi$, окончательно $\alpha = \varphi$.

Таким образом, предельный угол откоса сыпучего грунта равен углу внутреннего трения. Этот угол носит название угол естественного откоса.

Устойчивость откоса идеально связного массива грунта. Рассмотрим устойчивость откоса AD высотой H_k для связного грунта (рис. 4, б). Нарушение равновесия при некоторой предельной высоте произойдет по плоской поверхности скольжения BD, наклоненной под углом θ к горизонту, так как наименьшей площадью такой поверхности между точками В и D будет обладать плоскость BD. По всей этой

плоскости будут действовать силы удельного сцепления C .

Составим уравнение равновесия всех сил, действующих на оползневую призму ABD. Принимая во внимание, что, согласно рис. 4б, сторона призмы обрушения AB $= H_k \operatorname{ctg} \theta$, получим

$$F = \frac{\operatorname{ctg} \theta \cdot \gamma \cdot H_k^2}{2} \quad (4)$$

где γ — удельный вес грунта.

Силами, сопротивляющимися скольжению, будут лишь силы удельного сцепления, которые распределяются по плоскости скольжения.

$$BD = \frac{H_k}{\sin \theta}$$

В верхней точке В призмы ABD давление будет равно нулю, а в нижней точке Д максимальное, тогда посередине — половине удельного сцепления.

Составим уравнение проекции всех сил на плоскость скольжения и приравняем ее к нулю:

$$\frac{\gamma}{2} H_k^2 \cdot \operatorname{ctg} \theta \cdot \sin \theta - \frac{c H_k^2}{2} \sin \theta = 0 \quad (5)$$

$$c = \frac{\gamma H_k}{2} \sin 2\theta \quad (6)$$

Полагая, $\sin 2\theta = 1$ при $\theta = 45^\circ$, получим

$$H_k = \frac{2c}{\gamma} \quad (7)$$

Из выражения (7) видно, что при высоте котлована (откоса) $H_k > 2c/\gamma$ произойдет обрушение массива грунта по некоторой плоскости скольжения под углом к горизонту.

Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Реальные грунты, как правило, обладают не только сцеплением, но и трением. В связи с этим проблема устойчивости откосов становится значительно сложнее, чем в рассмотренных случаях. Поэтому на практике для решения задач в строгой постановке, большое распространение получил метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения.

Теория предельного равновесия грунтов, развитая В.В. Соколовским, позволяет решать задачи двух типов:

- задан угол наклона плоского откоса, определяется интенсивность внешней нагрузки на верхней горизонтальной поверхности грунта, ограниченного откосом массива;
- задана интенсивность нагрузки на верхней горизонтальной

поверхности грунта, ограниченного откосом массива, определяется форма равноустойчивого откоса, находящегося в предельном напряженном состоянии.

Задача первого типа, при однородных грунтах и плоском откосе (рис. 5) решена В.В. Соколовским в безразмерных величинах q (табл.2).

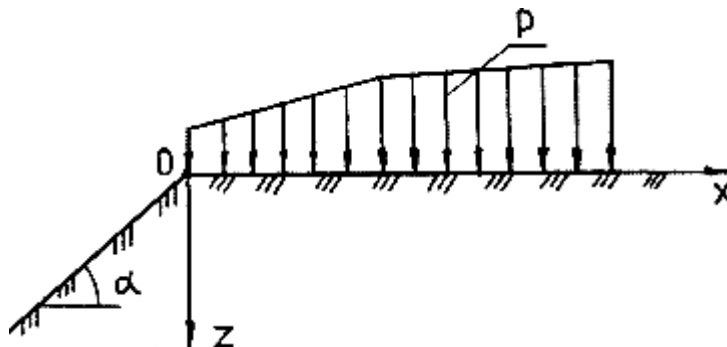


Рис. 5. Схема к расчету устойчивости плоского откоса по теории предельного равновесия

Таблица 2 – Значения безразмерного коэффициента q

X	При φ , град.											
	10		20		30				40			
	При α , град.											
	0	10	0	10	20	10	20	30	10	20	30	40
0	8,3	7,5	14,8	12,7	10,9	24,3	19,6	15,7	55,9	41,4	30,6	22,5
1	9,6	8,2	20,6	16,6	13,1	39,8	28,8	20,3	126,0	81,1	50,9	31,0
2	10,8	8,9	25,4	19,9	15,0	52,9	36,7	24,2	186,0	115,0	68,4	38,1
3	11,8	9,6	29,8	23,0	16,7	65,1	44,1	27,8	243,0	148,0	84,9	44,4
4	12,8	10,2	34,0	25,8	18,3	76,8	51,2	31,1	299,0	179,0	101,0	50,4
5	13,7	10,8	38,0	28,7	19,9	88,3	58,1	34,3	354,0	211,0	117,0	56,2
6	14,5	11,3	41,8	31,4	21,4	99,6	65,0	37,4	409,0	241,0	132,0	61,7

Исходными уравнениями для решения этой задачи являются:

$$\frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} = Z ; \quad (8)$$

$$\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = X ; \quad (9)$$

$$(\sigma_z - \sigma_x)^2 + 4\tau_{zx}^2 = (\sigma_z + \sigma_x + 2c \operatorname{ctg} \varphi)^2 \sin^2 \varphi . \quad (10)$$

Выражения (8) и (9), как было сказано, представляют дифференциальные уравнения равновесия, а (10) — условие предельного равновесия.

Предельная нагрузка на верхней горизонтальной поверхности откоса, зная q , определяется из выражения

$$P_u = \bar{q}c + c \operatorname{ctg} \varphi \quad (11)$$

где q — безразмерный коэффициент, зависящий от углов внутреннего трения φ , угла α и расстояния x от края откоса до рассматриваемой точки (табл.1). Задача второго типа для случаев, когда на верхней горизонтальной поверхности откоса распределена равномерная нагрузка (по В.В. Соколовскому):

$$P_0 = \frac{2c \cdot \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

(12)

и надо найти равноустойчивый откос.

Для случаев, когда $c \neq 0$ и $\varphi \neq 0$, с помощью численного интегрирования дифференциальных уравнений получены очертания равноустойчивых откосов в безразмерных коэффициентах, которые представлены на рис. 6. Согласно рис. 6

для нахождения действующего очертания равноустойчивого откоса определяют X и Z :

$$X = \frac{\bar{X}c}{\gamma}; \quad Z = \frac{\bar{Z}c}{\gamma}$$

(13)

и строят равноустойчивый откос, начиная с его верхней кромки.

При угле внутреннего трения $\varphi = 0$ устойчивость откоса определяется силами сцепления:

$$c = \frac{Qr}{Rl}, \quad (14)$$

где c — удельная сила сцепления, обеспечивающая устойчивость откоса; Q — масса призмы обрушения (рис. 5, а) равная $Q = \gamma \cdot h$; h — высота откоса; γ — удельный вес оползающего грунта; r — плечо силы относительно центра O ; l — длина дуги поверхности скольжения.

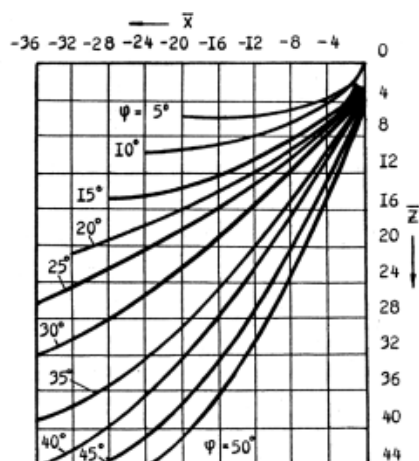


Рис.6. Графики для построения равноустойчивых контуров откосов в безразмерных координатах

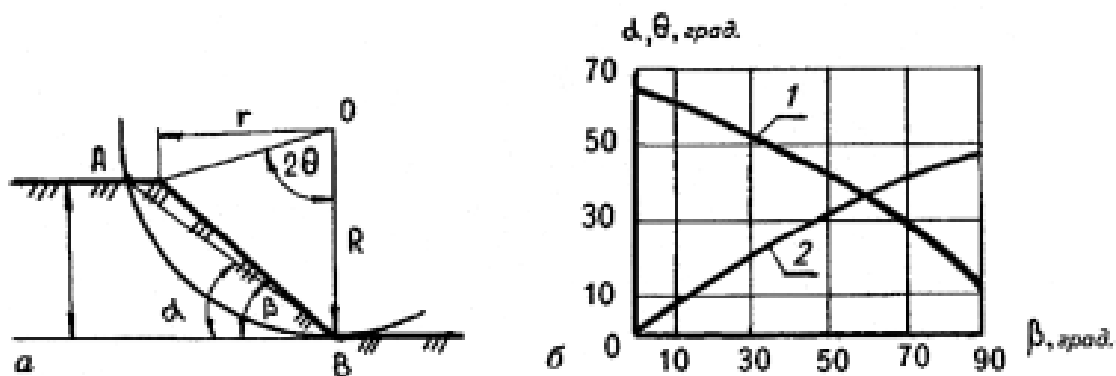


Рис. 7. Схемы к расчету устойчивости откоса: 1- зависимость $\angle \alpha$ от β ; 2 - зависимость $\angle \theta$ от $\angle \beta$; γ - удельный вес оползающего грунта; r — плечо силы относительно центра O ; R — радиус поверхности скольжения; l - длина дуги поверхности скольжения

Откос находится в устойчивом состоянии, если величина фактической силы сцепления c будет больше или равна критической c_{cv} или максимальной удельной силе сцепления:

$$c_{cv} = \frac{\gamma h}{f(\alpha, \beta, \theta)} = \frac{\gamma h}{k_s} \quad (15)$$

Вероятная поверхность скольжения пройдет через подошву откоса по такой дуге окружности, для которой требуется c_{cv} . При известном значении угла β значения углов α и θ и, следовательно, положение центра O определяют по графику Феллениуса (рис. 7).

Большое распространение на практике получил метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения, сущность этого метода заключается в отыскании круглоцилиндрической поверхности скольжения с центром в некоторой точке O , проходящей через подошву откоса, для которой коэффициент устойчивости будет минимальным (рис. 8).

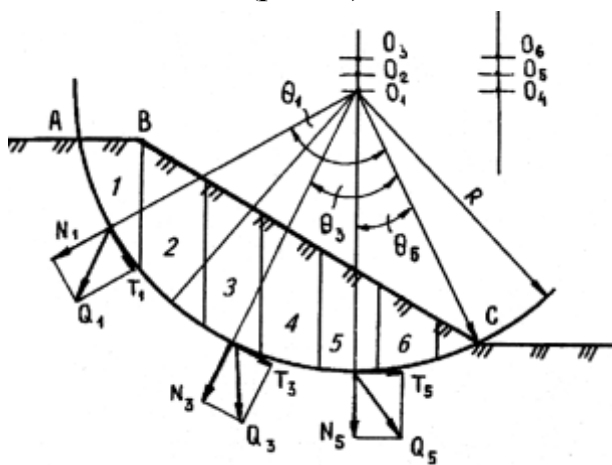


Рис. 8. Схема к расчету устойчивости откоса методом круглоцилиндрической поверхности скольжения

Расчет ведется для отсека, для чего оползающий клин ABC разбивается на n

вертикальных отсеков. Делается предположение, что нормальные и касательные напряжения, действующие по поверхности скольжения, в пределах каждого из отсеков оползающего клина определяются весом данного отсека Q_i , и равны соответственно:

(16)

$$\tau_i = \frac{T_i}{A_i} = \frac{Q_i \sin \varphi_i}{A_i} \quad (17)$$

Здесь, A_i — площадь поверхности скольжения в пределах i -го вертикального отсека, $A_i = l \cdot l_i$; l_i — длина дуги скольжения в плоскости чертежа.

Препятствующее оползанию откоса сопротивление сдвигу по рассматриваемой поверхности в предельном состоянии

$$\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \quad (18)$$

Из (16) — (18) следует выражение для силы сопротивления сдвигу в пределах i -го отсека:

$$Q_i = A_i(\tau_u)_i = A_i(\sigma_i \operatorname{tg} \varphi_i + c) = N_i \operatorname{tg} \varphi_i + A_i c_i \quad (19)$$

Устойчивость откоса можно оценить отношением моментов удерживающих $M_{s,l}$ и сдвигающих $M_{s,a}$ сил. Соответственно коэффициент запаса устойчивости определим по формуле

$$k_s = \frac{M_{s,l}}{M_{s,a}} \quad (20)$$

Момент удерживающих сил относительно т.О представляет собой момент сил Q_i :

$$M_{s,l} = \sum_{i=1}^n Q_i R_i = R \sum_{i=1}^n (N_i \operatorname{tg} \varphi_i + 1 \cdot c_i \cdot l_i) \quad (21)$$

Момент сдвигающих

$$M_{s,a} = \sum T_i R_i = R \sum_{i=1}^n Q_i \sin \theta_i \quad (22)$$

Тогда формулу (19) можно записать в следующем виде:

$$k_s = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cos \theta_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + 1 \cdot c_i \cdot l_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i \sin \theta_i} \quad (23)$$

При наличии подземных вод учитывают фильтрационное давление, которое будет уменьшать устойчивость откоса. Фильтрационное давление определяют как нормальную составляющую:

$$N_f = A' \cdot \gamma_w, \text{ для } i\text{-й призмы или отсека} \quad N_{fi} = A'_i \cdot \rho_w \quad (24)$$

где A' — площадь, занятая фильтрационным потоком в оползающей призме грунта, равная $A' = A'_1 + A'_2 + A'_3$ (рис. 9); γ_w — удельный вес воды.

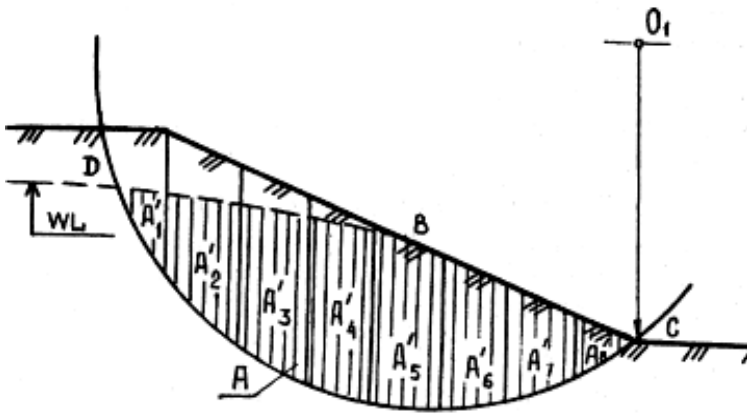


Рис. 9. Схема к определению площади, занятой фильтрационным потоком

Фильтрационное давление влияет только на нормальную составляющую формулы (23).

Устойчивость откоса согласно изложенной расчетной методике обеспечена, если $k_s > 1$. При проектировании сооружений коэффициент устойчивости назначают обычно в пределах 1,2—1,3.

Для решения практических задач установлен следующий порядок расчета. Из некоторого произвольного центра O_1 радиусом R через точку C проводят поверхность скольжения (рис. 9). Участок откоса, ограниченный дугой AC и ломаной линией откоса ABC , разбивают на ряд призм равной ширины, массу которых подсчитывают как площади соответствующих фигур, умноженных на удельный вес грунта. При наличии в откосе грунтов с различным удельным весом строят фиктивный профиль с удельным весом, приведенным к одному из

имеющихся.

Далее по формуле (23) определяют коэффициент устойчивости. После того повторяют построения и расчеты при цилиндрических поверхностях скольжения, проведенных из новых центров O_2 , O_3 и т.д. до тех пор, пока не будет найдено минимальное значение k_s на первой вертикали.

Аналогично проводят расчет, определяя минимальное значение коэффициента устойчивости для второй вертикали, строя круглоцилиндрические поверхности, проведенные из центров O_4 , O_5 , O_6 . Затем такие же расчеты повторяют для третьей, четвертой и т.д. вертикалей, пока не будет определен самый минимальный коэффициент устойчивости. Поверхность скольжения, имеющая наименьшую величину k_s , будет наиболее вероятной поверхностью скольжения грунтов склона.

Задание для самостоятельного выполнения

Задача 1

Найдите максимальную высоту откоса, при которой обеспечивается условие устойчивости откоса ($h_{\max}$), если известно, что $c=0,1 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ т/ м}^3 = 0,01 \text{ МПа} = 0,01 \text{ МН/ м}^3$; $\gamma = 2 \text{ т/ м}^3 = 20 \text{ кН/ м}^3 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ МН/ м}^3$.

Задача 2

Определите массу призмы обрушения откоса (рис. 6,а), если известно $h = 5 \text{ м}$, $c=0,1 \text{ кг/м}^3$, $\gamma = 2 \text{ т/ м}^3$ (при условии, что угол внутреннего трения $\varphi=0$).

Задача 3

Какими силами удельного сцепления c должен обладать откос идеально связанного массива грунта, ситуационная схема которого представлена на рис. 3, б, если известно $H_k = 7 \text{ м}$, $\gamma = 2 \text{ т/ м}^3$, $\alpha = 45^\circ$.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение следующих понятий: угол естественного откоса, склон, откос.
2. Каковы основные причины потери устойчивости откосов и склонов.
3. Решение каких типов задач позволяет выполнить теория предельного равновесия грунтов, развитая В.В. Соколовским?
4. Назовите основные элементы оползня.

Практическая работа №2

Оценка интенсивности плоскостного смыва (эрозия)

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

Теоретическая часть

Под *плоскостным (поверхностным) смывом* понимается процесс удаления верхнего слоя почвы и грунта под действием мелких струй дождевых или талых вод, стекающих по склону сплошной водной пеленой по меняющимся микроруслам, густой сетью покрывающих склон (Тимофеев, 1978).

Плоскостной смыв на сельскохозяйственных землях получил широкое развитие на распаханных склонах и является наиболее распространенным видом эрозии почв. Развитие этого процесса связано с поверхностным стоком, образующимся при выпадении дождей или таянии снега, и стекающим по склону в форме лавовых потоков или в виде мелких ручейков. При этом происходит уменьшение верхнего слоя почвы, выщелачивание органического вещества, ухудшение водно – физических свойств. О степени смытости почв судят по уменьшению содержания гумуса и по потере гумусового горизонта.

Классификация почв по степени смытости

Категория смытости	Потеря гумусового горизонта (A+B ₁), %	Уменьшение содержания гумуса (в слое почвы 0-50 или 0-25 см) по сравнению с несмытой почвой, %
Слабосмытые	До 25	10-20
Среднесмытые	25-50	20-50
Сильносмытые	50-75	более 50
Весьма сильносмытые	75-100	-

Отмечено, что в верхних частях склонов преобладает плоскостной смыв, в средних – как смыв, так и размыв, а в нижних – аккумуляция. Однако, процесс смыва, в зависимости от преобладающего фактора, может развиваться и иначе. Например, характер проявления смыва, вызываемого ливневыми осадками, существенно отличается от смыва, вызываемого интенсивным таянием снега.

В первом случае значительное количество осадков, выпадая за короткий промежуток времени, не успевает впитаться в почву и в зависимости от её свойств

(гранулометрического состава, пористости и др.) вызывает развитие мелких эрозионных борозд или промоин. В условиях же снеготаяния верхний водонасыщенный слой почвы легко сплывает по нижележащему мерзлomu горизонту (плащевая эрозия).

Плоскостной смыв на откосах земляного полотна автомобильных и железных дорог является наиболее распространенным видом дорожной эрозии. Особенно благоприятные условия для развития этого процесса существуют в аридных зонах: ливневый характер осадков, легкосмываемые лессовые породы и др. (с откосов дорожных насыпей за 10 лет эксплуатации смывается слой грунта толщиной 10-15 см, что соответствует объему 1800-2700 т/га).

Особенно интенсивный смыв происходит в первые 3 - 4 года, эксплуатации автомобильных дорог, когда даже на уплотненных, но плохо укрепленных откосах, в условиях выветривания, формируется рыхлый слой с пониженным сопротивлением отрыву частиц. В результате этого талая или дождевая вода, не имея возможности просочиться вглубь уплотненного тела дорожной насыпи, легко отрывает и смывает их к подошве откоса. При этом смытый грунт аккумулируется в кюветах, что приводит к нарушению водоотвода и, как следствие, подтоплению основания земляного полотна и прилегающих к дорогам территорий.

Важнейшими факторами, которые в той или иной степени определяют развитие плоскостного смыва, являются: климат, рельеф, геологическое строение, почвы, растительность и антропогенная деятельность.

Климат влияет на смыв прямо и косвенно. Прямое воздействие оказывают осадки, их интенсивность и продолжительность, а также время их выпадения, косвенное - влажность воздуха, ветер и др.

Рельеф влияет на плоскостной смыв через крутизну, длину, форму и экспозицию склонов (откосов).

Зависимость степени смытости почв от крутизны склонов

Крутизна склонов, град.	Степень смытости почв, %			
	Слабая	Средняя	Сильная	Несмытые
до 1	0	0	0	100
1-2	58	3	0	39
2-5	66	29	1	4
5-10	41	30	26	3
более 10	18	18	64	0

Крутизна является одной из главных характеристик смыва, так как определяет скорость стекания поверхностных вод, а, следовательно, и их эродирующую силу. Наблюдения показывают, что при крутизне склонов до 2°, смыв почв и грунтов

происходит слабо. На склонах от 2 до 5° смыв становится достаточно заметным, а при больших уклонах он проявляется интенсивно. Длина склона, обуславливая нарастание его кинетической энергии, способствует усилению смыва. При увеличении длины склона в 2 раза смыв почв может возрасть в 1,4 - 1,5 раза.

Форма продольного профиля склона обуславливает характер, ход и соотношение процессов эрозии и аккумуляции. Выпуклый склон считается наиболее эрозионноопасным. Здесь почвенный покров по степени смытости распределяется следующим образом: на водораздельных участках с уклонами от 0 до 2° располагаются несмытые и слабосмытые почвы, далее по склону, имеющему крутизну от 2 до 4°, залегают среднесмытые почвы, а еще ниже при уклоне от 4 до 8° - сильносмытые. На прямом склоне плоскостной смыв проявляется от водораздела до половины или двух третей склона. Ниже по склону смыв сменяется аккумуляцией. На склонах вогнутой и ступенчатой формы наиболее интенсивный смыв на крутых отрезках. На пологих участках происходит аккумуляция, где формируются намывные почвы.

Экспозиция склонов способствует как усилению, так и ослаблению плоскостного смыва. Это связано с различным нагреванием склонов, разной мощностью снежного покрова, снеготаянностью и т.д. В северных районах, на склонах северной экспозиции, запасы снега и глубина промерзания почв и грунтов больше, чем на южных. Поэтому здесь, по мере таяния снега, происходит постепенный смыв почв и грунтов, который превышает смыв на склонах южной экспозиции. На северных же склонах, в связи с небольшим притоком солнечной радиации, интенсивность снеготаяния несколько ниже, так как талые воды, стекая постепенно, способствуют почвам и грунтам противостоять смыву.

Геологический фактор в развитии плоскостного смыва определяется физико-механическими свойствами почв и грунтов (механический состав, удельное сцепление, водопроницаемость и др.). По этим свойствам горные породы подразделяют на легко-, средне- и трудноразмываемые.

Допустимая размывающая скорость

Виды горных пород	Плотность, г/см ³	Допустимая размывающая скорость, м/с
Пески мелкие	-	0,3-0,55
Суглинки легкие	менее 1,5	0,4-0,6
Суглинки легкие	более 1,5	0,6-0,7
Суглинки тяжелые	менее 1,5	0,6-0,8
Суглинки тяжелые	более 1,5	0,7-1,0
Глины средней плотности	1,2-1,6	0,8-1,2
Глины плотные	1,6-2,0	1,2-1,5
Известняки	-	2,5-4,0

Под *противоэрозионной устойчивостью почв* понимается сопротивляемость совместному воздействию капель дождя и потоков воды. Наиболее устойчивыми в противоэрозионном отношении являются черноземы. Это связано с большим содержанием гумуса, который во время дождя не дает набухать почве. Кроме того, на черноземе не образуется корка, способствующая интенсивному смыву. Весьма легкой смываемостью обладают засоленные почвы. Это связано с высоким содержанием в них катионов натрия, что придает почве дисперсность. Показателем устойчивости является влажность. Сухая почва легче поддается смыву, чем влажная. Значительную роль играют пылеватые фракции. Большое содержание этих частиц снижает водопроницаемость и способствует смыву почв.

Растительность защищает почвенный покров от ударного воздействия дождевых капель, снижает скорости течения временных водотоков, повышает противоэрозионную устойчивость почв, способствует равномерному распределению снежного покрова, снижает интенсивность снеготаяния и др.

Методика расчета интенсивности плоскостного смыва

1. Определяется количество смытого материала, $\text{м}^3/\text{га}$:

$V_{\text{см}} = M_{\text{см}} \cdot S$; $V_{\text{см}}$ – количество смытого материала;

$M_{\text{см}}$ – мощность смытого материала;

S – площадь смытого материала с гектара.

2. Зная плотность чернозема $\rho_{\text{ч}}$, можно определить количество смытого материала, т/га :

$$V \cdot \rho_{\text{ч}} = M_{\text{т}};$$

3. Полученные результаты сравнивают с табличными критериями и делают вывод об интенсивности смыва грунта с откоса.

Интенсивность плоскостного смыва

Категория интенсивности	Количество смытого материала с гектара, т/га	
	по М.Н. Заславскому, 1981	по В.М. Ивонину, 1986
Незначительная	до 0,5	-
Слабая	0,5-1,0	до 5,0
Средняя	1,0-5,0	5,0-10,0
Сильная	5,0-10,0	10,0-20,0
Очень сильная	>10,0	20,0-50,0
Чрезвычайно сильная	-	более 50,0

Задание для самостоятельного выполнения

Определить интенсивность смыва чернозема:

- средняя плотность чернозема 1200 кг/м^3 ;

- площадь, подвергающаяся смыву 10000 м^2 ;
- мощность смытого материала $150000 \text{ мм}^3/\text{год}$.

Как изменится интенсивность смыва, если сократить площадь смыва в 4 раза путем озеленения откоса и его укрепления?

Какая должна быть обеспечена плотность грунта, слагающего откос, чтобы сократить количество смываемого материала в 2 раза?

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию “плоскостной смыв”.
2. Назовите факторы, обуславливающие интенсивность плоскостного смыва.
3. В чем выражено влияние рельефа на развитие плоскостного смыва?
4. Что такое противозрозионная устойчивость почв и ее основные показатели?

Практическая работа №3

Расчет дренажных систем для перехвата поверхностного стока наобводнённой территории

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

Теоретическая часть

Система дренажа выбирается в зависимости от характера защищаемого объекта и гидрогеологических условий. При проектировании новых кварталов и микрорайонов на территориях с высоким уровнем подземных вод должна быть разработана общая схема дренажей. В состав схемы дренажей входят системы дренажей, обеспечивающие общее понижение уровня подземных вод на территории квартала (микрорайона), и местные дренажи для защиты от подтопления подземными водами отдельных сооружений.

К дренажам, обеспечивающим общее понижение уровня грунтовых вод относятся дренажи: головной или береговой; систематический. К местным дренажам относятся дренажи: кольцевой; пристенный; пластовый.

К местным дренажам относятся также дренажи, предназначенные для защиты отдельных сооружений: дренаж подземных каналов; дренаж прямиков; дорожный дренаж; дренаж засыпаемых рек, ручьев, логов и оврагов; откосный и застенный дренажи; дренаж подземных частей существующих зданий.

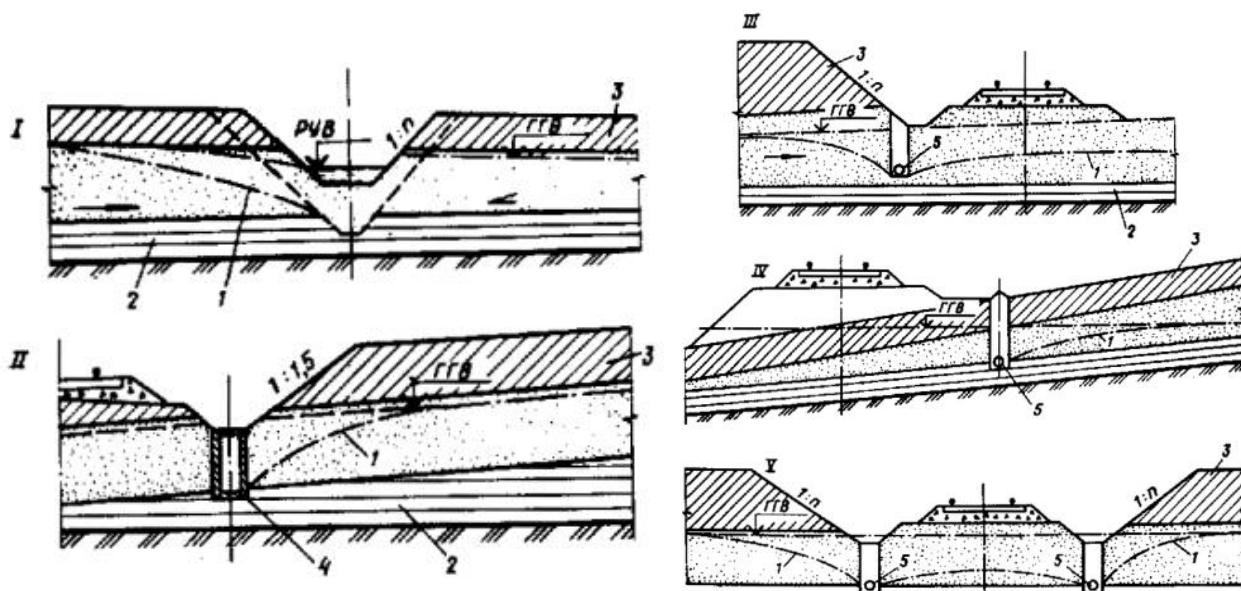


Рис. 10. Схемы конструкции дренажей: 1 - депрессионная кривая; 2 - водоупорный слой из глины; 3 - суглинок; 4 - железобетонный лоток; 5 - дренаж; 6 - балластный мешок; 7 - прислоненный дренаж; 8 - контрфорсный дренаж; 9 - шпуровой дренаж в скальных грунтах; 10 - застенный дренаж с обратным фильтром; 11 - берма; 12 - канава; 13 - галерея; 14 - оползень; 15 - штольня; 16 - поглощающий колодец; ГГВ - горизонт грунтовых вод

При благоприятных условиях (в песчаных грунтах, а также в песчаных прослойках при большой площади их распространения) местные дренажи могут одновременно способствовать общему понижению уровня подземных вод. На территориях, где подземные воды залегают в песчаных грунтах, следует применять системы дренажей, обеспечивающие общее понижение уровня подземных вод.

Местные дренажи в этом случае следует применять для защиты отподтопления грунтовыми водами отдельных особо заглубленных сооружений. На территориях, где подземные воды залегают в глинистых, суглинистых и других грунтах с малой водоотдачей, необходимо устраивать местные дренажи. Местные «профилактические» дренажи нужно устраивать также при отсутствии наблюдаемых подземных вод для защиты подземных сооружений, располагаемых в глинистых и суглинистых грунтах. На территориях со слоистым строением водоносного пласта следует устраивать как общие системы дренажей, так и местные дренажи (рис. 10).

Общие системы дренажа следует устраивать для осушения обводненных песчаных прослоек, по которым вода поступает на дренируемую территорию. В этой системе могут быть использованы также отдельные местные дренажи, у которых радиус депрессионной кривой захватывает значительную площадь территории. Местные дренажи необходимо устраивать для подземных сооружений, закладываемых на участках, где водоносный пласт не полностью осушается общей системой дренажа, а также в местах возможного появления верховодки. На застроенных территориях, при строительстве отдельных зданий и сооружений, нуждающихся в защите от подтопления грунтовыми водами, должны устраиваться местные дренажи. При проектировании и строительстве этих дренажей необходимо учитывать их влияние на соседние существующие сооружения.

Методика расчета дренажа

1. Горизонтальный дренаж

$$Q_0 = K \cdot h \cdot \left(h / R + \pi / (l_n m / r_z + \pi R / 2m) \right)$$

Q_0 – расход 1 п.м. дренажа, м³/сут.;

K – коэффициент фильтрации; $K = 0,05$ для суглинков;

h – глубина погружения несовершенной дрены под непониженный уровень грунтовых вод, м; r_z – радиус дрены, м;

$$R = h \sqrt{K / 2W}$$

W – интенсивность просеивания для суглинков, 0,001 м/сут.

2. Вертикальный дренаж

$$Q_0 = 2 \cdot \pi \cdot T \cdot (S_0 / \ln(1 + \pi \cdot a \cdot t / r_0^2) + (2 \cdot W \cdot t / \mu \cdot f))$$

T – проводимость водоносного пласта, $T = K \cdot h_{cp}$;

К – коэффициент фильтрации, $K = 0,05$ м/сут.

S_0 – толщина пласта; a – уровень проводности пласта, $a = T /$  ;

$$f = a \cdot t / r_0^2;$$

t – время, 1 час; μ – водоотдача грунта, $\mu = 0,035$; r_0 – радиус скважины, м.

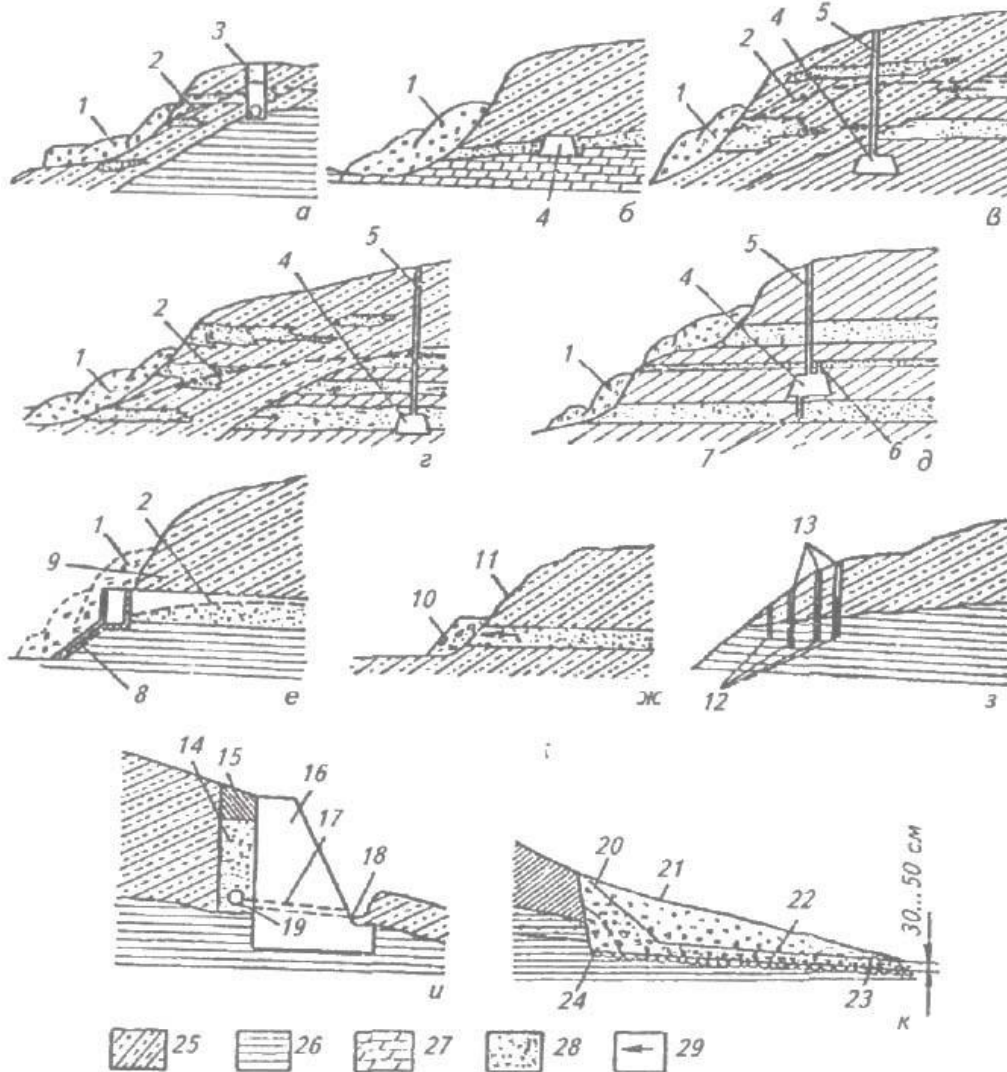


Рис. 11. Перехват подземных вод:

а – горизонтальной трубчатой дренажной, б – при помощи дренажной штольни, в – при помощи системы вертикальных дренажей (сквозных фильтров), г - при помощи дренажной

штольни и системы сквозных фильтров, д – дренирование при помощи штольни и системы сквозных и забивных фильтров, е – каптаж родников с помощью водосборных колодцев, ж – фильтрующий контрбанкет, з – закрепление склона при помощи шпонок, и – укрепление откоса подпорной стенкой с застенным дренажем, к – каптаж родников методом прорезей.

1 – оползневые накопления, 2 – УГВ до понижения, 3 – трубчатая дрена, 4 – штольня, 5 – сквозной фильтр, 6 – забивной фильтр, 7 – забивной самоизливающийся фильтр, 8 – сливная труба, 9 – водосборный колодец, 10 – контрбанкет, 11 – спланированный откос, 12 – бетонные шпонки, 13 – тампоны из глины, 14 – фильтрующая обсыпка, 15 – обратная засыпка

траншеи, 16 – подпорная стенка, 17 – выпуск из дренажной трубы, 18 – кювет, 19 – дренажная труба, 20 – каменная наброска, 21 – одерновка, 22 – каменная мостовая, 23 – гидроизоляция, 24 – гравий, песок, 25 – суглинок, 26 – коренные породы, 27 – мергель, 28 – песок, 29 – направление движения подземных вод.

Расчет притока к вертикальному дренажу

Расход, поступающий в одиночную дренажную скважину:

$$Q_{\text{общ}} = 2 \cdot \pi \cdot T \cdot R_{\phi} \cdot \Delta H / (\ln S / \pi \cdot D) + (2 \pi \cdot l_1 \cdot l_2 / S),$$

T – мощность потока; S – расстояние между скважинами;

D – диаметр скважин в соответствии с принятой конструкцией скважин с обсыпкой; ΔH – понижение напора в скважине.

$$H = (H_2 - H_1) / d \cdot l_1 + H_1 - H_0;$$

H_1 – напор воды на контуре стока; H_2 – напор воды на контуре питания; H_0 – напор воды в скважине, $H_0 = 0$; $d = l_1 + l_2$;

$$H = (q_{\text{общ}} \cdot A) / (\pi \cdot R_{\text{ср}}) + (0,5 \cdot X/a) \cdot (H_2 - H_1 - q_{\text{общ}} \cdot l_2 / R_{\text{ср}} \cdot T) + H_1;$$

$$q_{\text{общ}} = Q_{\text{общ}} / S;$$

$$A = \ln(1 - l \cdot x \cdot p \cdot \pi \cdot (x_0 - x) / T);$$

$$x_0 = d / 2 - l_1;$$

$$B = \pi \cdot (x_0 - x) / T.$$

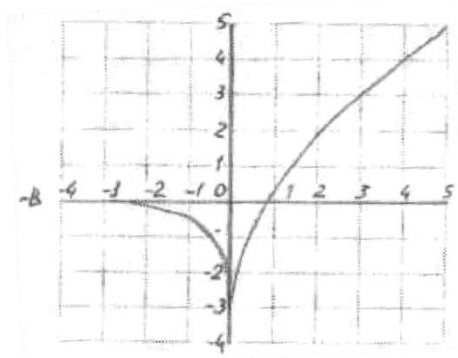


Рис. 12. График для определения коэффициента B

Задание для самостоятельного выполнения

Рассчитайте вертикальный и горизонтальный дренажи по следующим исходным данным:

Величина	Значение		Ед. изм.
	Вариант 1	Вариант 2	
Глубина погружения дрены, h	1,80	2,0	м
Радиус депрессии, R	9,0	10,0	м
Превышение дрены над водоупором, m	7,0	5,5	м
Толщина пласта, S_0	11,0	9,2	м
Радиус скважины, r_0	0,1	0,05	м
Мощность потока, T	4,0	5,0	м
Расстояние между скважинами, S	10	9	м
Напор воды на контуре стока, H_1	4	3,5	м
Напор воды на контуре питания, H_2	12	10	м
Диаметр скважины, D	0,8	0,5	м

Тип грунтов	суглинки	-
-------------	----------	---

Контрольные вопросы

1. Какие виды дренажей применяются для понижения УГВ?
2. Укажите область применения различных видов дренажей.
3. Какие схемы конструкций дренажей применяют для укрепления дорожного и ж\д полотна?

Практическая работа №4

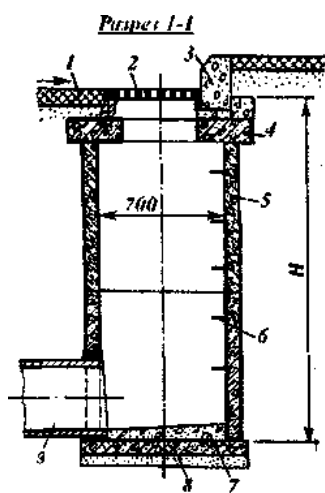
Основы расчета и проектирования ливневой канализации с целью предотвращения образования поверхностного стока

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

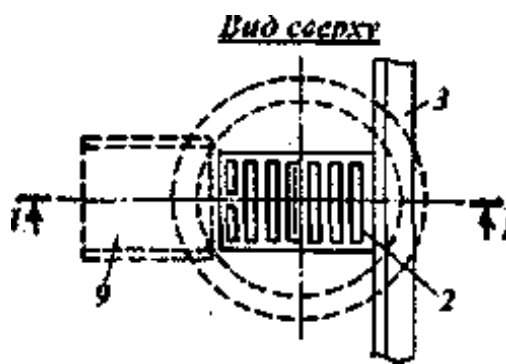
ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

Теоретическая часть

Под *неорганизованным сбросом загрязняющих веществ* подразумевается вынос загрязняющих веществ с территории водосбора предприятий и организаций и прилегающей инфраструктуры (относящейся к промплощадкам) неорганизованным поверхностным стоком, т.е. отведение дождевых, талых и поливочных вод за пределы территорий предприятий по естественному уклону местности в кюветы дорог, овраги, непосредственно в реки, ручьи, пруды и иные водные объекты либо в ливневую канализацию соседних предприятий и организаций. Неорганизованный сброс загрязняющих веществ с территории предприятий и организаций и расчет платы за загрязнение окружающей среды осуществляется на основе проведенной инвентаризации, согласованной Управлением Ростехнадзора по УР. Поверхностный сток с территории промышленных предприятий и организаций



25



следует подвергать очистке в соответствии с п. 3.23, СНиП 2.04.03-85,) и отводить через организованный выпуск (рис. 13, 14, 15).

Рис. 13. Дождеприемник из сборных железобетонных элементов:

1 – проезжая часть, покрытая асфальтом; 2 – решетка; 3 – бордюрный камень; 4 – плита перекрытия; 5 – кольца стеновые; 6 – ходовые скобы; 7 – бетон; 8 – плита днища; 9 – соединительная труба

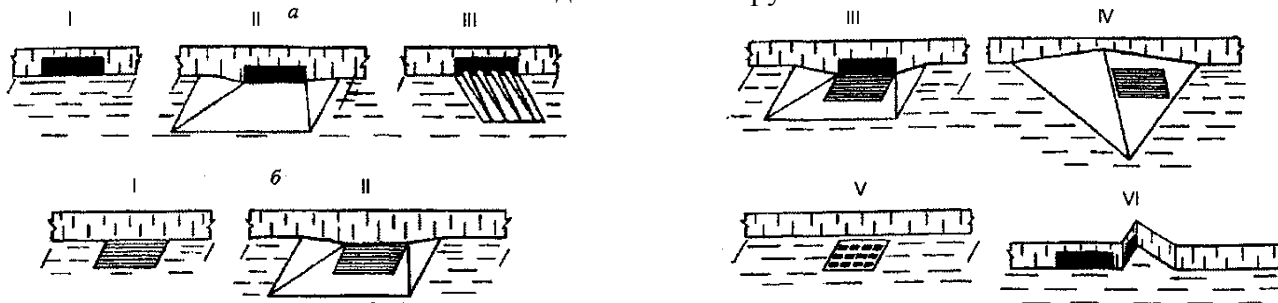


Рис. 14. Бордюрные (а) и кюветные (б) выпуски:

I – выпуск, расположенный вровень с поверхностью дороги; II – то же, ниже поверхности дороги; III – то же, отклоняющийся или комбинированный; IV – банкетный выпуск; V – с перфорированной решеткой; VI – бордюрный выпуск с отступом.

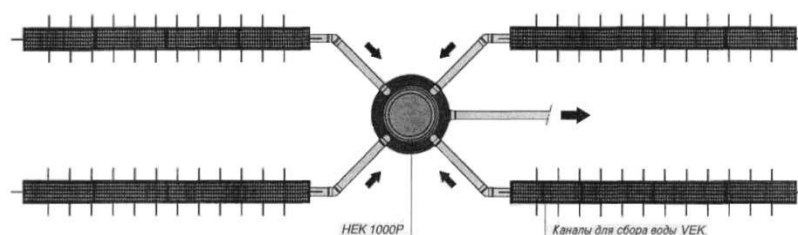


Рис. 15. Система благоустройства ливневой канализации и очистных сооружений в сборе

Сброс поверхностных сточных вод подлежит нормированию независимо от способа их отведения (организованно или неорганизованно) и типа водоприемника (водный объект, рельеф местности).

Расход сточных вод определяется по фактическим замерам (по расходомерам или объемным методом), а в случае их отсутствия - рассчитывается по формулам методики по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты. При наличии результатов химико-аналитических замеров за последние три года (не реже 4 раз в год) расчет рекомендуется проводить по усредненным концентрациям загрязняющих веществ.

Определение расхода поверхностного стока ливневых (дождевых и талых сточных вод) осуществляется с учетом общей площади территории природопользователя и

степени распространения водонепроницаемых поверхностей. Площади водонепроницаемых покрытий (дороги, площадки и т.п.) и общая площадь территории природопользователя, на которой формируется загрязненный поверхностный сток, определяются по данным генерального плана землеустройства, а при его отсутствии – по данным формы статистической отчетности N 22 "Отчет об использовании земель", утвержденной постановлением Госкомстата РФ от 27.08.98 г. N90.

Методика расчета объема дождевого стока

Объем стока дождевых вод с 1 га рассчитывается по формуле:

$W_d = 2,5 \cdot H_d \cdot K_d \cdot K_{вн}$, ($m^3/га$), где

H_d – слой осадков за теплый период со средними температурами выше $0^{\circ}C$; определяется по данным метеорологических наблюдений Удмуртского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, мм;

K_d – коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от интенсивности дождя для данной местности продолжительностью 20 мин. при периоде однократного превышения расчетной интенсивности дождя, равном 1 году, для Удмуртии равен 0,75;

$K_{вн}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность формирования дождевого стока в зависимости от степени распространения водонепроницаемых поверхностей $P_{вн}$ (кровли зданий, дороги, площадки, тротуары и т.п.) на площади водосбора определяется по данным табл. 3.

Таблица 3 – Зависимость коэффициента, учитывающего интенсивность формирования дождевого стока, от степени распространения водонепроницаемых покрытий

$P_{вн}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$K_{вн}$	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2

Коэффициент $P_{вн}$ (%) отражает долю площади водонепроницаемых поверхностей в общей площади территории природопользователя, с которой осуществляется поверхностный сброс, выраженную в процентах.

Объем дождевого стока, сбрасываемого с территории промплощадки за год:

$Q_d = W_d \cdot S_{общ}$, где

W_d – объем стока дождевых вод с 1 га;

$S_{\text{общ}}$ – общая площадь территории (водосбора) природопользователя, га.

Методика расчета объема талого стока

Объем стока талых вод с 1 га рассчитывается по формуле:

$$W_T = H_T \cdot K_T \cdot K_B \text{ (м}^3\text{/га)}, \text{ где}$$

H_T – слой осадков за холодный период со средней температурой ниже 0°C , мм (определяется по данным метеорологических наблюдений Удмуртского республиканского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды);

K_T – коэффициент, учитывающий объем стока талых вод в зависимости от условия снеготаяния, для Удмуртии равен 0,56;

K_B – коэффициент, учитывающий вывоз снега с территории природопользователя. При отсутствии вывоза, коэффициент принимается равным 10 с уменьшением его значения пропорционально объему вывоза снега.

Объем талого стока, сбрасываемого с территории промплощадки за год:

$$Q_T = W_T \cdot S_{\text{общ}}, \text{ где}$$

W_T – объем стока талых вод с 1 га;

$S_{\text{общ}}$ – общая площадь территории (водосбора) природопользователя, га.

Методика расчета объема поливочного стока

Объем стока поливочных вод с 1 га рассчитывается по формуле :

$$W_{\text{п.м.}} = 10 \cdot q \cdot K_{\text{п.м.}} \cdot N \text{ (м}^3\text{/га)}, \text{ где}$$

q – расход воды на одну поливку (мойку) твердых покрытий за отчетный период принимается по данным учета или в размере 1,2 - 1,3 л/м²;

N – количество поливок (моек) в год (принимается по данным учета или в соответствии с нормативными документами, регламентирующими правила эксплуатации промплощадок);

$K_{\text{п.м.}}$ – коэффициент стока поливочных вод принимается равным 0,5.

Объем поливочного стока, сбрасываемого с территории промплощадки:

$$Q_{\text{п.м.}} = W_{\text{п.м.}} \cdot S_{\text{ТВ.}}, \text{ где}$$

$W_{\text{п.м.}}$ – объем стока поливочных вод с 1 га;

$S_{\text{ТВ.}}$ – площадь твердых покрытий территории предприятия.

При осуществлении природопользователем контроля и учета сброса поверхностного стока с территории его объем принимается на основе фактических данных.

Общий объем ($W_d + W_T + W_{\text{п.м.}}$) или составляющие поверхностного стока уменьшаются на величину его использования природопользователем в системе

технического водоснабжения.

Масса сброса загрязняющих веществ с городских территорий, предприятий и организаций

Нормативы сброса загрязняющих веществ с поверхностными сточными водами устанавливаются по массе загрязняющих веществ. Для определения предельно допустимой массы сброса загрязняющего вещества используется величина допустимой концентрации, определяемая по нормативным документам в зависимости от приемника сточных вод.

Организованный сброс сточных вод на рельеф местности приравнивается к сбросу в водоем, нормативы ПДС в этом случае устанавливаются на основе перечней ПДК в зависимости от категории водоема. Допустимые концентрации, принятые для расчета ПДС представлены в таблице 3.

Нормативы ПДС (ВСС) устанавливают в г/час, т/год по показателям, определенным отдельно для каждого выпуска.

При отсутствии результатов анализов, на момент разработки проекта, допускается использование нормативных справочных данных:

- для предприятий, сток с которых по своему составу близок к стоку с селитебной зоны и не содержит специфических веществ с токсичными свойствами, - данных таблицы 3.

Масса сброса загрязняющего вещества с неорганизованным стоком с территории (водосбора) природопользователя определяется по формуле:

$$M_i = S \cdot (W_d \cdot m_{id} + W_t \cdot m_{it}) \cdot 10^{-6} + S_{п.м.} \cdot W_{п.м.} \cdot m_{ип.м.} \cdot 10^{-6}, \text{ где}$$

S – площадь территории (водосбора) природопользователя, га;

$W_d, W_t, W_{п.м.}$ – объем стока соответственно дождевых, талых и поливомоечных вод, м³/га;

$m_{id}, m_{it}, m_{ип.м.}$ – концентрация i -го загрязняющего вещества в стоке соответственно дождевых, талых и поливомоечных вод, мг/л;

$S_{п.м.}$ – площадь водонепроницаемых покрытий, подвергающаяся мокрой уборке, га.

Таблица 3 – Концентрации основных загрязняющих веществ в поверхностном стоке на застроенных участках территории и ПДК, принятые для расчета ПДС, (мг/л)

Наименование загрязняющих веществ	Концентрации на застроенных участках территорий			ПДК, принятые для расчета ПДС	
	Дождевые воды	Талые воды	Поливочные воды	Дождевые воды	Талые воды
Взвешенные	250	3500	500	15	15
Нефтепродукты	10	30	30	0,3	0,3
БПК	30	90	100	6	6
ХПК	100	250	100	30	30
Сульфаты	100	500	100	100	500
Хлориды	200	1500	200	200	350

Азот	2	4,3	2	2	4,3
Азот общий	4,9	10,5	4,9	4,9	10,5
Нитраты	0,08	0,17	0,08	0,08	0,17
Нитриты	0,08	0,17	0,08	0,08	0,17
Кальций	43	113	43	43	113
Магний	8	14	8	8	14
Железо	0,3	1,7	0,3	0,3	1,7
Медь	0,02	0,076	0,02	0,02	0,08
Никель	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Цинк	0,3	0,55	0,3	0,3	0,55
Фосфор общий	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08

Примеры расчетов

Пример 1. Площадь территории предприятия по категориям: общая площадь территории - 0,193 га, в т.ч.

- площадь твердых покрытий - 0,116 га,
- площадь газонов - 0,050 га,
- под зданиями и сооружениями - 0,027 га.

Площадка находится в массиве многоэтажной жилой застройки г. Ижевска. Территория, прилегающая к зданию предприятия, благоустроена и огорожена металлическим забором. Часть территории заасфальтирована, газон засеян травой и кустарниками. Снег зимой не вывозится. Рассчитать объемы стока дождевых и талых вод с территории предприятия.

Решение

Объем стока дождевых вод.

По многолетним данным метеостанции «Ижевск» количество осадков за теплый период (апрель - октябрь) составляет $H_d = 353$ мм; коэффициент, учитывающий объем стока дождевых вод в зависимости от интенсивности дождя для Удмуртии $K_d = 0,75$.

Степень распространения водонепроницаемых поверхностей:

$$P_{\text{вн}} = (1 - S_{\text{газонов}}/S_{\text{общ}}) \cdot 100\% = (1 - 0,050/0,193) \cdot 100\% = 74\%,$$

следовательно по табл. 1 при $P_{\text{вн}} = 70\%$ коэффициент, учитывающий интенсивность формирования дождевого стока $K_{\text{вн}} = 1,6$.

$$\text{Объем дождевого стока с 1 га рассчитывается: } W_d = 2,5 \cdot 353 \cdot 0,75 \cdot 1,6 = 1059,0 \text{ м}^3/\text{га}.$$

Объем дождевого стока, сбрасываемого с территории промплощадки неорганизованно, равен: $Q_d = 1059,0 \cdot 0,143 = 151,44 \text{ м}^3/\text{год}.$

Объем стока талых вод.

По многолетним данным метеостанции «Ижевск» количество осадков за холодный период (ноябрь - март) составляет $H_t = 185$ мм; коэффициент, учитывающий объем стока талых вод в зависимости от условия снеготаяния для Удмуртии равен $K_t = 0,56$; т.к. снег не вывозится, то коэффициент, учитывающий вывоз снега с территории

природопользователя $K_B = 10$.

Объем талого стока с 1 га равен: $W_T = 185 \cdot 0,56 \cdot 10 = 1036,0 \text{ м}^3/\text{га}$.

Объем талого стока, сбрасываемого на рельеф местности неорганизованно: $Q_T = 1036,0 \cdot 0,143 = 148,15 \text{ м}^3/\text{год}$.

Пример 2. Общая площадь водосбора предприятия $S_{\text{общ}} = 0,143 \text{ га}$, площадь твердых покрытий $S_{\text{ТВ}} = 0,116 \text{ га}$, объем стока дождевых вод $W_d = 1111,95 \text{ м}^3/\text{га}$, объем стока талых вод $W_T = 1036,0 \text{ м}^3/\text{га}$, объем стока поливочных вод $W_{\text{п.м.}} = 32,5 \text{ м}^3/\text{га}$. Площадка находится в массиве многоэтажной жилой застройки. Территория, прилегающая к зданию предприятия, благоустроена и огорожена металлическим забором. Рассчитать массу сброса загрязняющих веществ.

Решение

Т.к. территория предприятия благоустроена, а само предприятие не относится к специфическим отраслям промышленности, то концентрации загрязняющих веществ в поверхностном стоке берем по табл. 3;

Определим массу сброса загрязняющего вещества с территории природопользователя:

$M_i = S \cdot (W_d \cdot m_{i\text{д}} + W_T \cdot m_{i\text{т}}) \cdot 10^{-6} + S_{\text{п.м.}} \cdot W_{\text{п.м.}} \cdot m_{i\text{п.м.}} \cdot 10^{-6}$ Определим массу взвешенных веществ (по табл.3): $m_{\text{в.в. д}} = 250 \text{ мг/л}$, $m_{\text{в.в. т}} = 3500 \text{ мг/л}$, $m_{\text{в.в. п.м.}} = 500 \text{ мг/л}$.

$M_{\text{в.в.}} = 0,143 \cdot (1111,95 \cdot 250 + 1036,0 \cdot 3500) \cdot 10^{-6} + 0,116 \cdot 32,5 \cdot 500 \cdot 10^{-6} = 0,5602 \text{ т/год}$.

Аналогично делается по всем остальным загрязняющим веществам: Масса нефтепродуктов: $M_{\text{нефт.}} = 0,143 \cdot (1111,95 \cdot 10 + 1036,0 \cdot 30) \cdot 10^{-6} + 0,116 \cdot 32,5 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 0,0061 \text{ т/год}$.

Масса БПК_{полн}: $M_{\text{БПК}} = 0,143 \cdot (1111,95 \cdot 30 + 1036,0 \cdot 90) \cdot 10^{-6} + 0,116 \cdot 32,5 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,0185 \text{ т/год}$.

Масса ХПК: $M_{\text{ХПК}} = 0,143 \cdot (1111,95 \cdot 100 + 1036,0 \cdot 250) \cdot 10^{-6} + 0,116 \cdot 32,5 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,0533 \text{ т/год}$.

Масса сульфатов: $M_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,143 \cdot (1111,95 \cdot 100 + 1036,0 \cdot 500) \cdot 10^{-6} + 0,116 \cdot 32,5 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 0,0904 \text{ т/год}$.

Масса хлоридов: $M_{\text{Cl}^-} = 0,143 \cdot (1111,95 \cdot 200 + 1036,0 \cdot 1500) \cdot 10^{-6} + 0,116 \cdot 32,5 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 0,2548 \text{ т/год}$.

Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1

Рассчитать объем дождевых, талых вод и общий объем годового поверхностного стока с территории предприятия N. По данным метеостанции количество осадков за

теплый и холодный периоды составляет 341 и 162 мм соответственно. Вывоз снега не производится. Полив территории не осуществляется. Данные о площадях представлены в табл. 4:

Таблица 4

Вариант	Площадь, м ²		
	кровля	асфальтовые покрытия	газоны
I	1121,8	2085,0	300,5
II	2886,4	60,0	7203,6

Задача 2

По многолетним данным метеостанции количество осадков в теплый (214 дней) и холодный (151 день) периоды составило соответственно 353 и 195 мм. Общая площадь территории ООО «С...» - 0,7538 га, в том числе:

- площадь крыш зданий и сооружений - 0,1956 га;
- площадь асфальтовых покрытий - 0,4558 га;
- площади грунтовых покрытий, зеленых насаждений и газонов - 0,1024

га.

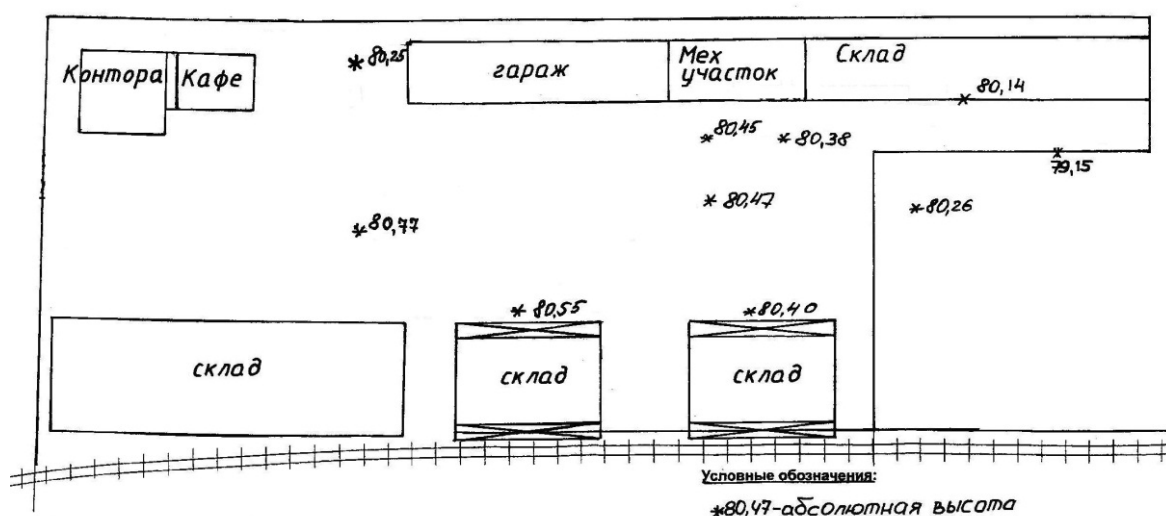


Рис. 16. Карта – схема расположения подразделений на территории промплощадки

Определить направление поверхностного стока на территории (рис. 16). Рассчитать объем дождевых, талых вод и общий объем годового поверхностного стока с территории предприятия. Вывоз снега не производится. Полив не осуществляется. Разработать систему сбора поверхностных сточных вод: отметить на карте-схеме расположение лотков (каналов) и коллекторов.

Контрольные вопросы

1. Понятие и особенности формирования поверхностного стока.

Факторы, определяющие направление движения поверхностного стока.

2. Порядок и методика расчета объемов талых, дождевых и поливочных токов с территории.

3. Влияние поверхностного стока на процессы разрушения поверхностного слоя почв и грунтов.

4. Назовите основные элементы сооружений сбора и отвода поверхностного стока.

Практическая работа №5

Укрепление откосов. Противозэрозийные мероприятия

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

Теоретическая часть

Современные противозэрозийные мероприятия, направленные на защиту почв делятся на четыре группы: организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические.

Организационно-хозяйственные мероприятия предназначены для обеспечения правильного сочетания и применения тех или иных противозэрозийных мероприятий. Сюда входит проектирование и контроль за функционированием систем. Как известно, кондиционное проектирование невозможно без достоверного прогноза, поэтому изучение природных условий и их влияния на развитие смыва является важнейшей задачей этой группы.

Агротехнические противозэрозийные мероприятия подразделяются на следующие подгруппы: 1) водозадерживающие; 2) водопоглощающие; 3) водосбросные; 4) повышающие противозэрозийную стойкость почв; 5) защищающие почву от непосредственного воздействия дождя и стока; 6) комплексные.

К водозадерживающим мероприятиям относят следующие: создание противозэрозийного нанорельефа (лунок, валков, борозд), обработка и посев поперек склона, контурное обвалование и др. Водопоглощающие мероприятия направлены на увеличение инфильтрационной способности почв. Сюда входят все виды щелевания, полосное рыхление, кротование и др. Водосборные мероприятия проводятся для обеспечения отвода поверхностных вод. Для этой цели служат водоотводящие борозды, залуженные водосборы и распылители стока.

Повышение противозэрозийной устойчивости проводится путем увеличения почвенных агрегатов и сцепления между ними. Для защиты почв от воздействия дождя и поверхностного стока применяется полосное и сплошное мульчирование. Комплексные мероприятия включают все приемы, способствующие повышению почвозащитных свойств растительности.

Из лесомелиоративных мероприятий для борьбы с плоскостным смывом чаще всего

применяются посадки кустарниковых и лесокустарниковых полос, закладываемых поперек склонов на пашне, а также лесные и кустарниковые насаждения на сильносмытых и размытых склоновых землях.

Гидротехнические мероприятия служат для перехвата и отвода дождевых и талых вод, а также для понижения уровня грунтовых вод и отвода их с заболоченных участков. Сооружения в основном представлены бороздами, валами и сетью каналов.

На орошаемых землях все мероприятия по борьбе со смывом можно подразделить на три группы: организационно-хозяйственные, гидротехнические и инженерно-технические. *Организационно-хозяйственные и гидротехнические* мероприятия выполняют те же функции, что и на неорошаемых (богарных) землях.

К числу задач *инженерно-технических мероприятий* следует отнести: регулярную планировку поливных участков и поверхностей откосов дренажных и сбросных каналов, контроль за состоянием всевозможных сооружений, постоянное усовершенствование поливной техники и др.

В практике дорожного строительства среди мер направленных на борьбу с поверхностным смывом со склонов и откосов наибольшее развитие получили биологические, инженерные, химические и гидротехнические.

Биологическая защита, как от плоскостной, так и от линейной эрозии осуществляется следующими способами: с помощью естественного дерна, травосеянием, искусственными дерновыми коврами.

Инженерные противозрозионные мероприятия основаны на применении для укрепления откосов решетчатых конструкций, пленочных и нетканых материалов. Химические мероприятия основаны на применении материалов, обладающих вяжущими свойствами (битумные и латексные эмульсии, битумно-латексные смеси), а также искусственных полимеро-структурообразователей, которые образуют в грунтах водопрочные агрегаты, увеличивая при этом водопоглощение и уменьшая сток воды. Оструктуренные грунты менее подвержены воздействию дождевых капель, а смыв с откосов уменьшается в 10-20 раз.

Гидротехнические мероприятия направлены на отвод воды с водосборных площадей. Для этого сооружаются водоотводящие и водонаправляющие валы, нагорные канавы и др. Разработка и внедрение комплекса противозрозионной защиты требует всестороннего изучения плоскостного смыва как на сельскохозяйственных угодьях, так и на различных инженерных сооружениях. Наиболее часто на практике применяют сооружения из габионных конструкций (подпорные стены, “стена в грунте”, береговое крепление матрасно-тюфячными габионными конструкциями и др.), которые являются оптимальным решением по предотвращению агрессивных природных и антропогенных воздействий.

Преимуществом этих конструкций являются высокая степень надежности, низкая вероятность механического и гидрологического воздействий на проектируемый трубопровод. Использование традиционных креплений (бетонных и железобетонных плит) недопустимо, так как они будут подмываться, опрокидываться, разрушаться вследствие проседания грунта.

Методика расчета

1. Угол заложение откоса, при котором не требуется устанавливать дополнительное крепление. По таблице 5 определяем $\tan \alpha$;

$$m = 1 / \tan \alpha, \text{ где}$$

m – заложение откоса.

2. Оценка устойчивости блока на опрокидывание:

$$m = 1 / \tan \alpha;$$

$$\beta = \arctg (a / 2b);$$

если $\alpha < \beta$, то блок не опрокидывается.

3. Расчет упора крепления откоса: $\Delta T_0 = \Delta T \cdot (\cos \alpha - \sin \varphi \tan \alpha)$;

$$P = C_0 / (\gamma \cdot \sin(\pi/4 + \varphi/2) \cdot \tan^2(\pi/4 + \varphi/2));$$

$$q = \Delta T_0 / (\gamma \cdot l_b \cdot \tan^2(\pi/4 + \varphi/2));$$

$$h = (P + \sqrt{P^2 + 4q}) / 2;$$

$$\tan \alpha_\beta = h_b / 2d_b.$$

4. Оценка анкерного крепления:

$$n_a = \Delta T / R_a, \text{ где}$$

R_a – прочность одного анкера; R_T – прочность троса.

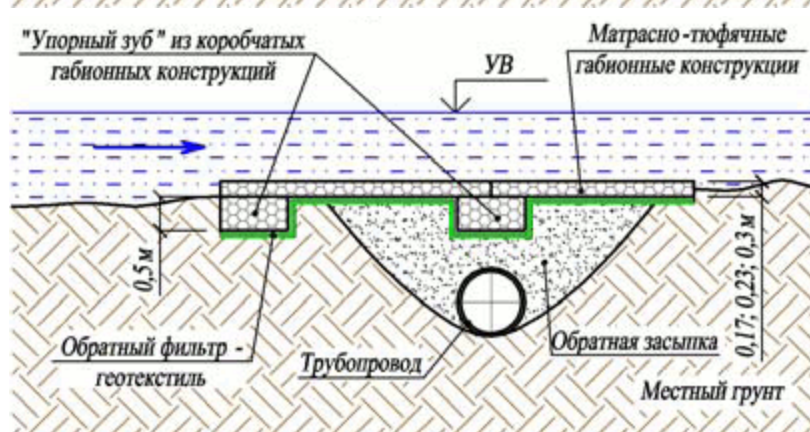
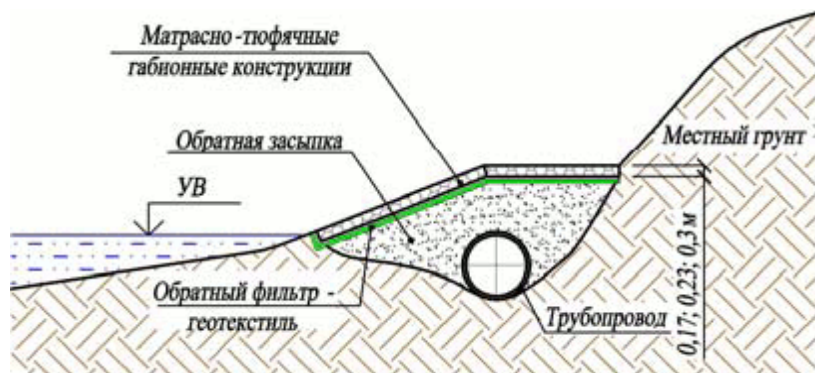


Рис. 17. Противозрозионные и грунтоукрепляющие конструкции с применением габионов различных типов



Рис. 18. Подпорная стенка из габионных блоков

Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1

Земляное полотно дороги 3 категории состоит из среднезернистого песка. Определить заложение откоса, при котором не требуется устанавливать дополнительное крепление УГЗБМ.

Задача 2

Откос имеет заложение $m = 1 - 2$, если выбран УГЗБМ с величинами $a = 19$, $b = 12$, тип бетонного блока 1. Оценить блок на опрокидывание.

Задача 3

Выбран УГЗБМ с блоком типа 2, $l_b = 30$ см. Заложение откоса 1:1, т.е. $m_0 = 1$, т.е. $\text{tg } \alpha = 1$, $a = 1/4$. Грунт земляного полотна – суглинок. Высота откоса 5 м. Дорога 4-ой категории. Провести расчет укрепления (Т). ▲

Задача 4

В условиях предыдущей задачи грунт основания – суглинок, $\gamma = 1,92$ г/см³, угол внутреннего трения, которого $\varphi = 8^\circ$, $c_0 = 0,012$. Блоки типа 2, $h_b = 24$ см., разница между стороной срединного основания и нижнего основания $d_b = 4$ см. Рассчитать упор.

Задача 5

Прочность одного анкера, заглубленного на 0,4 м. в откос, примем равной $R_a = 32$. Прочность троса принимается $R_T = 2400$, $T = 547$. Рассчитать крепление анкерами как тросами. ▲

Контрольные вопросы

1. Какими способами ведется борьба с плоскостным смывом на сельскохозяйственных землях?
2. Мероприятия по борьбе со смывом на орошаемых землях и на дорогах.
3. Назовите подгруппы агротехнических противоэрозионных мероприятия.

Практическая работа №6

Основы расчетов инженерно-биологических сооружений

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

Теоретическая часть

При создании новых или обустройстве уже существующих природоприближенных русл, разработке территорий с выраженным рельефом, оврагов и откосов необходимо в первую очередь использовать местные строительные материалы. Особенно широкое применение местных материалов нашло в укреплении откосов русел рек (борьба с береговой эрозией). Условно их можно подразделить на три основных типа: живые; мертвые; комбинированные.

К живым обычно относят местные строительные материалы *нерастительного происхождения*: щебень, песок, камень и каменные отсыпки, облицовки, мостовые. Помимо этого, в число мертвых материалов входят искусственно создаваемые материалы: бетон и железобетон и элементы из них; металл; металлические и синтетические сетки и изготавливаемые из них элементы (ящики, блоки, тюфяки и др.); битумы; пленки; мешковины и изделия из нее и т. д.

К живым относят строительные материалы *растительного происхождения*, укрепляющие русла и борта водотоков, в том числе и своей корневой системой. В отличие от мертвых они предупреждают выветривание и разрушение частей русла, не подвергаясь им сами. Главное же свойство живых материалов — использование широкого круга экологических функций: например, растения, произрастающие около воды и в ней самой, поддерживают самоочищающую способность

водотоков. Эти материалы и применяемые при строительстве с их помощью инженерно-биологические способы производства работ позволяют в дальнейшем использовать способность созданных живых конструкций к регенерации и саморегулированию своей популяции, к усилению своего воздействия на поток и русло.

Недостаток живых материалов — необходимость использования в них живых растений. Если мертвые материалы (бетон, камень) начинают выполнять свои функции сразу же после завершения процесса строительства, то живые — только после завершения определенного периода их взросления. Другой недостаток живых материалов — не все их виды выдерживают высокие механические нагрузки. Поэтому иногда приходится использовать комбинированные строительные материалы, т. е. состоящие как из мертвых, так и из живых компонентов. Примером может служить каменная облицовка сильно размываемого откоса с незаделанными швами, в которые затем высаживают древесно-кустарниковое крепление.

При креплении крутых склонов грунтовых откосов хорошо зарекомендовал себя способ смешения семян растений и кустарников, подбираемых с учетом требований их экологической совместимости с окружающим ландшафтом.

Для большинства таких объектов в наибольшей степени подходят те древесные растения, которые способны быстро прорасти, а затем энергично развиваться. В первую очередь к таким растениям относятся: различные породы ивовых кустарников; саженцы серебристого и черного тополя, а также бирючины. Целесообразно использовать уже отвердевшие одно- или двухлетние побеги древесных сортов растительности. Их подразделяют на:

- руты — неразветвляющиеся или малоразветвляющиеся побеги длиной не менее 120 см;
- тычки — побеги без боковых отводов веток диаметром 0,1 ... 0,5 см и длиной 25...60 см;
- ветки-побеги с отводами длиной не менее 50 см; колышки — прямые побеги диаметром не менее 3 см и длиной не менее 50 см;
- посадочные брусья — прямые без отводов главные побеги длиной не менее 1,5...2,5 м.

Живые ветви деревьев, руты и сучья повсеместно используют при возведении инженерно-биологических элементов природо-приближенных объектов.

Примеры применения местных строительных материалов. Выстилку из *ивовых прутьев* — рут (рис. 19) используют при креплении откосов русл природоприближенных водотоков. Сразу же после устройства этой выстилки она в состоянии выдержать касательное напряжение до 50 Н/м^2 . Внешне это крепление

представляет собой ивовые маты, стянутые проволокой и закрепленные на откосе с помощью кольев. После второго периода вегетации, т. е. примерно через 15 мес, такая выстилка уже сможет выдерживать касательные напряжения до 150 Н/м².

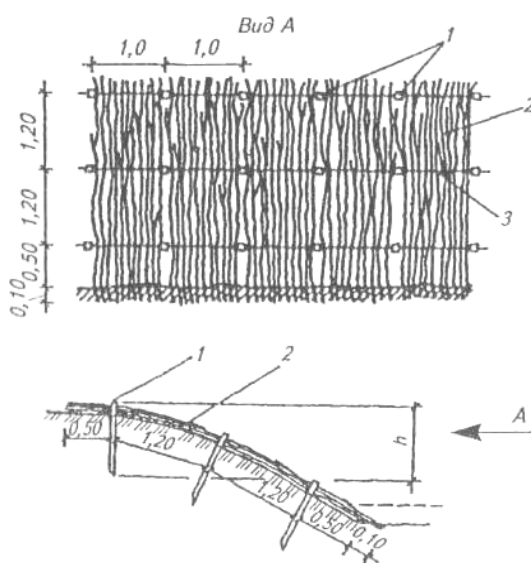


Рис. 19. Выстилка из ивовых прутьев – рут: 1 – колья, 2 – маты из ивовых прутьев (рут), 3 – проволока

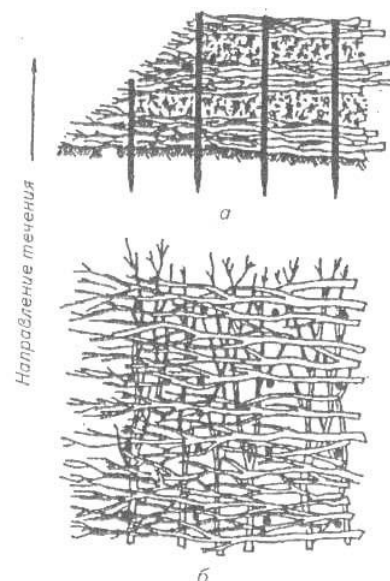


Рис. 20. Хворостяные клетки: А – сечение, Б - план

Хворостяные клетки (рис. 20) — один из самых давно употребляемых в гидротехнике конструкций креплений из живых строительных материалов. Применяя хворостяные клетки можно предупредить оползание и подмыв откосов, защитить их поверхность от эрозии. Конструктивно они представляют собой слоеную конструкцию из камней и каменной мелочи, отсыпанных как слоями, так и в плетеные клетки из хвороста, закрепленные ивовыми кольями. Камни заполняют при этом все пространство клеток, а сам массив из них делают таким образом, чтобы он как бы восстанавливал прежнее очертание откосов водотока.

Каменную отсыпку с прорастающими кольями (рис. 21) по традиции применяют в качестве защитной одежды. Колья выполняют из древесных пород: ивняк или верба. Разрастаясь, пуская ростки и корни, колья со временем образуют переплетающиеся клетки с мощной анкерующей корневой системой, которая хорошо сопротивляется воздействию на крепление гидродинамических усилий со стороны потока. Это крепление сохраняет свою устойчивость даже при значительных осадках подстилающего его грунта.

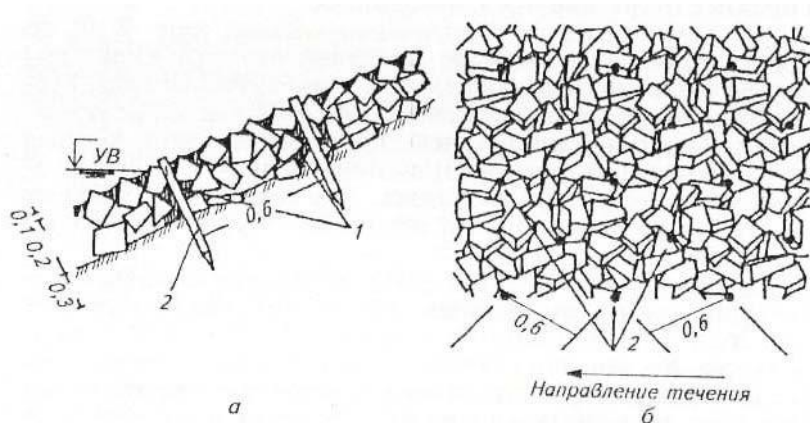


Рис. 21. Каменная отсыпка с прорастающими кольями (размеры в м): 1 — пустоты, заполненные глинисто-песчаной пастой, 2 — ивовые тычки длиной 0,85 м, диаметром 0,05 м.

Гибкое каменное крепление (рис. 22) используют главным образом на горных водотоках, где в достаточных количествах имеется крупный постелистый камень. Эти камни укладывают в ряд в подножии откоса. В каждый из камней этого ряда сверху вделана металлическая петля.

Через петли всех камней ряда протягивают стальной трос, удерживающий их от выпадения в сторону. При подмыве одного из камней он дает осадку, но не вызывает разрушения всего крепления. Над этим каменным рядом на откос укладывают выстилку из ивовых прутьев, закрепленную к поверхности откоса с помощью тычков и оцинкованной проволоки.

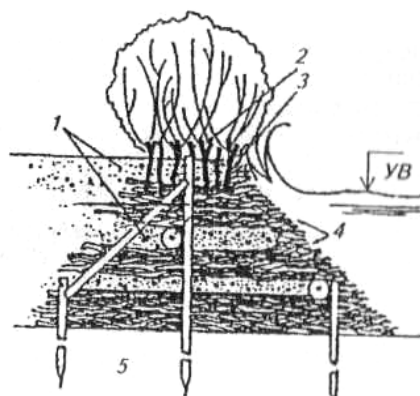
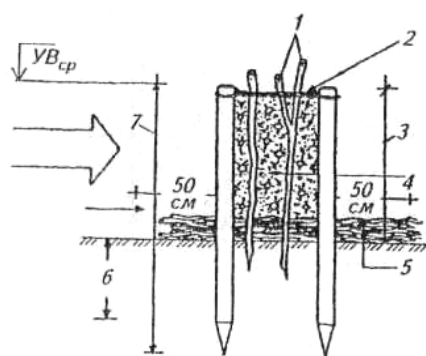
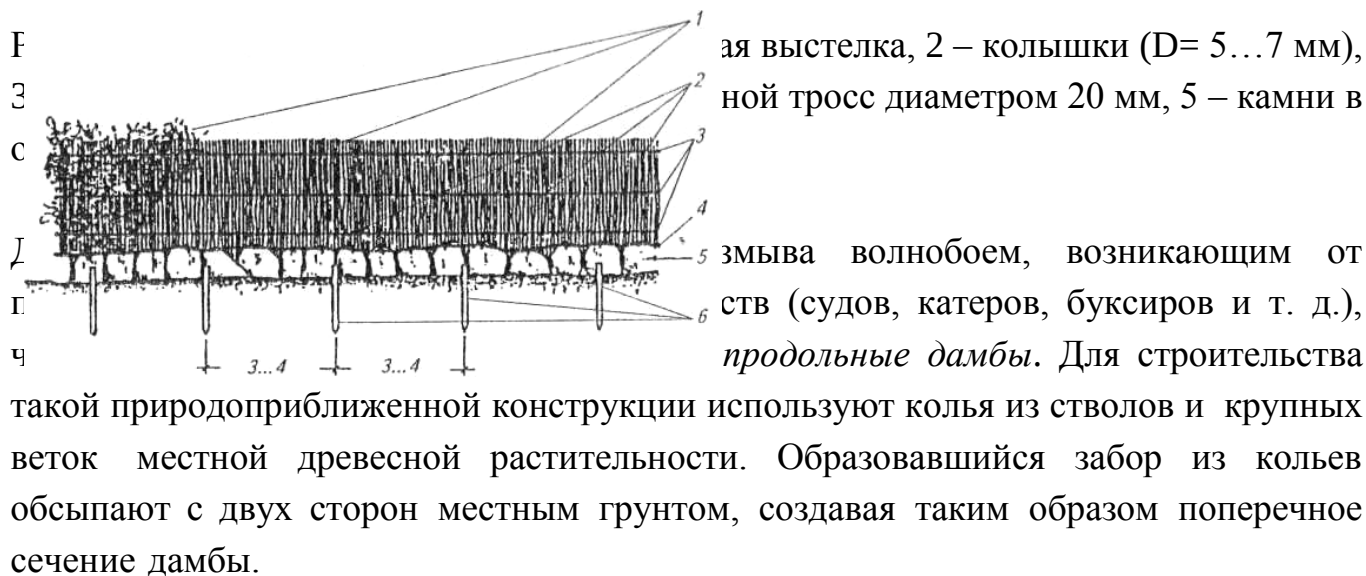


Рис. 23. Живая направляющая стенка: 1 – ивовые ветки, 2 – проволочная закрутка, 3 – высота стенки, 4 – утрамбованный хворост, 5 – фашина, 6 – глубина забивки, 7 – длина кольев

Рис. 24. Живая тюфячная кладка: 1 – ивовые ветки, 2 – проволочная закрутка, 3 – высота стенки, 4 – утрамбованный хворост, 5 – фашина, 6 – глубина забивки, 7 – длина кольев

Живые направляющие стенки (рис. 23) строят в зонах, где водотоки имеют легкоразмываемые откосы из мелкопесчаных грунтов. Для обеспечения устойчивости стенки ограничивающие ее кольца попарно стягивают проволочными закрутками. Гашение энергии потока достигается в этом сооружении за счет того, что струи воды и волны, попадая в наполненное ветками внутреннее пространство стенки, теряют свою скорость, раздробливаются на еще более мелкие струйки и разрушаются.

Живая тюфячная кладка (рис. 24) — одна из самых старых живых конструкций. Результаты наблюдений, проведенных с подобными конструкциями, убедительно показали, что последние довольно быстро становятся местом обитания богатого сообщества микроорганизмов, одноклеточных водорослей, грибков, улучшающих качество окружающей воды. В тех случаях, когда на месте строительства нет камня, но есть песчанистые и глинистые грунты, в теле тюфячной кладки предусматривают устройство одной или двух бесконечных продольных фашин, прошнуровывая их размещение в составе материала заполнителя.

Рис. 23. Живые направляющие стенки. 1 — живая стенка, 2 — живая стенка, 3 — прорастающие колышки, 4 — арматура. Живые направляющие стенки строят в зонах, где водотоки имеют легкоразмываемые откосы из мелкопесчаных грунтов. Для обеспечения устойчивости стенки ограничивающие ее кольца попарно стягивают проволочными закрутками. Гашение энергии потока достигается в этом сооружении за счет того, что струи воды и волны, попадая в наполненное ветками внутреннее пространство стенки, теряют свою скорость, раздробливаются на еще более мелкие струйки и разрушаются.

и дру астительности, хорошо приживающейся в подобных условиях межклеточные пространства можно засевать семенами.

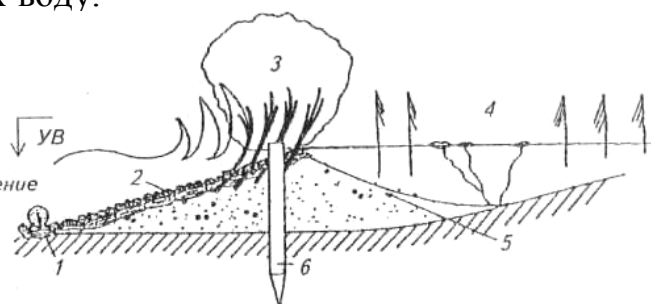
Рис. 2

1 — проросшие ветки, 2 — габион

В гид. : природо- приближенного обустройства водотоков и широкое применение конструкции креплений озелененных габионов. Одно из основных преимуществ этих конструкций — высокая технологичность производства работ по их устройству. Конструктивно эти габионы представляют собой решетчатые ящики, которые уложены слоями друг на

друга и наполнены каменным и растительным материалом. Чаще всею эти ящики изготавливают прямо на месте строительства из различных сеток (оцинкованных типа рабицы, синтетических, сткловолоконных и др.), укладывают слой за слоем в конструкцию крепления с одновременным заполнением их щебнем с проросшими тычками древесной растительности. Живые дренажи более предпочтительны, чем обычные дренажи. Помимо своего основного назначения — отвода грунтовых и просочившихся в грунт поверхностных вод они выполняют еще и дополнительную функцию — представляют собой также и место зарождения сообществ микроорганизмов, очищающих воду.

Рис. биотс Конд см, а, 2 – фашинные маты, 3 – ивняк, 4 – траншеи 30 х 30 или 40 х 40 нные проволокой из живого материала (проросшие прутья и ветки). Эти фашины крепят к дну и стенкам траншей живыми кольями. Прорастая и создавая свою корневую систему, эти прутья армируют укрепление, продлевая срок службы дренажа.



Задания для самостоятельного выполнения

Задача 1

Рассчитать устойчивость инженерно-биологического крепления откоса (по схеме), если i - уклон дна реки, равен 0,03; b – ширина русла водотока по дну, 10 м; h – глубина воды при максимальном расходе, 1 м; m – заложение откоса, 3.

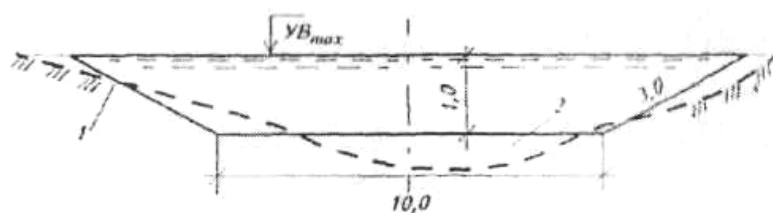


Рис. 28 Схема к расчету и подбору крепления откоса (м): 1 – поперечное сечение естественного русла водотока, 2 – схематизированное поперечное сечение русла

Методика решения

1. Площадь живого сечения:

$$W = (b + 2mh) \cdot h;$$

2. Длина смоченного периметра:

$$\chi = b + 2h$$

$$\sqrt{\chi}(Hm^2);$$

3. Гидравлический радиус:

$$R = W / \chi;$$

4. Определить влекущую силу на основание откоса $S:b$ –

ширина русла водотока по дну, м;

h – глубина воды при максимальном расходе, м; m –

заложение откоса.

5. Определить нагрузку от текущей воды:

$$S = \rho \cdot g \cdot R \cdot i;$$

– плотность воды, 1000 кг/м^3 ;

g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$; R –

гидравлический радиус потока;

i – уклон дна реки.

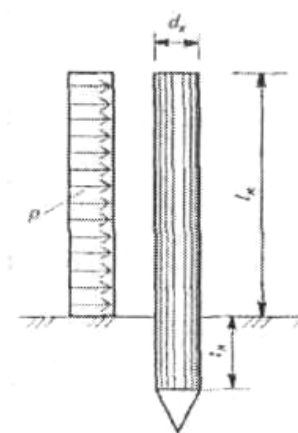
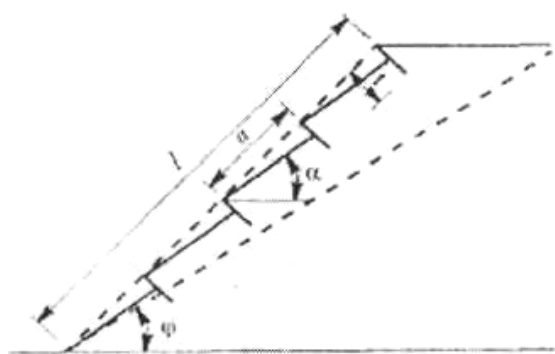


Рис. 29. Расчетная схема сухого откоса с живым креплением и кольевкрепления: α – угол наклона откоса, φ – угол внутреннего трения

Задача 2

Оценить предельный угол крутизны откоса, покрытого живым креплением, если: угол внутреннего трения грунта, из которого отсыпан массив

, составляет 30° ($\text{tg} = 0.577$); глубина закладки живого крепления (проросших ивовых прутьев) 1 м (t); длина поверхности откоса 9 м (l); шаг закладки $a = 1,5 \text{ м}$.

Методика решения

1. Находим относительное значение $m=t/l$;
2. По графику находим $y = \text{tg } \alpha / \text{tg } \varphi$; откуда определяем угол α .

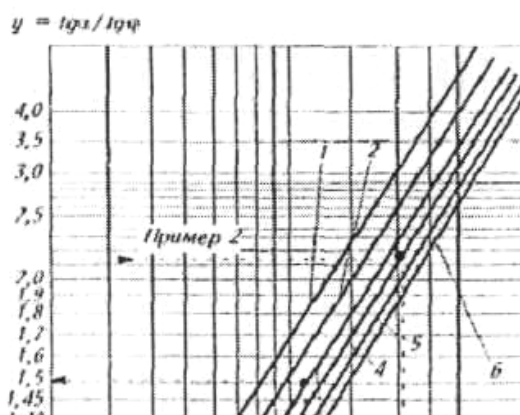


График для определения

устойчивости укрепленного
сухого откоса: 1...6 –
глубины закладки
соответственно 0,5; 1,0; 1,5;
2,0; 2,5; 3,0
м.

Задача 3

Оценить необходимую глубину закладки крепления из проросших ивовых прутьев, если: высота кольев $l_n = 1,6$ м; диаметр кольев $d = 0,14$ м; боковая нагрузка $P = 1,8$ кН/м²; трение на боковой поверхности $R = 20$ кН/м²;

допускаемые напряжения для древесины $\sigma_{доп} = 1$ кН/м²; коэффициент запаса для древесины $k = 1,25$, A – выдерживающая нагрузка, 3 кН.

Методика решения

1. Изгибающий момент силы для отдельного кола, Н · м:

$$M = P \cdot l^2 / 2;$$

2. Момент сопротивления, м³:

$$W = 0,1 \cdot d^3;$$

3. Направление в самом опасном сечении:

$$= M / W;$$

4. Глубина необходимой забивки кола: $t_k = F/P$;

P – периметр кола, м² ($P = \pi \cdot R$);

Если $E < E_{доп}$ – выполняется

$$F = A \cdot k /$$

R ; F – площадь боковой поверхности кола, м²;

A – выдерживающая нагрузка, кН.

Контрольные вопросы

1. Назовите материалы, относящиеся к живым и неживым, используемым как биологическое укрепление откосов.
2. Какие древесные растения рекомендуется использовать для укрепления откосов?
3. Расскажите основные виды биологических типов укрепления откосов.

Практическое занятие №7

Подбор по заданным условиям и вычерчивание станционных тоннелей

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

Теоретическая часть

Цели занятия: Получить практический опыт по проектированию инженерных сооружений с учетом типовых решений

Для обслуживания пассажиров на станции необходимо сечение перегонного тоннеля в пределах станции увеличить до размеров, позволяющих разместить в этом тоннеле пассажирскую платформу. Для принятия пассажиров и распределения их по платформам разных направлений, между двумя путевыми тоннелями сооружают третий, соединенный с путевыми и имеющий выход на поверхность. В сложных геологических условиях принимают круговую форму сечения тоннелей, а в благоприятных - более экономичную сводчатую.

Станции пилонного типа применяют в сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях (при большом горном давлении в слабых неустойчивых грунтах, в полускальных и скальных сильно трещиноватых грунтах при значительном по дебиту и напору водопритоке), а также при недостаточной толще водонепроницаемых грунтов над станцией).

При сборной обделке кругового очертания пролет прохода должен быть кратен ширине кольца обделки. Высота по оси прохода должна быть не менее 2,5 м.

В обводненных полускальных и скальных сильно трещиноватых грунтах $f = 2-3$, где ожидается значительный напор грунтовых вод (равный или более 0,1 МПа) обделка станционных тоннелей выполняется из чугунных элементов (рис.30, а). В проемной части станции разомкнутые в кольца обделки опираются на рамы, образованные клинчатыми перемычками (1) и усиленными тубингами (2) в составе колец боковых и среднего тоннелей. Лотковые тубинги и смежные с ним тубинги боковых тоннелей целесообразно заменить железобетонными блоками.

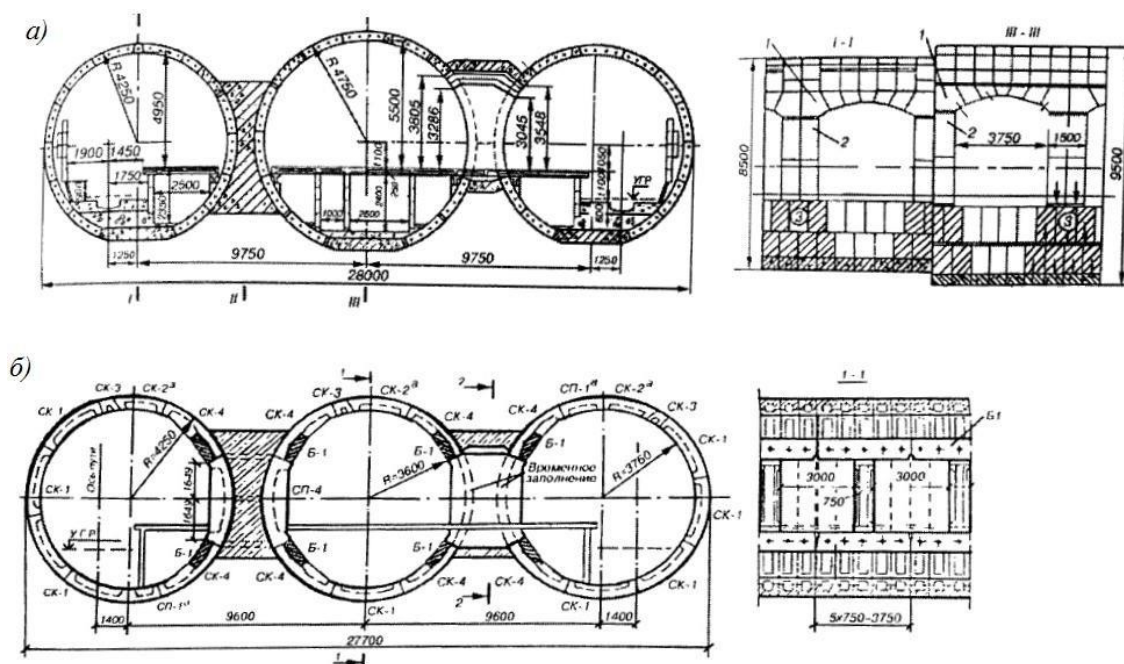


Рис. 30 – Конструкция пилонных станций с обделкой:

а- из чугунных тюбингов; б- из сборных железобетонных блоков

В слабых водонепроницаемых грунтах обделка тоннелей пилонной станции выполняется полностью из железобетонных элементов (рис.31). Разомкнутые кольца в проемах через специальные опорные тюбинги опираются на пилонные блоки (2) через балки - перемычки (1), расположенные в верхней и нижней части проема на всем протяжении проемной части станции.

В относительно устойчивых полускальных грунтах ($f=3-4$) при незначительной толщине кровли коренных грунтов рекомендуется применять станции пилонного типа с обделкой из монолитного железобетона

В связи со значительным расходом дефицитного чугуна разработана конструкция пилонной станции с обделкой из металлоблоков. Блоки изготавливаются из прокатной стали и заполняются после монтажа кольца обделки пластичной бетонной смесью. Конструкция обеспечивает герметичность тоннеля при воздействии значительного гидростатического давления.

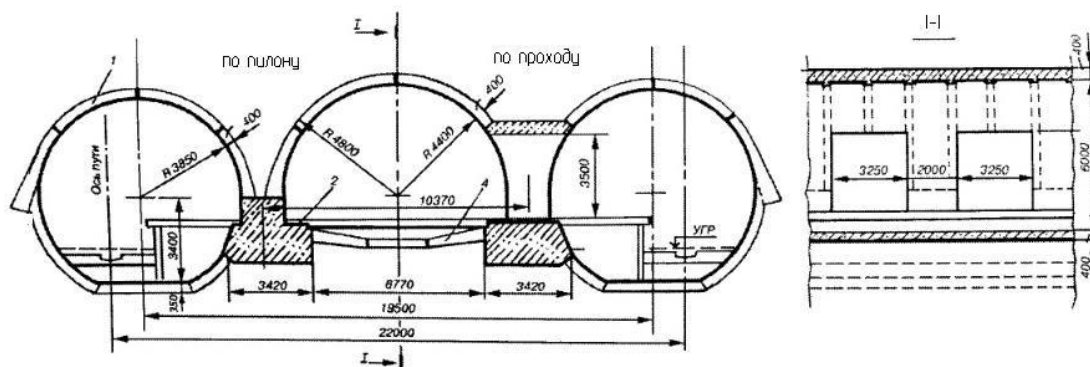
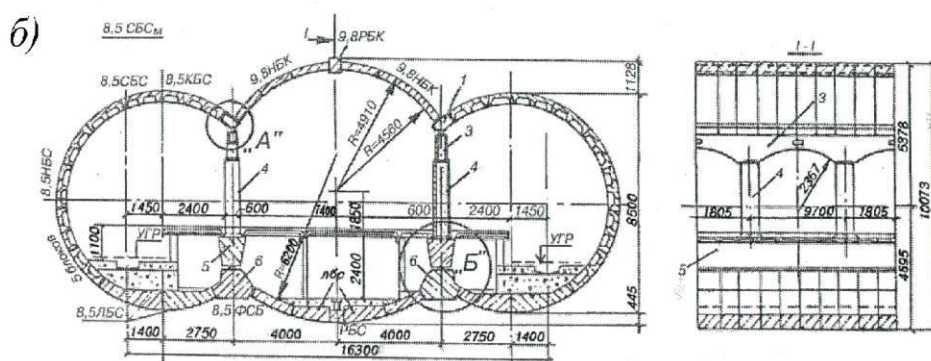
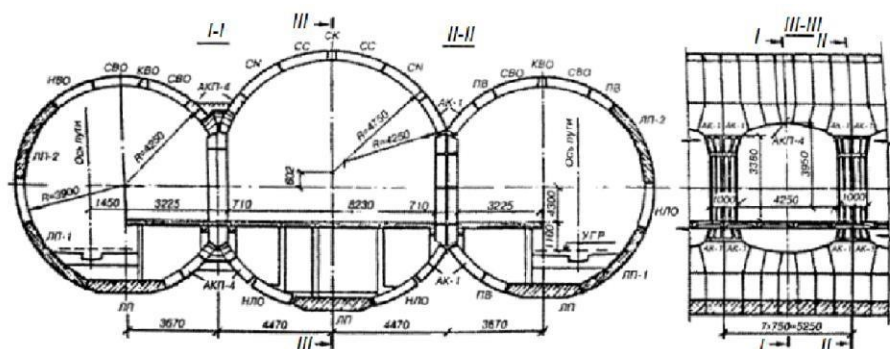


Рис. 31 - Станция пилонного типа с комбинированной отделкой

a)



а- из чугунных тубингов; б- из сборных железобетонных блоков

Конструктивная схема таких станций определяется, в первую очередь, выбором материала, соответствующего заданным условиям проектирования и способом сопряжения сводов тоннелей с внутренними несущими конструкциями (жесткое соединение элементов в узле сопряжения или шарнирное). В обводненных грунтах при значительном горном давлении конструкция станции выполняется из чугунных тубинговых колец и состоит; из трех тоннелей одного диаметра с проемами. Оси тоннелей расположены в одной плоскости параллельно друг другу и сближены таким образом, чтобы верхние 1 и нижние 2 перемычки проемов соседних колец опирались на пастальные колонны 3.

В том случае, когда интенсивность горного давления сравнительно невелика, размер среднего зала станции может быть увеличен (рис.32,а), может быть увеличен и шаг колонн вдоль станции. Нижние перемычки могут быть выполнены из фасонных тубингов и обычных. Лотковые элементы можно выполнить из железобетонных блоков, обеспечив их водонепроницаемость. При нагрузках на станцию до 70 тс/м² стальные колонны могут быть заменены на железобетонные с соответствующим оформлением опорной площадки сопряжения колонны с основанием клинчатой

перемычки.

В водонепроницаемых глинистых грунтах при гарантии равномерного распределения нагрузки по сечению конструкции станции колонного типа следует выполнять с шарнирным опиранием сводов на внутренние несущие конструкции. Отсутствие моментов в узлах сопряжения и центрированная передача усилий на колонны позволяет выполнить обделку станционных тоннелей из сборного железобетона (рис. 32,б).

В скальных и полускальных грунтах (крепостью $f = 2 \div 4$) при небольшой ширине платформы (до 12м) целесообразно обделку колонной станции выполнить из монолитного бетона и железобетона.

Детали обделок станционных тоннелей

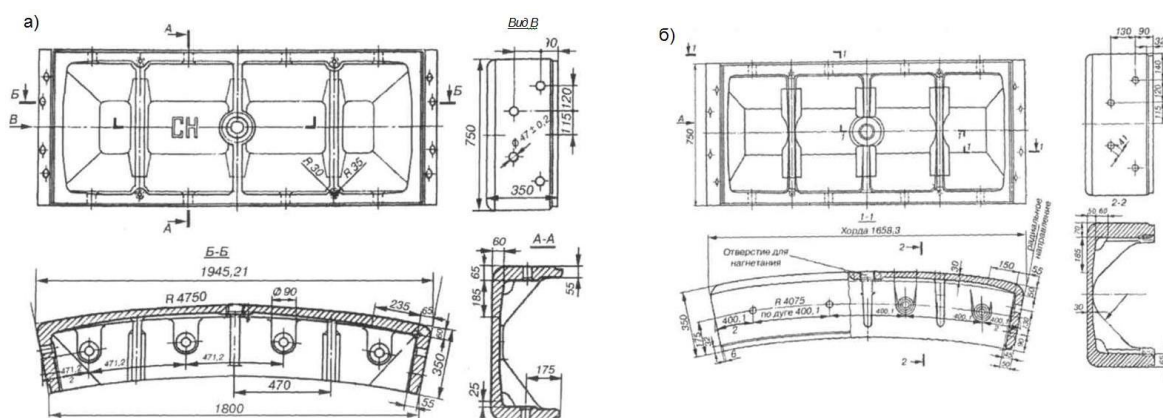


Рис. 33- Конструкция нормального тьюбинга чугунной обделки станционных тоннелей: а-нормальный блок для внутреннего диаметра 7,8; б- нормальный блок для внутреннего диаметра 8,8

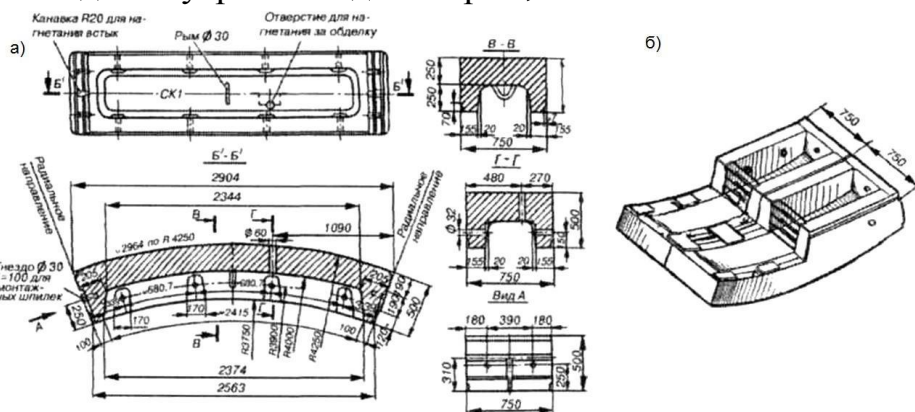


Рис. 34- Конструкция железобетонных блоков станционных тоннелей: а-нормальный блок (СК-1); б-опорный блок СК-4

_____м
Ширина посадочной платформы: _____м

Таблица 4

Исходные данные к практической работе

Геологические условия	№№ вариантов	Примечание: ширина платформы
Слабые полускальные, имеются напорные грунтовые воды	1,5,9,13,17,21,25	3,2
Слабые полускальные без грунтовых вод	2,6,10,14,18,22,26	2,4
Полускальные сильнообводненные	3,7,11,15,19,23,27	3,2
Плотные глинистые сухие	4,8,12,16,20,24,28	2,4

Практическая работа №8

Проектирование подземного пешеходного тоннеля

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

Цели занятия: Получить практический опыт конструированию элементов пешеходных тоннелей с использованием существующих технических проектов.

Теоретическая часть

Пешеходные тоннели в городах устраивают при пересечении скоростных дорог, магистралей непрерывного движения и улиц с интенсивным движением транспорта и пешеходов, на крупных площадях, перекрестках или примыканиях улиц и дорог, в местах наибольшего тяготения пешеходных потоков (станции метрополитена, железнодорожные вокзалы, торговые центры, парки). Планировочные решения подземных переходов зависят от местных топографических и градостроительных условий и отличаются расположением в плане, типом и количеством входов и выходов.

На перекрестках, примыканиях и развилках улиц и дорог устраивают несколько

пешеходных тоннелей в виде примыкающих друг к другу, пересекающихся или разветвляющихся коридоров.

Пешеходные тоннели чаще всего имеют односкатный продольный профиль с минимальной глубиной заложения под проезжей частью улицы. Продольный уклон пола тоннеля не должен быть менее 4 ‰ и более 40 ‰, а поперечный уклон — порядка 4...10%.

В зависимости от глубины заложения пешеходного тоннеля, рельефа местности, характера застройки, интенсивности пешеходных потоков применяют лестничные, пандусные, эскалаторные или комбинированные входы и выходы. Они могут располагаться только по концам пешеходных тоннелей, а также в промежуточных сечениях перпендикулярно или под углом к его продольной оси.

Для защиты от атмосферных осадков в некоторых случаях возводят навесы и павильоны.

Размеры поперечного сечения пешеходных тоннелей, лестничных, эскалаторных и пандусных входов и выходов назначают в соответствии с их пропускной способностью в зависимости от интенсивности пешеходного движения.

При этом ширина тоннеля в свету должна быть не менее 3 м, а высота — не менее 2,3 м. Пропускная способность 1 м ширины пешеходного тоннеля составляет примерно 2 000 чел/ч, 1 м лестничных сходов — 1 500 чел/ч, а 1 м пандусов — 1 750 чел/ч. Обычно пешеходные тоннели устраивают шириной 4, 6 или 8 м. Иногда в них предусматривают местные уширения для размещения телефонов-автоматов, торговых помещений, рекламных щитов.

В данной практической работе для проектирования пешеходного тоннеля используется «Типовой проект пешеходных тоннелей под железнодорожными путями, сооружаемых открытым способом» №510-0-47.

Основные положения

Расчетная несущая способность блоков тоннелей соответствует нормальной высоте засыпке от верха конструкций тоннеля до подошвы шпалы 0,8м, положение уровня грунтовых вод ниже подошвы лотка тоннеля, высота тоннеля в свету 2,4 (рис.30).

Продольный уклон тоннелей 2-15‰, поперечный 10‰

В проекте конструкции типовых участков тоннелей шириной 3,0; 4,0; 6,0м предусмотрены из железобетонных боков замкнутого контура, блоки тоннеля располагаются на монолитном железобетонном фундаменте, под которыми предусмотрена щебеночная подготовка толщиной 10см.

После установки всех блоков производится соединение их поверху с помощью монтажных сварных швов с металлическими накладками, укладка гидроизоляции и другие работы.

Лестничные входы в практической работе предусмотрены коридорного типа и

имеют ширину в соответствии с шириной тоннеля 3,0; 4,0; 6,0м.

Лестничные марши входов имеют не более 13 ступеней, ширина лестничных маршей 98см (рис.39). Между лестничными маршами устраиваются площадки длиной 1,5м. Заложение лестничных маршей принято с крутизной 1:2,3 и размерами ступеней 14х32 см.

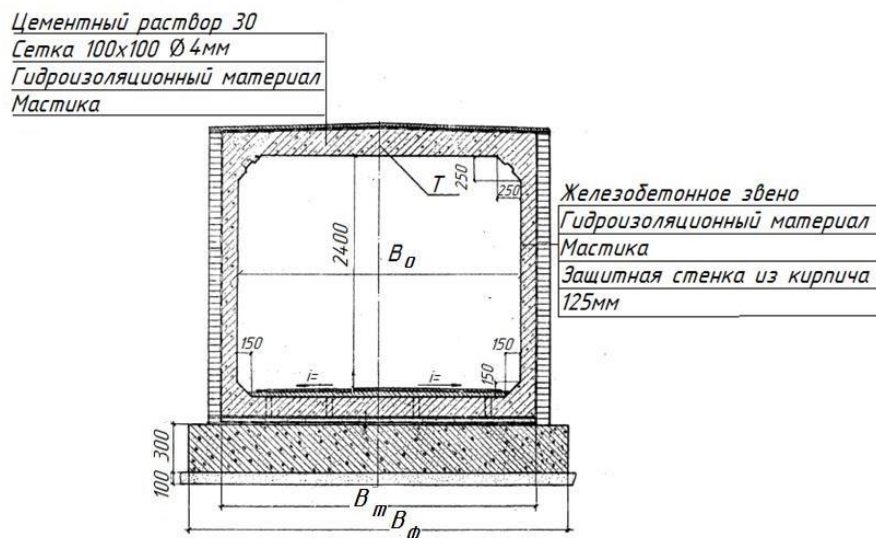


Рис. 38- Поперечный разрез пешеходного тоннеля

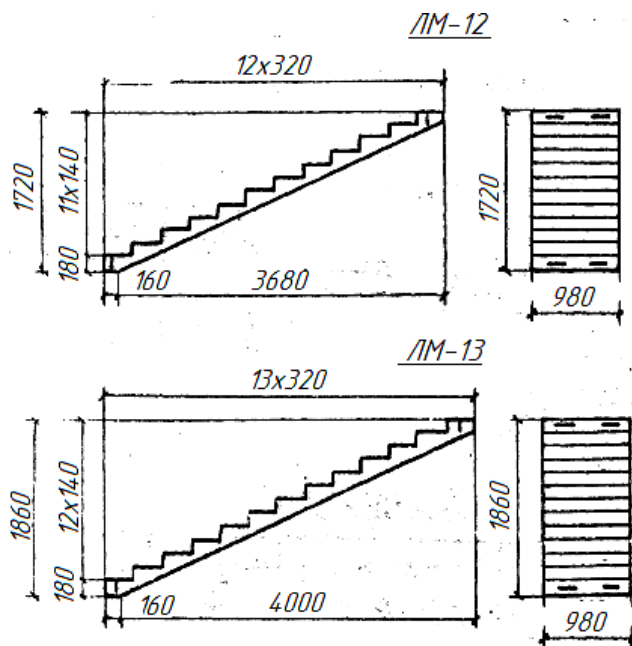


Рис. 39- Лестничные марши пешеходного тоннеля

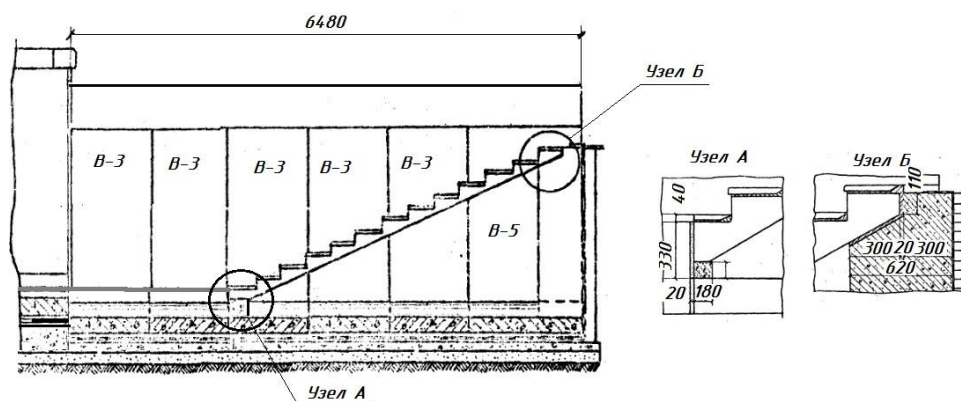


Рис. 40- Лестничные марши пешеходного тоннеля

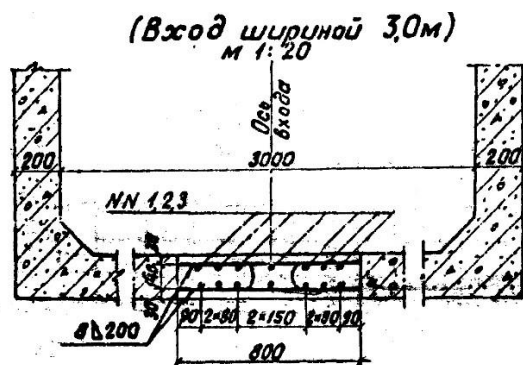


Рис. 41- Объединение стеновых блоков для тоннеля шириной 3,0м

Порядок выполнения:

1. Исходя из пропускной способности и заданной интенсивности движения пешеходов, определяем необходимый горизонтальный размер пешеходного тоннеля:

Пропускная способность 1 м ширины пешеходного тоннеля составляет $p_o=2\ 000$ чел/ч .

Ширина основной зоны пешеходного движения: $B_o=P_o/p_o$,

где P_o – пропускная способность пешеходного тоннеля (см.исходные данные)

2. Выбираем основные блоки пешеходного тоннеля, используя типовой проект №501-0-47, и вычерчиваем в рабочей тетради необходимые блоки с указанием основных размеров. Масштаб выбираем самостоятельно (от 1:20 до 1:50).

2.1 Блок тоннеля Т-1, Т-2, Т-3 в зависимости от размера B_o (п.1);

2.2 Блоки стеновые В-3, В-5;

2.3 Лестничный марш ЛМ-13;

2.4 Проступь рядовая ПР-1

3. Определяем ширину тоннеля B_m и фундамента B_ϕ под пешеходным тоннелем:

$$B_m=B_o+2d_c,$$

где d_c – толщина стенок блока Т (см. типовой проект), м; $B_\phi=B_m+2*0,325$

4. Определяем длину пешеходного тоннеля без лестничных сходов:

$$L=B+2(B_1+0,5+0,25) \text{ (размеры в м)}$$

где B – ширина земляного полотна (см исходные данные); B_1 -

заложение откоса насыпи дороги: $B_1=1,5H$,

H –высота засыпки над пешеходным тоннелем (см исходные данные);

5. Определяем длину пешеходного тоннеля с учетом лестничных сходов:

$$L_m=L+2L_1;$$

6. Определяем основные отметки пешеходного тоннеля А, Б, В:

$$6.1 \text{ Отметка верха проходной части } \square A=\square 0,00-(H+a+0,05+2,40+0,26),$$

где H -толщина засыпки над тоннелем (см.исходные данные);

a - толщина блока Т (см. типовой проект);

0,26м-расстояние от головки рельса до бровки земляного полотна

$$6.2 \text{ Отметка низа блока Т } \square B=\square A-(b+0,1); \text{ где}$$

b - толщина блока Т (см. типовой проект);

$$6.3 \text{ Отметка низа котлована пешеходного тоннеля } \square B=\square B-(H_\phi+0,10),$$

где H_ϕ -высота фундамента под пешеходным тоннелем=0,3м

7. Начертить чертеж, в состав которого входят: продольный разрез пешеходного тоннеля, два характерных разреза (по пешеходному тоннелю, по лестничному сходу), ведомость основных работ. Масштаб 1:50.

8. Составить ведомость основных работ

Ведомость основных объемов работ

Наименование	Марка блока	Единицы измерения	Количество
Блок тоннеля шириной ***мТ	Т-1 (2,3)	шт	
Блок стеновой	В-3	шт	
Блок стеновой	В-5	шт	
Лестничный марш	ЛМ-13 (ЛМ-12)	шт	
Проступь рядовая	58 ПР-1	шт	

Фундамент под пешеходный тоннель: $0,3 \cdot 2 \cdot B_{\phi} \cdot L \cdot 2$		m^3	
Фундамент под лестничные сходы: $0,2 \cdot 2 \cdot B_{\phi} \cdot L_{сх} \cdot 2$		m^3	

Таблица 4

Варианты исходных данных к практической работе №4

Варианты	Р _о пропускная способность пешеходного тоннеля, чел/час	Н-толщина засыпки над тоннелем, м	В– ширина земляного полотна, м	Варианты	Р _о пропускная способность пешеходного тоннеля, чел/час	Н- толщина засыпки над тоннелем, м	В– ширина земляного полотна, м
1-5	6050	1,1	12,0	16-20	7050	1,2	10,5
6-10	8200	1,4	9,5	21-25	8000	0,8	11,5
11- 15	12100	0,9	5,0	26-30	11000	1,0	8,5

Примечание: отметка ГР для всех вариантов 0,00м.

Практическая работа №9

Разработка плана отдельно стоящей постоянной подземной стоянки

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы (семинара), формируемые компетенции или их части:

ПК-6	способен выполнять расчетный анализ и оценку технических решений строящихся, реконструируемых, эксплуатируемых, сносимых объектов капитального строительства, включая сети и системы инженерно-технического обеспечения и коммунальной инфраструктуры, на соответствие установленным требованиям качества и характеристикам безопасности для производства работ по инженерно-техническому проектированию объектов градостроительной деятельности
------	--

Цели занятия: Получить практический опыт по конструированию подземных стоянок с использованием существующих технических требований и типовых проектов

Порядок выполнения:

1. Выбрать организация хранения гаража:

А)стоянка манежного типа с открытыми местами хранения автомобилей, расположенными ведином зальном помещении;

Б) боксовые с устройством изолированных мест хранения.

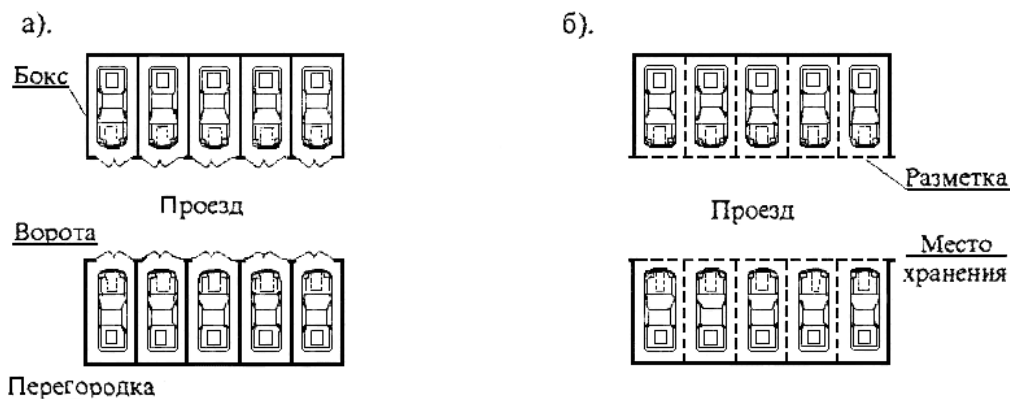


Рис. 43- Способы хранения автомобилей а) боксовое; б) манежное

2.Выбрать тип ограждающих конструкций

А) открытые стоянки

Б) закрыты стоянки.

Закрытые гаражи - стоянки имеют глухие или с включением светопроемов наружные ограждения. В них может быть организовано манежное и боксовое хранение автомобилей.

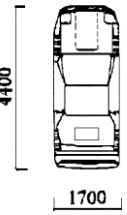
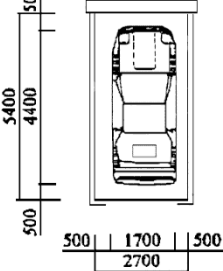
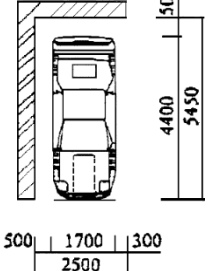
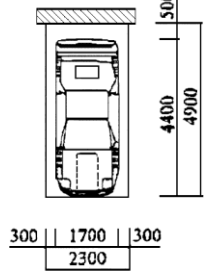
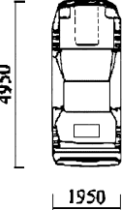
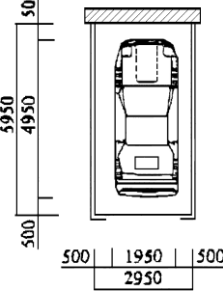
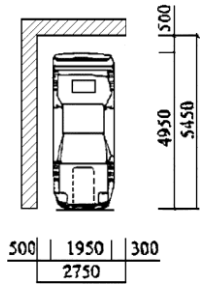
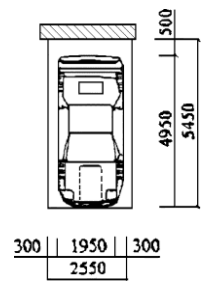
В открытых гаражах - стоянках наружные стены полностью или частично отсутствуют. В качестве ограждений могут быть использованы различные решетки, натянутые тросы, высокие парапеты (не более 1 м.) и т.п.

3. Выбрать минимальную площадь на одно машино-место в соответствии с Таблица 2 и

параметры защитных зон в соответствии с таблицей 3

В таблице 6 приведены схемы минимальных по площади машино-мест для легковых автомобилей малого, среднего класса для манежного и боксового хранения, с учетом их расположения в разных частях помещения хранения.

Таблица 5 Параметры мест хранения.

Класс автомобилей	Габариты автомобиля, мм	Габариты машино-места, мм		
		Боксовое хранение	Манежное хранение	
			Угловое расположение	Рядовое расположение
Малый				
Средний				

В соответствии с углом между продольными осями автомобиля и проезда при организации зоны хранения используются прямоугольная и косоугольная схемы (рис.44).

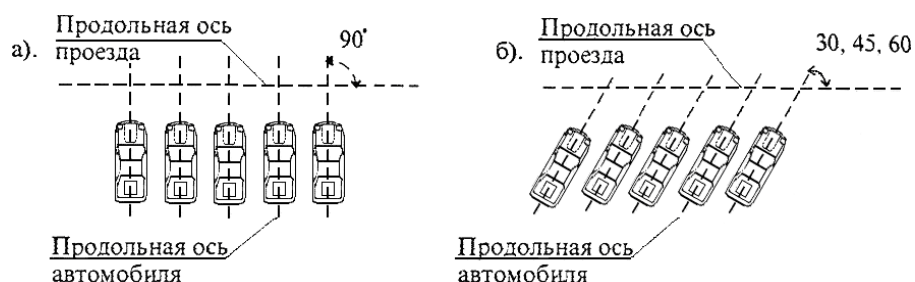


Рис. 44 Схемы расстановки автомобиля в зоне хранения а) прямоугольная; б) косоугольная

При проектировании гаражей - стоянок с боксовым хранением применяется прямоугольная схема организации мест хранения. При манежном хранении может быть использована любая схема расстановки в соответствии с конкретным проектным решением. От применения той или иной схемы зависит минимально

допустимая ширина внутригаражного проезда (таблица 7).

Для определения минимально необходимой площади машино-места, кроме габаритов горизонтальной проекции автомобиля, необходим учет параметров защитных зон, приведенный в таблице 6.

Таблица 6 Параметры защитных зон.

Защитные зоны	Расстояние, м
От продольной стороны автомобиля до стены	0,5
От торцевой стороны автомобиля до стены	0,5
Между автомобилем и колонной	0,3
От торцевой стороны автомобиля до ворот	0,5
Между продольными сторонами автомобилей	0,6

Общая площадь мест хранения - это суммарный показатель, определяемый количеством и габаритами машино-мест.

5. Выбрать способ парковки автомобиля

А) тупиковый

Б) прямоточный

Известно два способа парковки автомобиля на место хранения: тупиковый, предусматривающий въезд задним ходом, выезд - передним, (или наоборот), и прямоточный, при котором въезд на место хранения и выезд осуществляется передним ходом (рис.45).

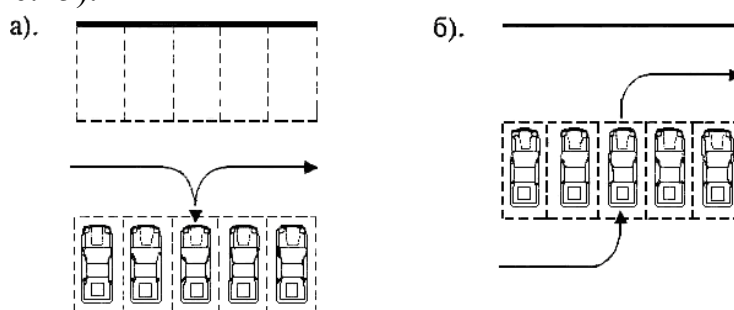


Рис. 45. Способы парковки автомобилей: а) тупиковый, б) прямоточный.

Так как принимаемый в гаражах - стоянках для индивидуального автотранспорта способ хранения должен обеспечивать независимый въезд - выезд всех автомобилей, прямоточный способ парковки в них практически не применяется, несмотря на более удобную схему движения без пересекающихся или встречных путей.

При проектировании гаражей - стоянок с боксовым хранением применяется прямоугольная схема организации мест хранения. При маневжном хранении может быть использована любая схема расстановки в соответствии с конкретным проектным решением. От применения той или иной схемы зависит минимально допустимая ширина внутригаражного проезда (таблица 7).

Таблица 7 Ширина внутригаражного проезда.

Типы автомобилей, класс	Ширина внутригаражного проезда, м					
	При установке передним ходом			При установке задним ходом		
	Без дополнительного маневра		С маневром	Без дополнительного маневра		
	Угол установки автомобиля к оси проезда					
	45°	60°	90°	45°	60°	90°
Легковые особо малого класса	2,7	4,5	6,1	3,5	4,0	5,3
Легковые малого класса	2,9	4,8	6,4	3,6	4,1	5,6
Легковые среднего класса	3,7	5,4	7,7	4,7	4,8	6,1
Микроавтобусы особо малого класса, и автомобили класса «Джип»	3,8	5,8	7,8	4,8	5,2	6,5

Ширина внутригаражного проезда может быть уменьшена на 0,15; 0,3; 0,45 и 0,6 метра при соответствующем увеличении защитных зон (см. таблицу 5) на 0,1; 0,2; 0,3 и 0,4 метра.

В помещениях хранения манежного типа расстояние от колонны до ближайшей границы проезда рекомендуется принимать около 0,5 метра.

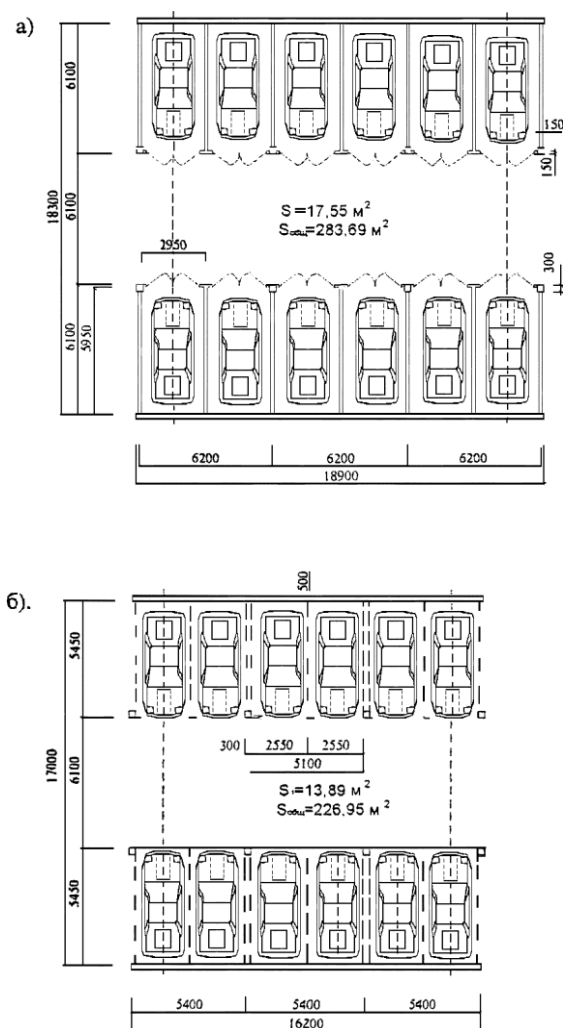


Рис. 46 - Фрагменты планов расстановки автомобилей среднего класса: а) боксовое хранение; б) манежное хранение, расстановка под углом 90°

На рисунке представлены фрагменты планов зон хранения с различной расстановкой 17 автомобилей среднего класса с габаритами машино-мест при минимальных параметрах зон безопасности и внутренних проездов.

На рисунке сечение колонн каркаса приняты 300×300 мм, толщина межбоксовых перегородок - 150 мм. Автомобили устанавливаются на места хранения задним ходом без дополнительного маневрирования. На рисунке приведены также показатели: S_1 - площади 1 машино-места и $S_{\text{общ}}$ - общей площади зоны хранения 10-ти автомобилей.

Список рекомендуемой литературыОсновная

1. Борьба с водной эрозией на линейной части трубопроводов. Инструкция ОАО «ГАЗПРОМ», Москва 1998.
2. Автомобильные дороги. Защита откосов автомобильных дорог от размыва. РГК Росавтодор, Москва 1992.
3. Попов М.А., Румянцев И.С. Природоохранные сооружения. М.: КолосС, 2005. 520 с.
4. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учеб. Пособие / Д.А. Кривошеин [и др.]; под ред. Л.А. Савина. М.: Высшая школа, 2003. 344 с.: ил.
5. Проект рекомендуемого состава инвентаризации по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ с территории: [утвержден Управлением по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора по УР]. Ижевск, 2008. 10 с.
6. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы и правила: СНИП 2.04.03-85. – 1986. – Введ. 1986-01-01. М.: Стройиздат, 1986. 72 с.
7. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. – 1991. (<http://www.garant.ru>).

Дополнительная

1. Добров Э. М. Механика грунтов: Учебник для вузов. М.: Академия, 2008. 272 с.
2. Глотов Н.М., Леонычев А.В., Рогаткина Ж.Е., Соловьёв Г.П. Основания и фундаменты транспортных сооружений. М.: Транспорт, 1996. 286с.
3. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л.: Стройиздат, 1990. 414с.
4. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высшая школа, 1982. 182 с.
5. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1983. 272 с.

Нормативно-правовая

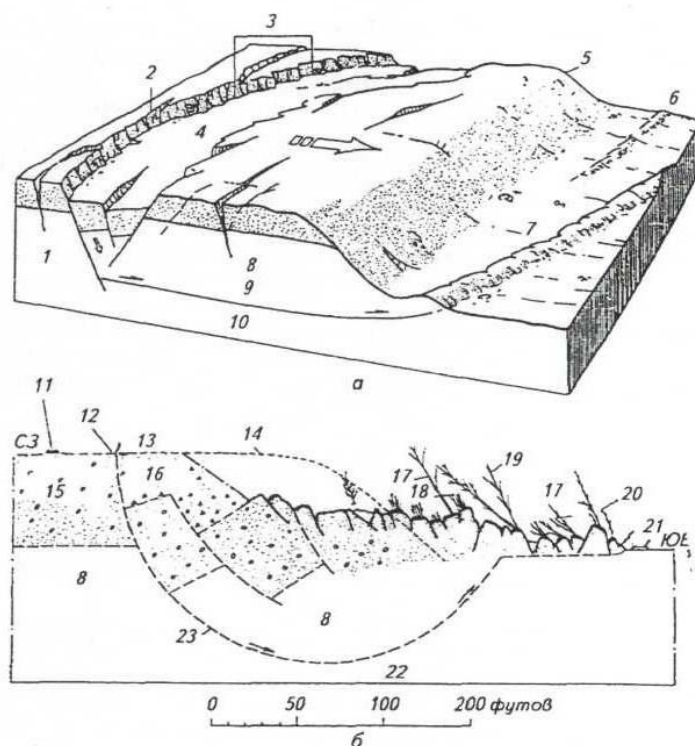
1. СНиП 2.06.15-85 Инженерная защита территории от затопления и подтопления.
2. СНИП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения
3. СНИП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения.
4. СНИП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия.
5. СП 33-101-2003 Определение основных расчетных гидрологических характеристик.

6. СНИП 2.05.03-84* Мосты и трубы.
7. СНИП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.
8. СНИП 2.06.15-85 Инженерная защита территории от затопления и подтопления.
9. СНИП II-7-81* Строительство в сейсмических районах.
10. ГОСТ 19185-73 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.
11. ГОСТ 26775-97 Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях.
12. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы: СанПиН 2.1.5.980-00. – 2000. – Введ. 2001-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2001. 108 с.

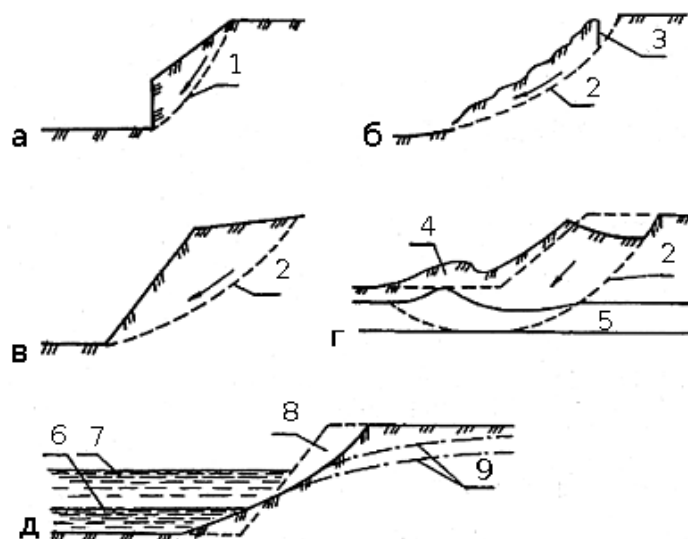
Параметры устойчивости откосов

Параметр	Песок	Супесь	Суглинок	Глина
Угол естественного откоса при естественной влажности, град.	25...30	30...40	40...50	40...45
Содержание частиц, %				
глинистых	До 5	До 12	12...33	Более 33
песчаных	Более 80	Более 50	-	-
Оптимальная влажность уплотнения, %	8...12	9...15	12...20	19...23

Наименования грунтов	Крутизна откосов (отношение его высоты к заложению) при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпной неуплотненный	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаный и гравийный	1:0,5	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5
Лессы и лессовидные	1:0	1:0,5	1:0,5



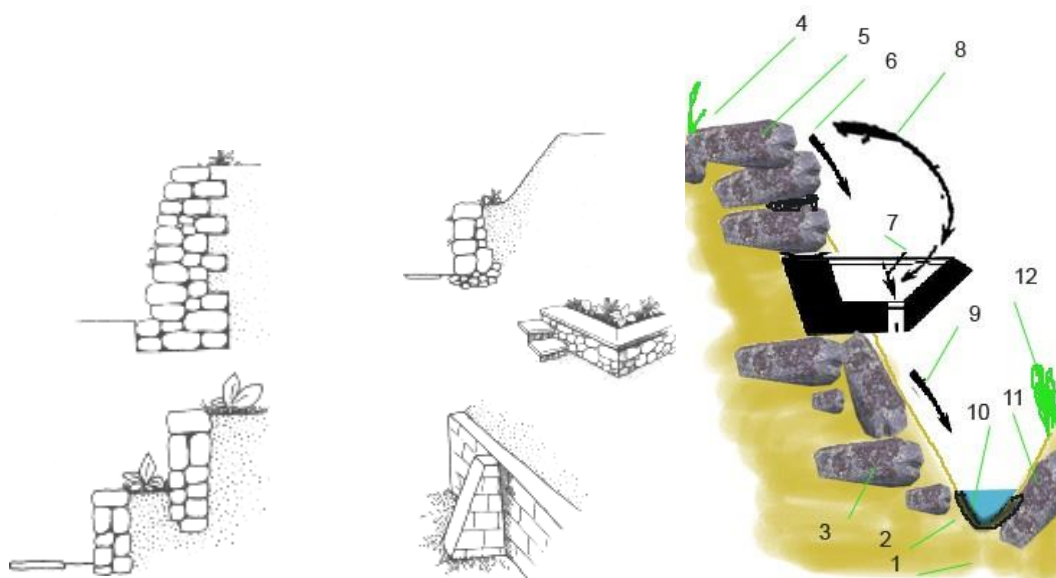
Оползни трансляционный (а) и вращательный (б) на примере местоположения ж/д путей: 1 – сильно нарушенная глина; 2 – основной уступ отрыва; 3 – голова оползня; 4 – гребень; 5 – бровка уступа; 6 – язык оползня; 7 – вал выдавливания; 8 – глубина бутлегеровой впадины; 9 – жесткая глина; 10 – чувствительная глина; 11 – ж/д пути; 12 – место возобновленного движения; 13 – восстановленная дорога; 14 – предполагаемая линия восстановления уступа; 15 – наносы; 16 – засыпка после землетрясения; 17 – береза; 18 – ольха; 19 – американский тополь; 20 – отклонение в сторону и назад; 21 – ж/д магистраль; 22 – приблизительный уровень воды в водоеме; 23 – предполагаемая поверхность обрушения



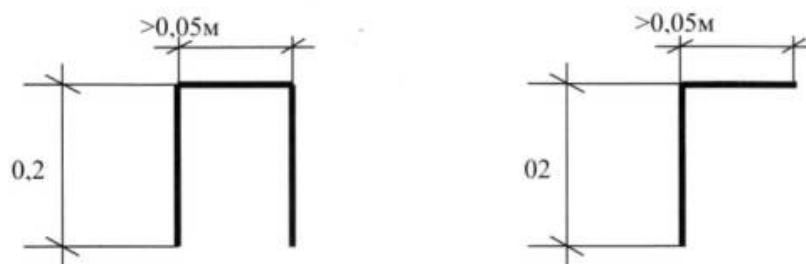
Характерные виды деформаций откосов: а — обрушение; б — сползание; в — оползень; г — оползень с выпором; д — оплывание; 1 — плоскость обрушения; 2 — плоскость скольжения; 3 — трещина растяжения; 4 — выпор грунта; 5 — слабый прослоек; 6,7 — установившийся и первоначальный уровни воды; 8 — поверхность оплывания; 9 — кривые депрессии

Приложение 3

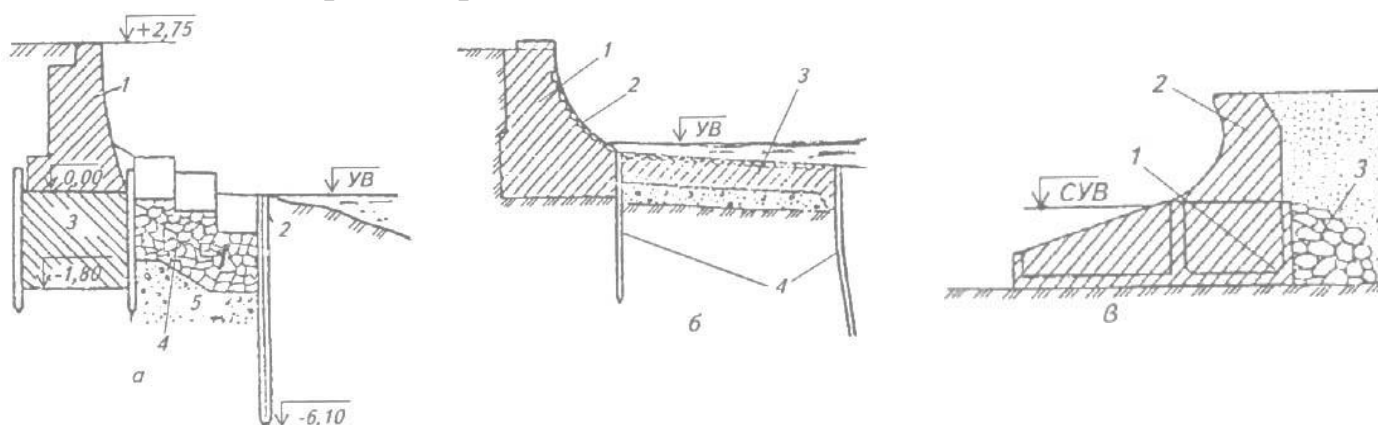
Типы и конструкции подпорных стенок



Анкерное крепление



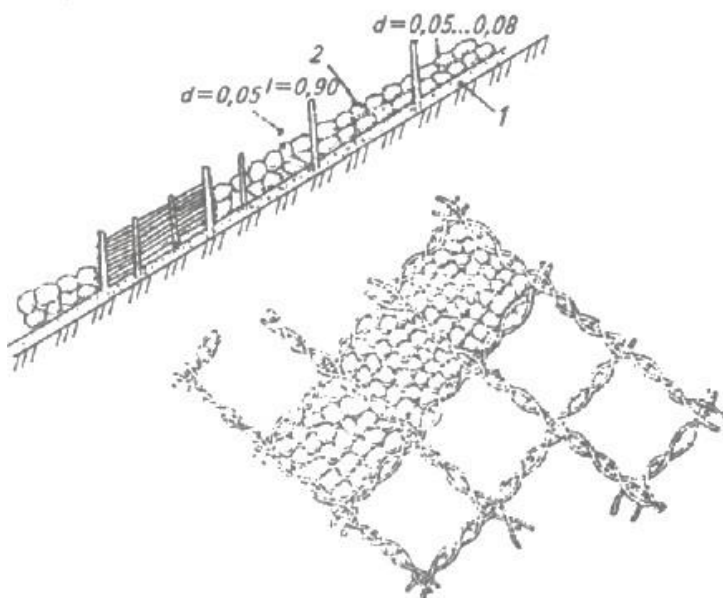
Противоэрозийная защита откосов



Типы волноотбойных стеной:

а – из бетонных блоков: 1 – бетонный блок, 2 – свая, 3 – бетон, 4 – камень, 5 – галечник; б – с бетонной рисбермой: 1 – бетонная стенка, 2 – каменная облицовка, 3 – бетонная рисберма, 4 – сваи;

в – с основанием из железобетонных коробов: 1 – железобетонный короб, 2 – бетон, 3 – камень.



Крепление плетевыми клетками с камнем: 1 – песчано-гравелистый слой (0,1 м); 2 – двойной слой камня (0,4 м)

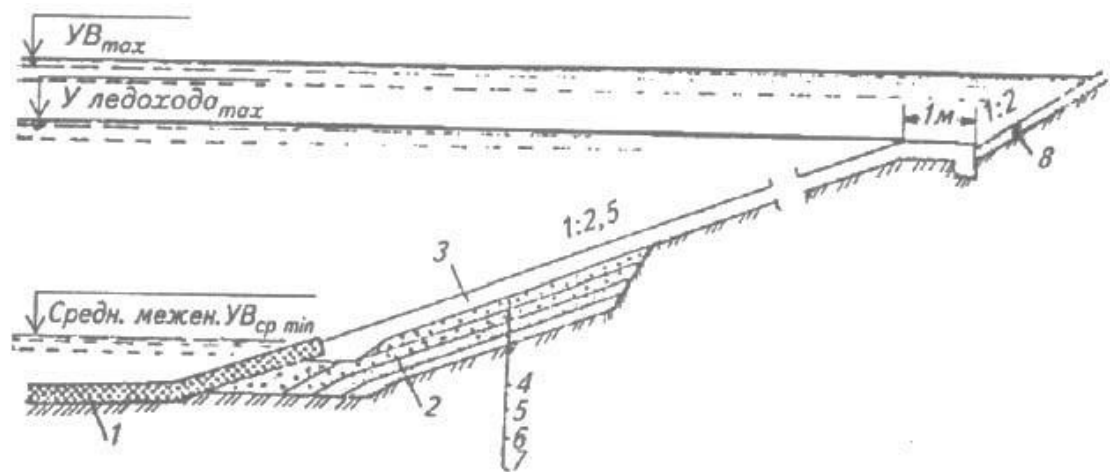
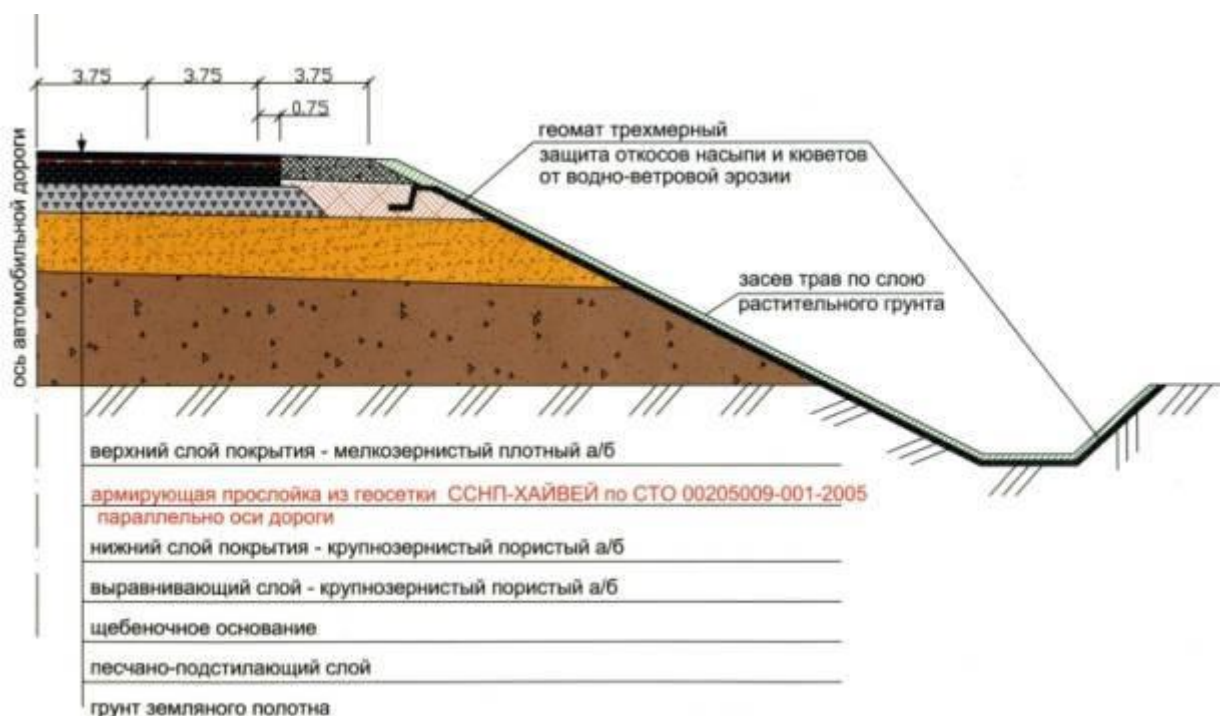
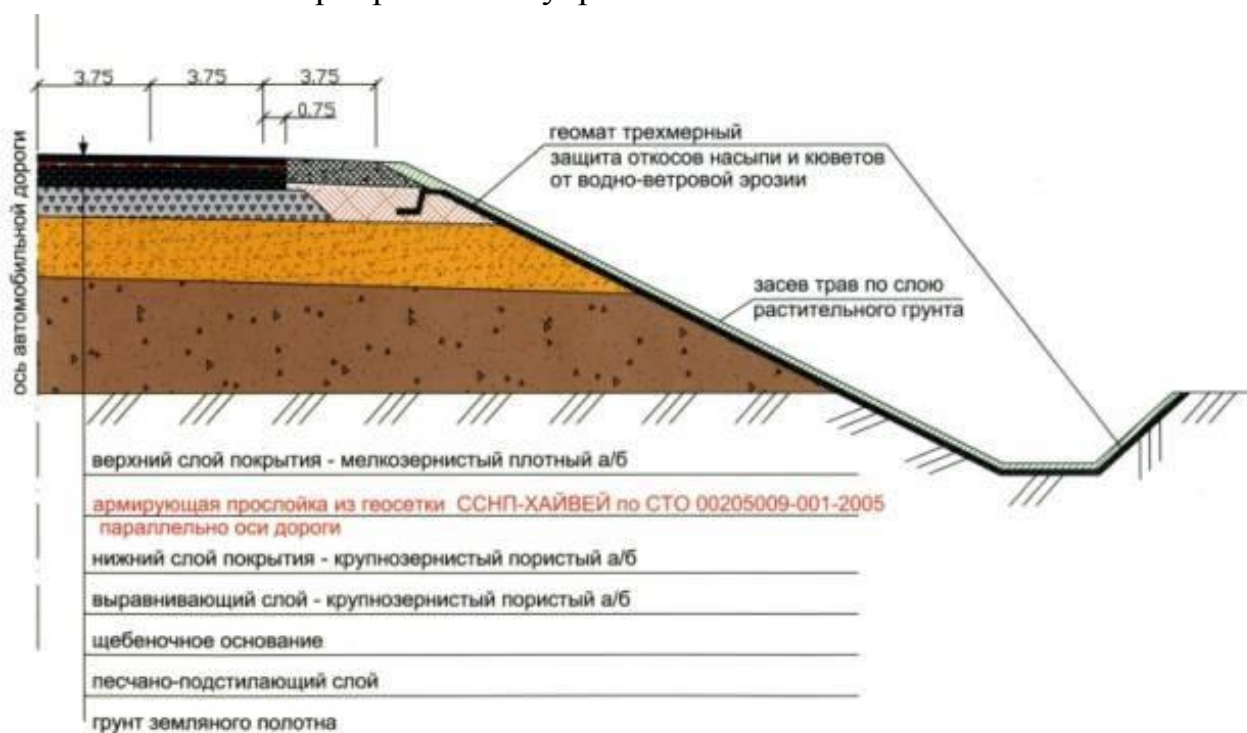


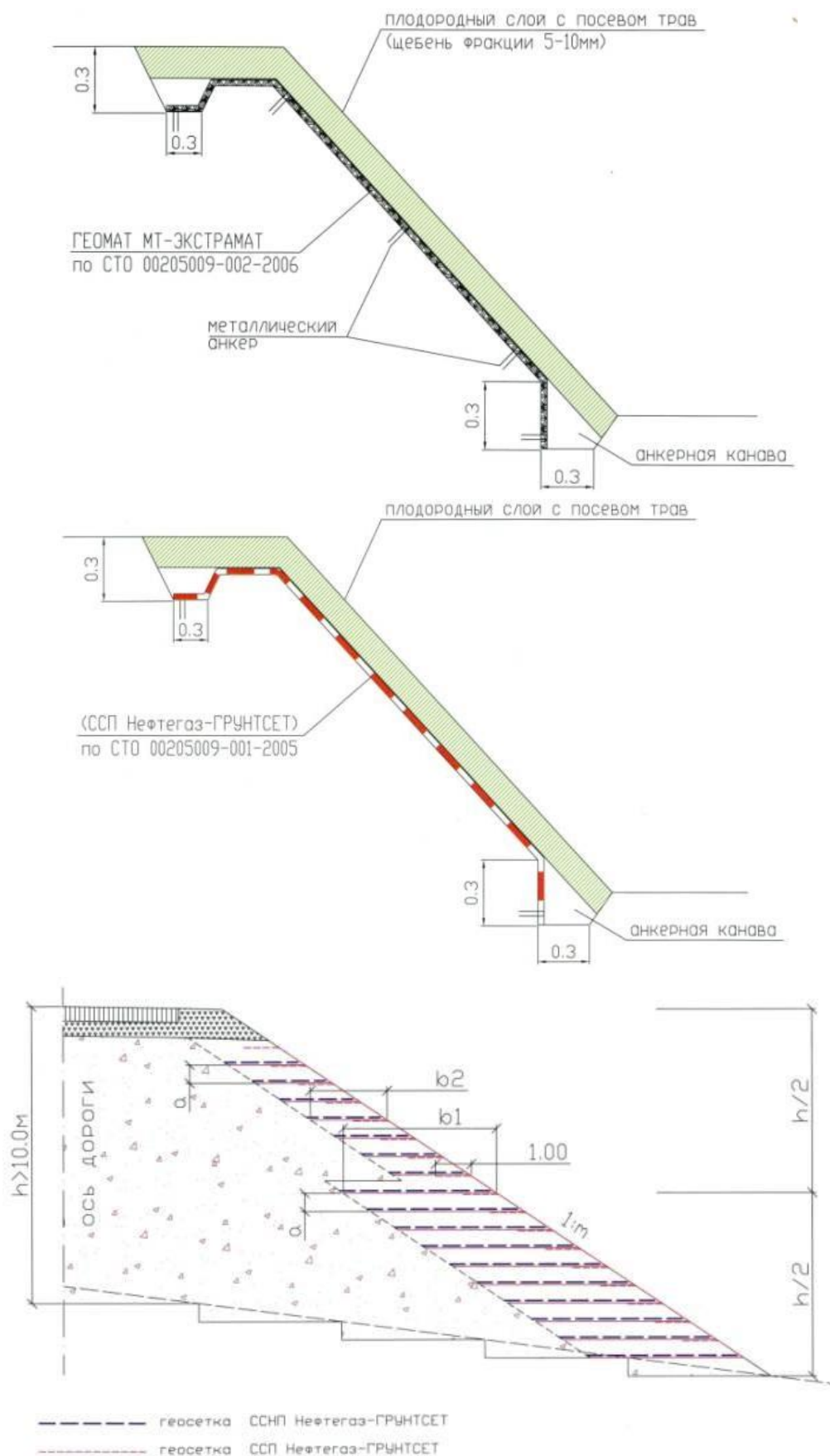
Схема крепления откоса грунтоасфальтом: 1 – хвостяной туюфяк; 2 – обратный фильтр; 3 – грунтоасфальт; 4, 5 – гравий; 6, 7 – песок; 8 – крепление откоса в зоне временного подтопления

Приложение 5

Комплекс мероприятий по укреплению откоса

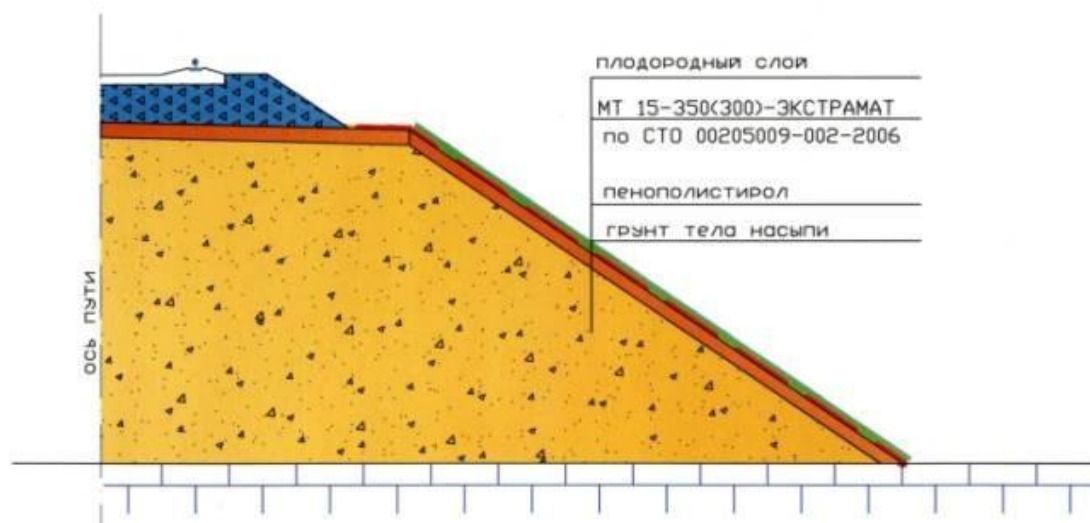


Повышение устойчивости откосов

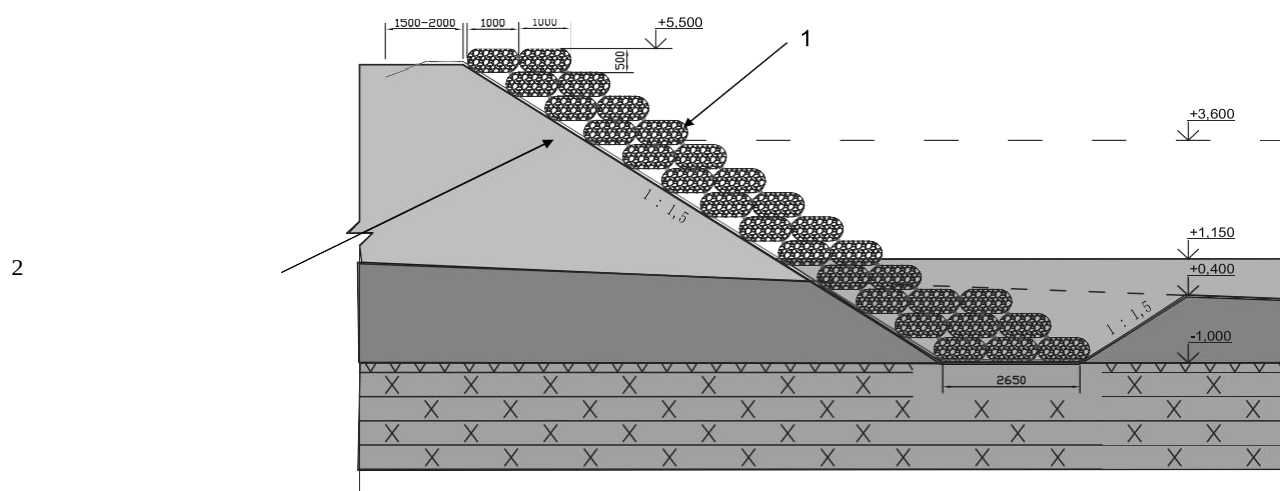


Приложение 7

Устройство защитного слоя из геоматов и георешеток



Элементы крепления георешетки к тросу. Скальная наброска с обратным фильтром в виде геотекстиля

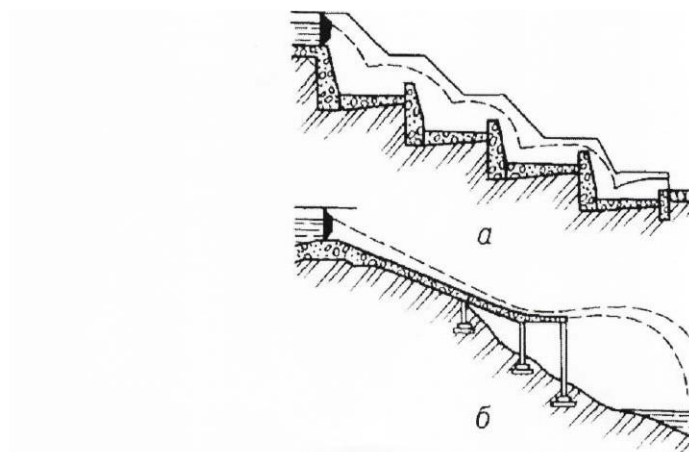


Берегоукрепление из сетконов:

1 – сетконы, связанные между собой; 2 – геотекстиль

Приложение 8

Сооружения организованного отвода поверхностного стока



Вершинные ГТС- а) перепад; б) консольный перепад (консоль)

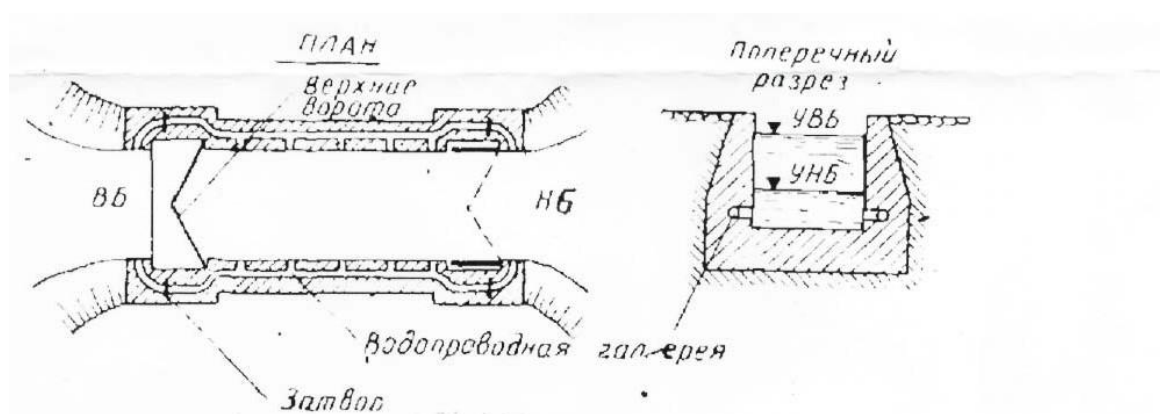


Рис. 76. Схема шлюза

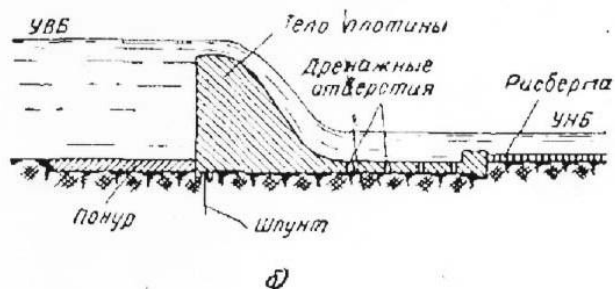
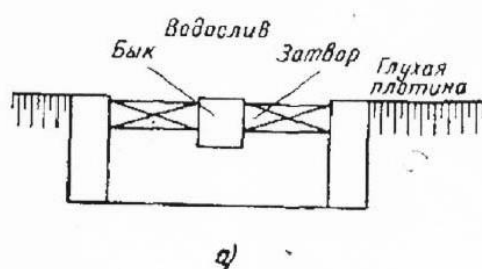


Рис. 72.

а) — схема водосливной части плотины; б) — элементы флюжбета плотины

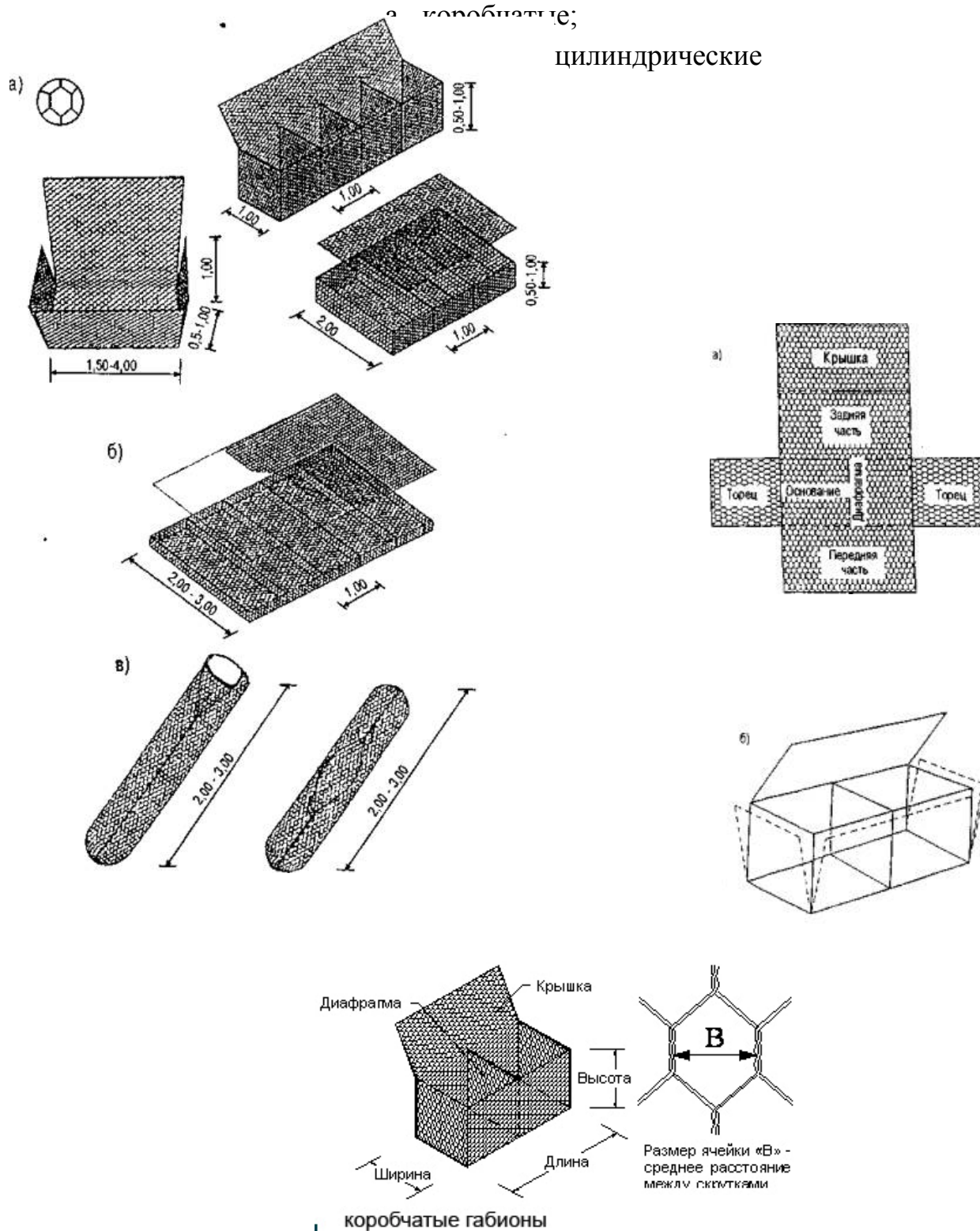
Приложение 9

Габионные конструкции

Типы арматурно-сетчатых каркасов:

καταδυναται ie;

цилиндрические



Сетчатая развертка коробчатого габиона с диафрагмой: а - до сборки; б -
схема сборки

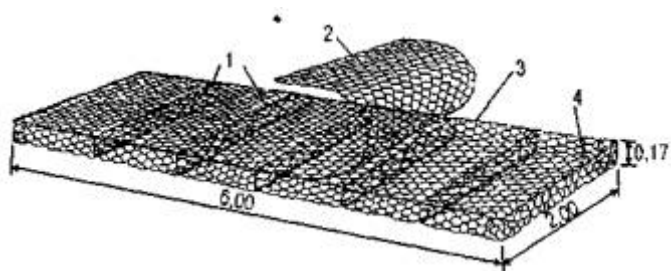
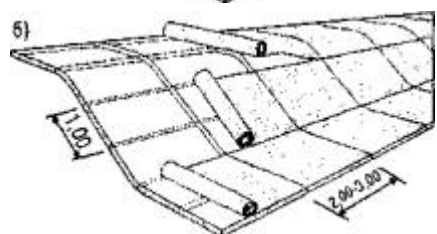
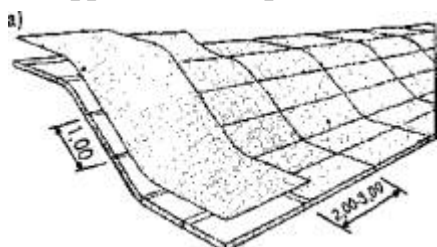
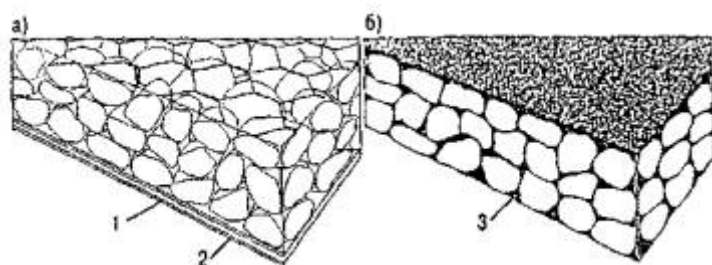


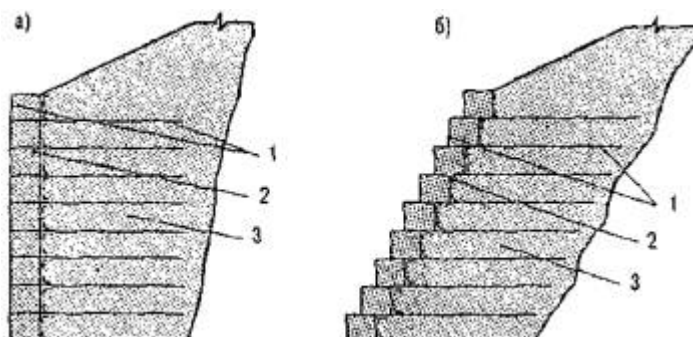
Схема матрасно-тюфячного арматурного каркаса и его элементов в сборке: 1 - диафрагма; 2 - крышка; 3 - боковая панель; 4 - торцевая панель



Схемы вариантов укладки сеток крышек матрасно-тюфячных габионов: а - поперечная укладка; б - продольная укладка

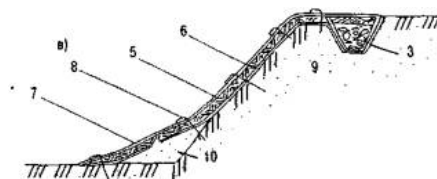
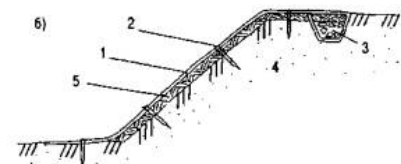
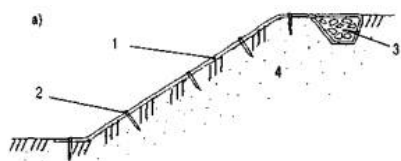


Противофильтрационные и водонепроницаемые габионные строительные блоки: а - с применением мембран; б - с применением битумной мастики; 1 - геотекстиль; 2 - водонепроницаемая мембрана; 3 - битумная мастика



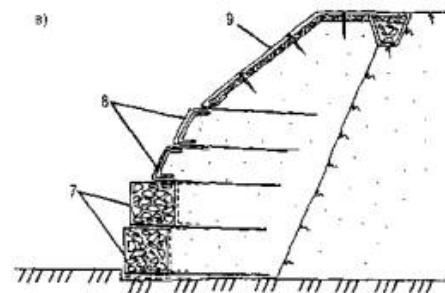
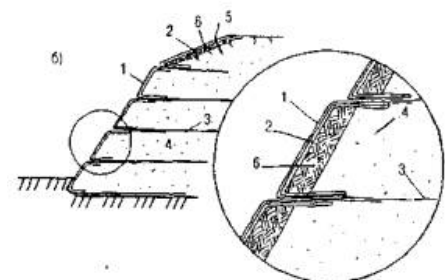
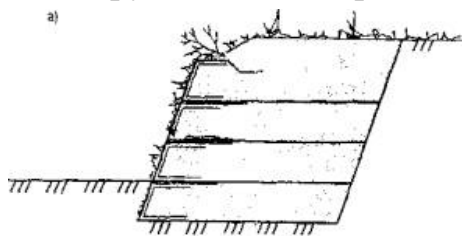
Конструкции системы Террамеш в виде стен:

а - вертикальных; б - наклонных; 1 - сетчатая армирующая панель; 2 - геотекстиль; 3 - грунт обратной засыпки



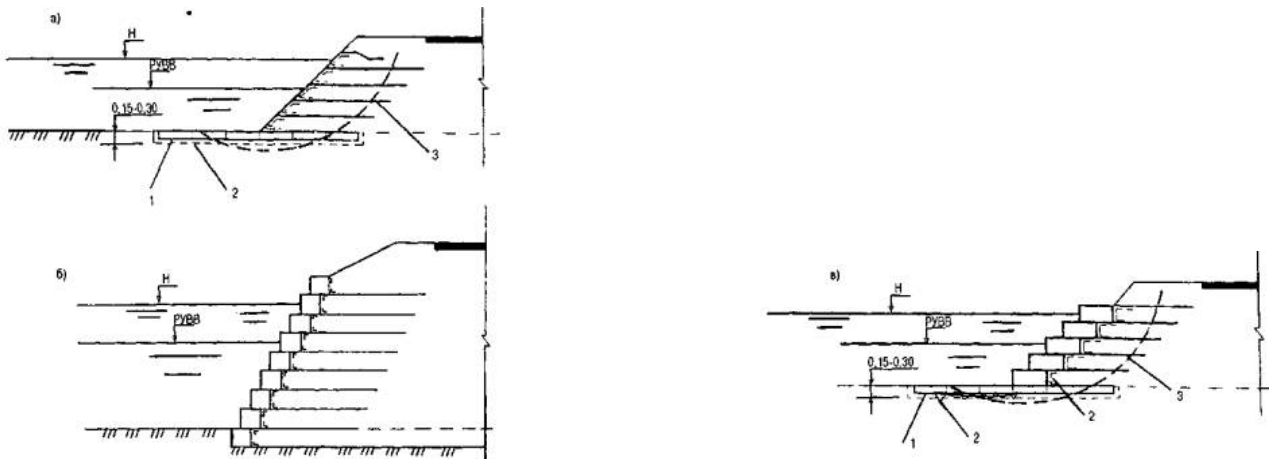
Схемы защиты откосов с помощью биоматов:

а - по растительному грунту, поверхность которого обработана гидропосевом; б - с укладкой растительного грунта; в - с укладкой двух слоев биоматов между слоями растительного грунта; 1 - биоматы; 2 - колышки; 3 - верховое крепление с дренажем; 4 - грунт откоса; 5 - растительный грунт; 6 - биоматы соломенные; 7 - кокосовые биоматы; 8 - металлические (деревянные) колышки; 9 - грунт откоса, обработанный гидропосевом; 10 - подсыпка откоса (склона)

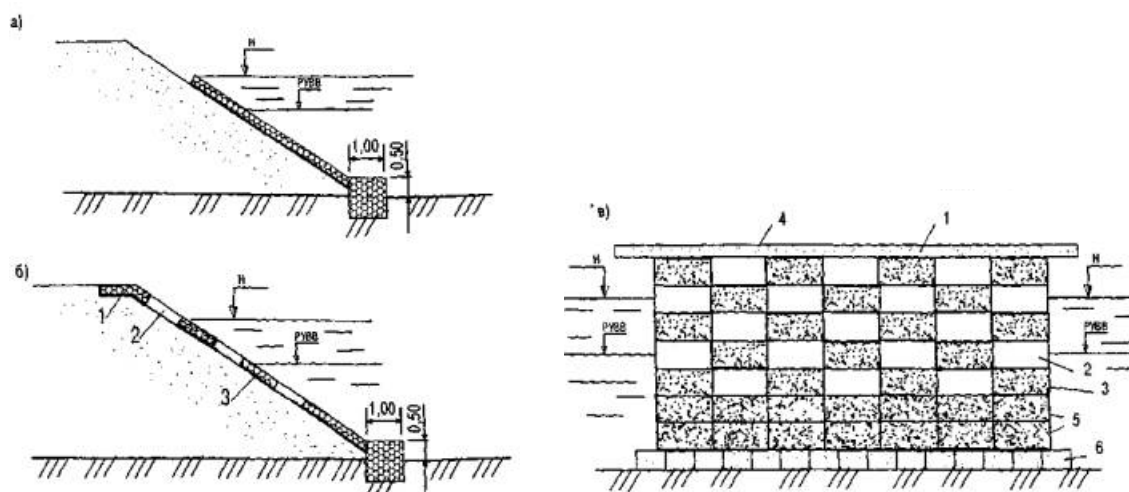


Схемы укрепления откосов и склонов:

а - системой зеленый Террамеш; б - системой зеленый Террамеш с биоматами; в - комбинированная конструкция; 1 - лицевая грань системы зеленый Террамеш, выполненная из стальной сетки двойного кручения с гальфановым покрытием; 2 - кокосовые биоматы; 3 - армирующая панель; 4 - грунт засыпки, уплотненный до 1,6-1,7 т/м³; 5 - колышки; 6 - растительный грунт; 7 - система Террамеш; 8 - система зеленый Террамеш; 9 - защита откоса с помощью биоматов

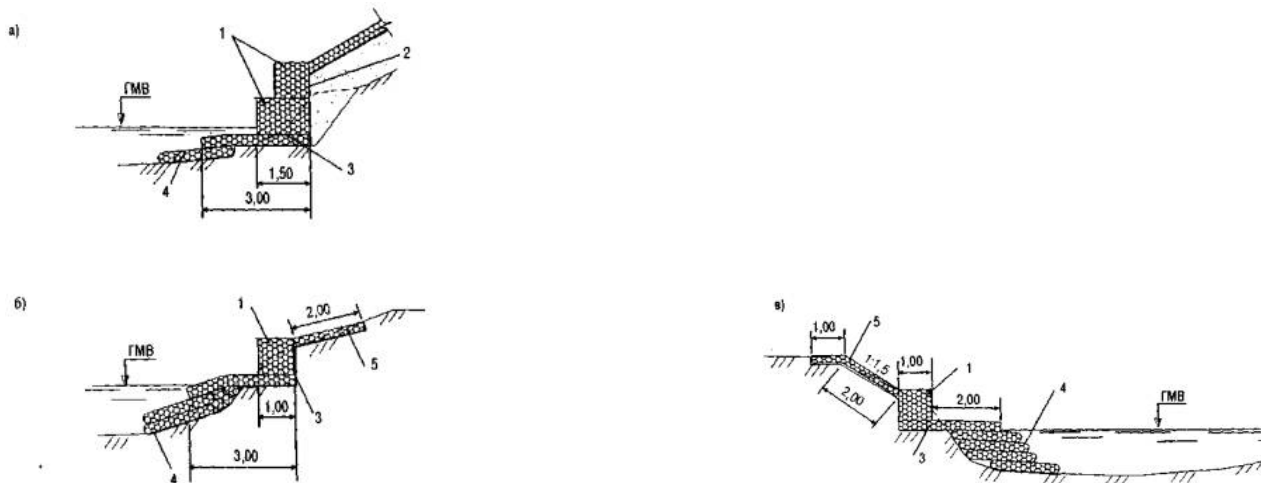


Схемы укрепления подтопляемых откосов при отсутствии меженных вод: а - система зеленый Террамеш; б - система Террамеш; в - система Террамеш на основании из габионов; 1 - матрасно-тюфячные габионы; 2 - геотекстиль; 3 - элемент нормирования



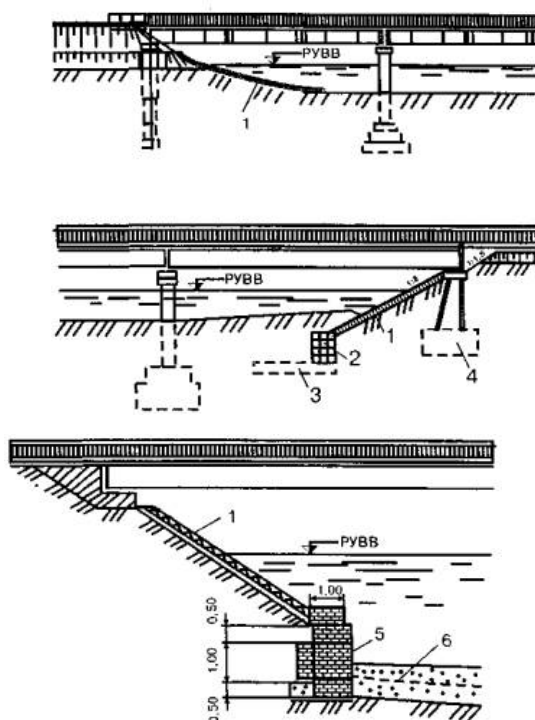
Схемы укрепления подтопляемых откосов матрасно-тюфячными габионами при отсутствии меженных вод и размывов у их подошвы:

а - сплошное; б - комбинированное в шахматном расположении; в - фасад; 1 - положение габиона в верхней части откоса; 2 - ячейки, заполняемые другим материалом; 3 - габионы; 4 - бровка земляного полотна; 5 - два нижних ряда сплошного укрепления габионами; 6 - упорные коробчатые габионы

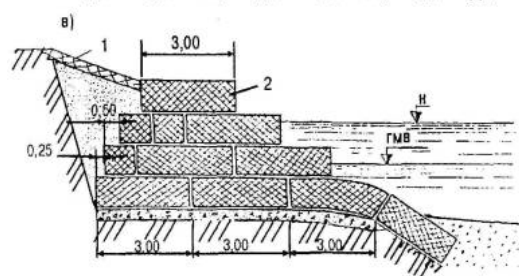
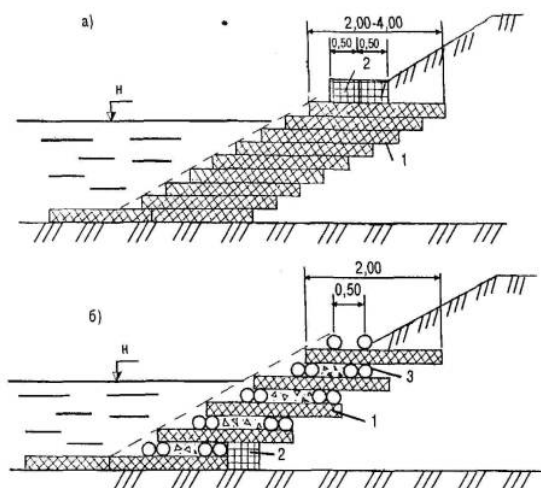


Схемы возможных габионных укреплений для защиты нижней части подтопляемых откосов от подмыва при наличии меженных вод с применением матрасных, коробчатых и цилиндрических габионов:

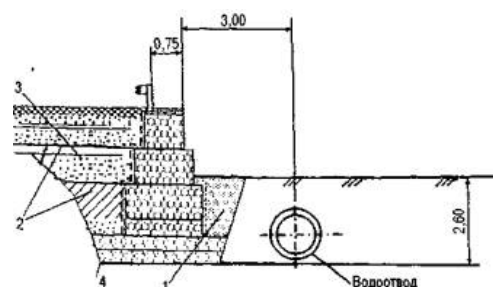
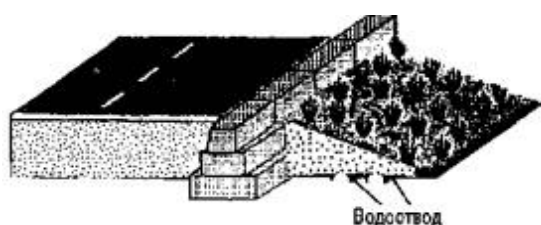
1 - коробчатые габионы ($1,50 \times 1 \times 1$ м); 2 - геотекстиль; 3 - матрасы ($h = 0,30$ м); 4 - цилиндрические габионы ($L = 2,00$ м; $\varnothing = 0,30$ м); 5 - матрасы ($h = 0,23$ м)



Схемы возможных конструктивных решений по укреплению габионами подмостовых конусов при отсутствии меженных вод и подтопления в период строительства: 1 - матрасы; 2 - коробчатый габион; 3 - вариант защиты упора матрасами; 4 - опора мелкого заложения; 5 - упорно-защитная конструкция из коробчатых габионов; 6 - линия размыва

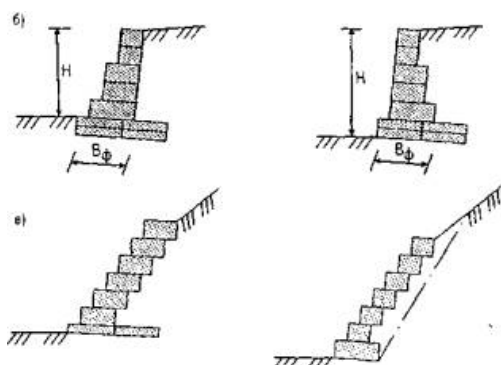
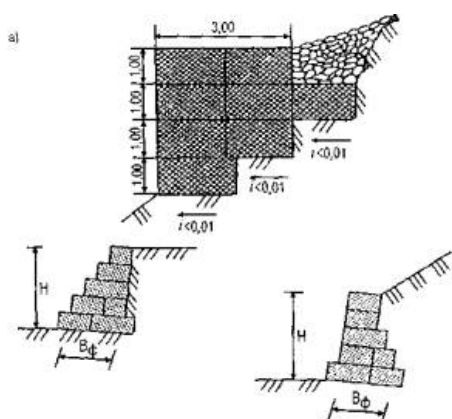


Схемы габионных укреплений вдольбереговых сооружений: а - с применением матрасов; б, в - комбинированные откосно- ступенчатые; 1 - облицовка матрасами; 2 - линия размыва



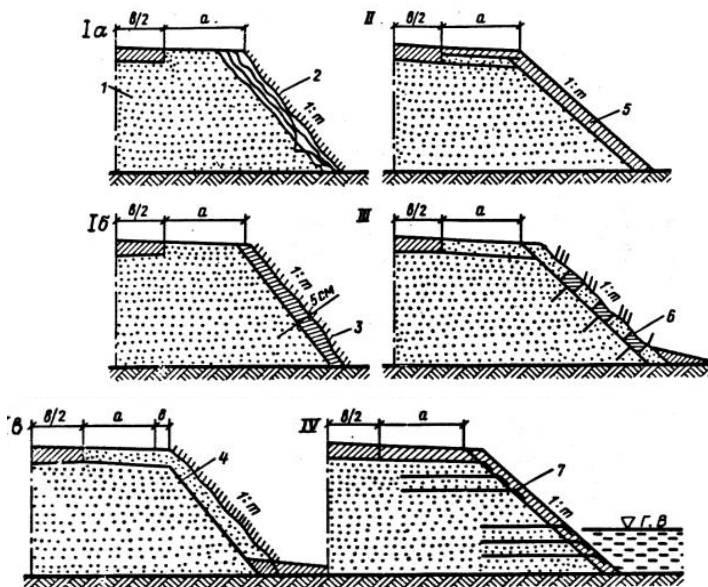
Схемы возможных устройств габионных конструкций в местах близкого расположения подземных коммуникаций:

1 - засыпка грунтом; 2 - армирующие элементы; 3 - грунт земляногополотна; 4 – геотекстиль



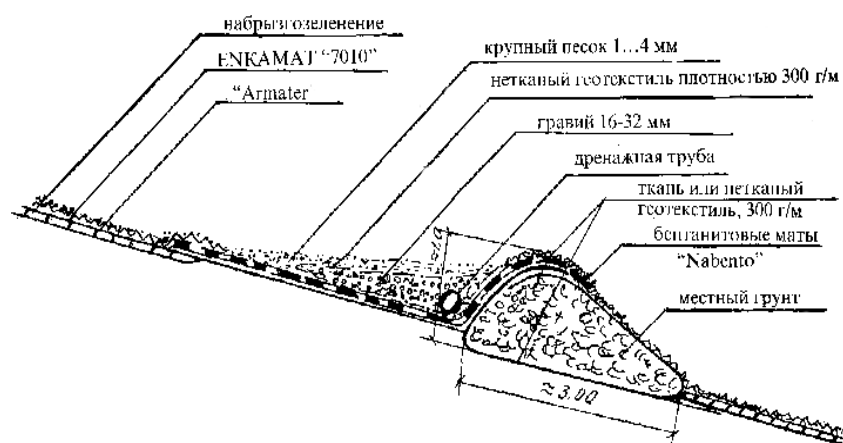
Схемы основных разновидностей габионных стен:

а - массивно-объемные; б - полумассивные; в - тонкостенные

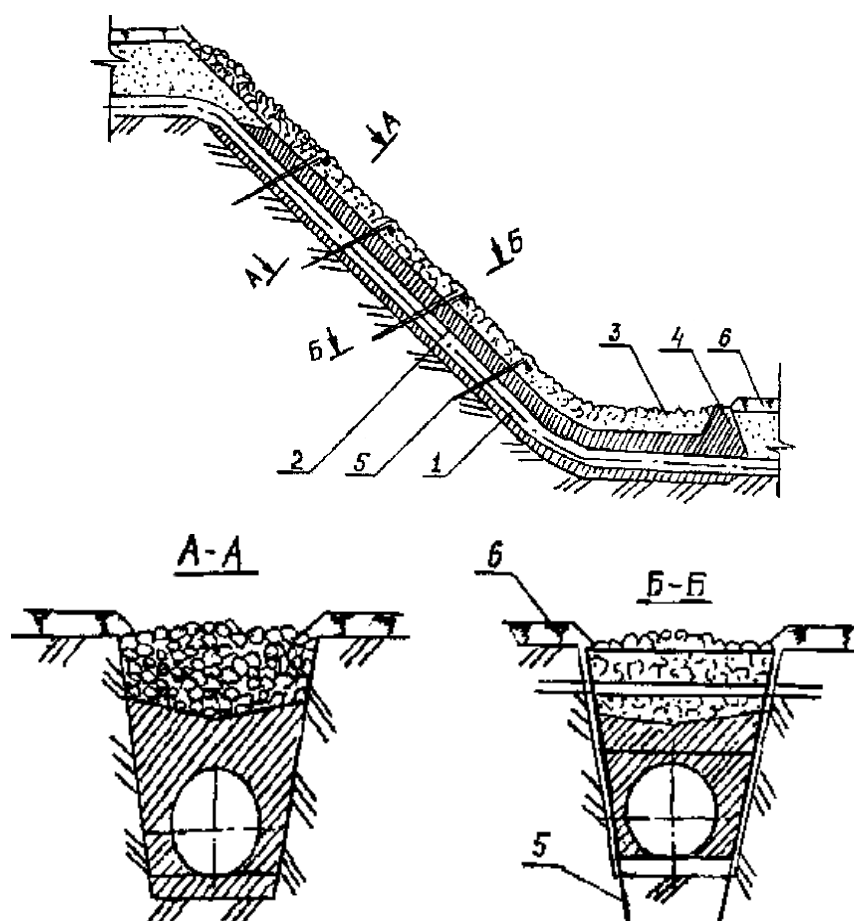


Конструкции укрепления откосов: I а - гидропосевом, трав по грунту откоса; I б - то же, по торфопесчаной смеси; I в - то же, по дорниту; II - грунтом, обработанным вяжущими; III - решетчатыми сборными конструкциями; IV - грунтом, обработанным вяжущими и армированием откоса дорнитом; 1 - грунт откоса; 2 - гидропосев трав по растительному грунту; 3 - гидропосев трав по торфопесчаной смеси; 4 - гидропосев по дорниту; 5 - укрепленные грунты; 6 - сборные решетчатые конструкции; 7 - дорнит.

Борьба с водной эрозией на линейных объектах



Противоэрозионное покрытие склона с водоотводящими валами



Траншейный дренаж на продольном склоне:

- 1 - трубопровод; 2 - обсыпка из гидрофобизированного грунта;
3 - дренажная каменная наброска; 4 - перемычка из гидрофобизированного грунта; 5 -
опорные водопроницаемые щиты; 6 - слой плодородного грунта с семенами трав

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений»**

Направление подготовки
Направленность (профиль)

08.04.01 Строительство
Теория и проектирование зданий и
сооружений

Ставрополь

Методические указания предназначены для студентов специальности 08.04.01 к выполнению РГР по дисциплине «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений». Выполнение РГР является опытом практического приложения теоретических знаний к решению конкретных задач в рамках изучаемой дисциплины. Этот трудоемкий процесс потребует от студентов определенных навыков.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями Государственного стандарта высшего профессионального образования и программы дисциплины «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений» и предназначены для студентов всех форм обучения.

Содержание

	Введение.....	4
1	Определение координат расчетных сечений.....	5
2	Определение вертикального давления в расчетных точках..	14
3	Определение активного давления в расчетных точках.....	15
4	Построение эпюры активного давления.....	16
5	Построение эпюры пассивного давления.....	17
6	Уточнение требуемой глубины заделки.....	17
7	Определение расчетного изгибающего момента в подпорной стене.....	19
8	Пример выполнения расчетно-графической работы.....	20
9	Варианты заданий.....	31
	Список использованных источников.....	33

Введение

Расчетно-графическая работа предназначена для приобретения навыков определения рациональных параметров стен подземных сооружений мелкого заложения и ограждения стенок при котлованном способе возведения. В рамках работы необходимо выполнить расчет активного давления грунта в расчетных сечениях подпорной стены (ограждения), определить величину заглубления стены в грунт для обеспечения устойчивости положения, определить внутренние усилия в стене, возникающие от давления грунта.

Высота подпорной стены H (или глубина котлована) принимается равной 10 м. остальные числовые исходные данные определяются в соответствии с вариантом задания. По первой цифре варианта задания выбираются данные, расположенные в столбце таблицы 1, по второй цифре – в таблице 2, по третьей – в таблице 3. Например, при варианте №432 из таблицы 1 берется столбец 4, из таблицы 2 – столбец 3, из таблицы 3 – столбец 2. В таблице даны мощности первых двух от поверхности слоев. Мощность третьего слоя не ограничена.

Для выполнения графической части работы следует использовать миллиметровую бумагу формата А3 или А4.

1 Определение координат расчетных сечений

Принимается система координат, в которой ось x совпадает с линией поверхности грунта, ось y – с внутренней гранью стены (линией стены). Начало координат обозначено точкой O . Поверхность грунта имеет ординату $y = 0$. Координаты расчетных точек определяются расчетом и графическим построением.

Величина активного давления вычисляется в расчетных сечениях стены, в которых эпюра давления претерпевает резкие изменения. В промежутках между расчетными сечениями эпюра имеет линейный характер. К расчетным сечениям относятся границы между слоями грунта, имеющими разные механические характеристики. В задании дано три слоя грунта, следовательно, таких границ две: они на схеме стены отмечены расчетными точками A и B . Точка A имеет ординату $y_A = m_1$, точка B – ординату $y_B = m_1 + m_2$. В каждой точке рассматривается два расчетных сечения, имеющие одну и ту же ординату y : одно расположено несколько выше расчетной точки и обозначается A -в или B -в, другое ниже расчетной точки и обозначается A -н или B -н.

К расчетным точкам также относятся точка K , которая находится на уровне дна котлована ($y_K = H$) и точка Z – на уровне заделки стены в грунт ($y_Z = H + z$). Последняя точка имеет условную координату, поскольку глубина заделки является предметом расчета и будет установлена по его окончании. Для определенности в первом приближении принимается глубина заделки $z = 1$ м.

Кроме указанных расчетных сечений характерные изменения возникают на эпюре в местах начала и окончания влияния на стену нагрузок на поверхности. В задании даны две полосовые нагрузки на поверхности, следовательно, на эпюре еще четыре расчетных точки. Они обозначены буквами: C – точка начала влияния нагрузки q_1 , D – точка окончания влияния нагрузки q_1 , E – точка начала влияния нагрузки q_2 , F – точка окончания влияния нагрузки q_2 . Во всех расчетных точках также рассматриваются два сечения, имеющие одну и ту же ординату y : одно расположено несколько выше расчетной точки, другое ниже расчетной точки.

Расчетные точки нужно нанести на расчетную схему. Расчетная схема выполняется в масштабе М1:50 таким образом, чтобы на формате А4 разместилась подпорная стена и призмы сползания (обрушения). Линия стены (ось y) должна располагаться в левой части листа на расстоянии от 1 до 2 см от левой границы листа. Линия поверхности грунта (ось x) должна располагаться на таком же расстоянии от верхней границы листа.

В том же масштабе на линии поверхности грунта обозначаются точки начала и конца полосовых нагрузок. Точка X_1 находится на расстоянии a от точки O ($x = a$), точка X_2 – на расстоянии b от точки X_1 ($x = a+b$), точка X_3 – на расстоянии d от точки X_2 ($x = a+b+d$), точка X_4 – на расстоянии b от точки X_3 ($x = a+2b+d$).

На линии поверхности грунта наносится точка выхода на поверхность линии сползания O_1 . Ее координата определяется графически и расчетом. Мощность последнего, третьего слоя принимается равной:

$$m_3 = H - m_1 - m_2 z, \quad (1)$$

где H – высота стены, м;

m_1 – мощность первого слоя, м;

m_2 – мощность второго слоя, м;

z – глубина заделки стены в грунт, м,

Определение координаты точки O_1 графически показано на рисунке 1. Вначале из точки Z строится линия сползания третьего слоя под углом θ_3 к горизонтали до пересечения с границей второго слоя. Координата x точки пересечения B_1 :

$$x_{B1} = \frac{m_3 \cdot \operatorname{ctg} \theta_3}{\rho} \quad (2)$$

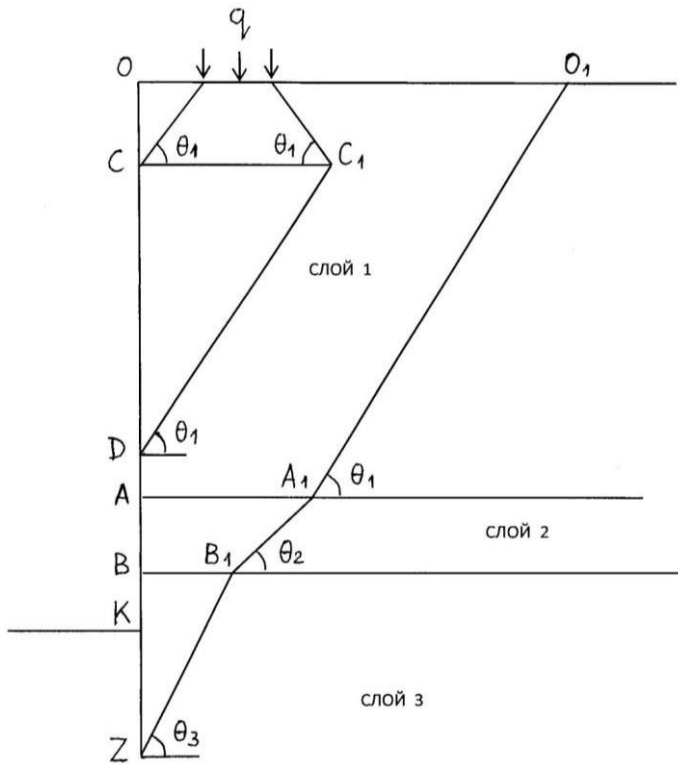


Рисунок 1 – К определению расчетных точек. Вариант 1

Из точки B_1 строится линия сползания второго слоя под углом θ_2 к горизонтали до пересечения с границей первого слоя. Координата x точки пересечения A_1 :

$$x_{A_1} - x_{B_1} = m_2 \cdot \operatorname{ctg} \theta_2. \quad (3)$$

Из точки A_1 строится линия сползания первого слоя под углом θ_1 . Точка пересечения этой линии с линией поверхности - точка O_1 . Координата точки O_1 может быть определена аналитически:

$$x_{O_1} = m_3 \cdot \operatorname{ctg} \theta_3 + m_2 \cdot \operatorname{ctg} \theta_2 + m_1 \cdot \operatorname{ctg} \theta_1. \quad (4)$$

Напомним, что угол θ зависит от угла внутреннего трения грунта соответствующего слоя:

$$\theta = \frac{90^\circ + \varphi}{2} \quad (5)$$

Для определения ординат точек C и D строятся линии сползания (обрушения) из граничных точек X_1 и X_2 полосовой нагрузки q_1 на поверхности грунта. При построении могут возникнуть разные варианты.

На рисунке 1 показан простейший вариант, когда линия сползания, проведенная из точки X_1 , пересекает линию стены в первом слое. Полученная точка пересечения и есть точка С. Координата ее может быть определена аналитически:

$$y_c = a \cdot \operatorname{tg} \vartheta_1. \quad (6)$$

На уровне точки С определяется эквивалентная нагрузка, которая полностью покрывает призму сползания и распределяется на участке между точками С и C_1 . Точка C_1 получается при пересечении линии сползания, проведенной из точки X_2 вправо, с горизонтальной линией, проведенной из точки С. Длина участка между точками С и C_1 , а, следовательно, и координата x_{cl} равна $2a - b$, а интенсивность эквивалентной нагрузки:

$$q_{\text{э}} = q \cdot \frac{b}{2a - b} \quad (7)$$

Из точки C_1 проводится линия сползания, ограничивающая распространение давления от эквивалентной нагрузки, влево под углом θ_1 к горизонтали. На рисунке 1 рассмотрен вариант 1, когда линия сползания, идущая из точки C_1 , пересекает линию стены в первом слое. Тогда координата точки D пересечения:

$$y_D = y_c (2a - b) \operatorname{tg} \vartheta. \quad (8)$$

Если определенная по формуле (8) величина больше мощности первого слоя, то это означает, что пересечение линии сползания произойдет сначала с границей между слоями. Такой случай (вариант 2) рассмотрен на рисунке 2.

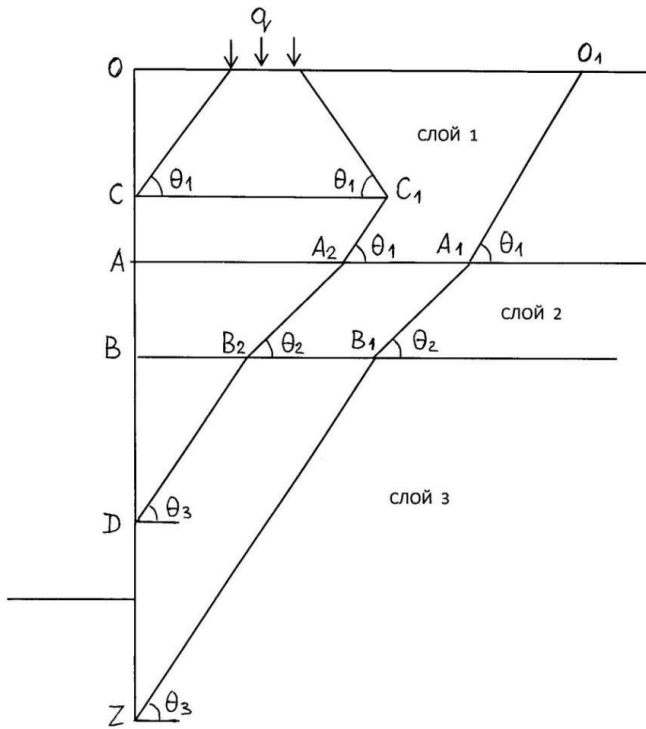


Рисунок 3 - К определению расчетных точек. Вариант 3 Координата точки пересечения B_2 :

$$x_{B_2} = x_{A_2} + m_2 \cdot \operatorname{ctg} \theta_2. \quad (11)$$

Из точки B_2 линия сползания идет под углом θ_3 до пересечения с линией стены в точке D, координата которой:

$$y_D = y_{B_2} + x_{B_2} \cdot \operatorname{tg} \theta_3. \quad (12)$$

Возможен вариант 4, когда линия сползания, проведенная из точки X_1 , не пересекает линию стены в первом слое, а пересекает границу между первым и вторым слоями (точка A_3 на рисунке 4).

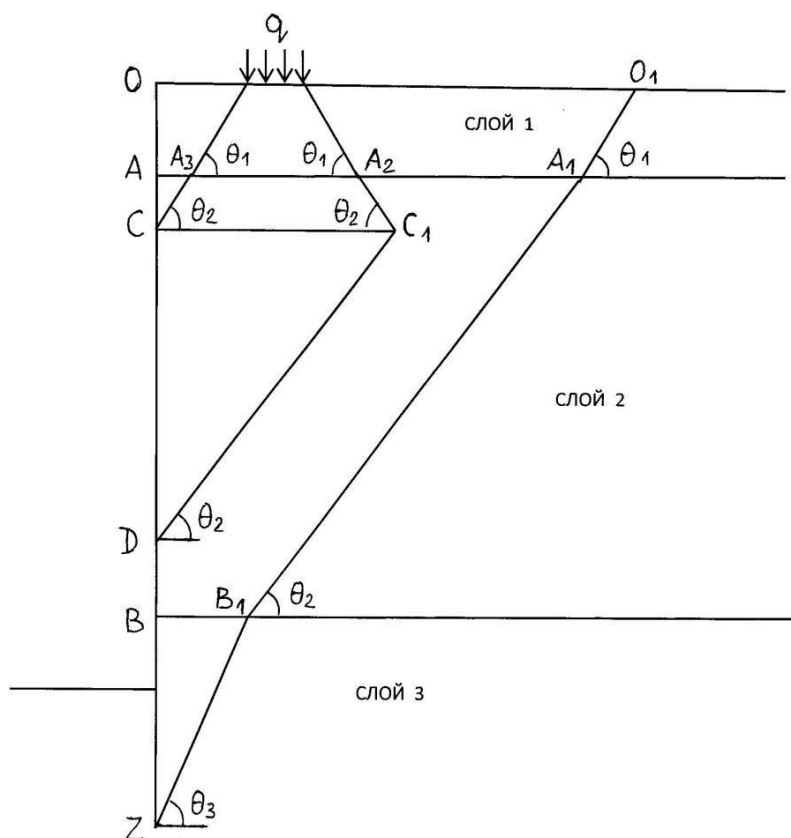


Рисунок 4 - К определению расчетных точек. Вариант 4

Координата точки A_3 :

$$x_{A_3} = -m_1 \operatorname{ctg} \varphi. \quad (13)$$

Во втором слое линия сползания из точки A_3 идет уже под углом θ_2 к горизонтали до пересечения с линией стены в точке C . Ордината этой точки:

$$y_C = y_A + x_{A_3} \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (14)$$

Для определения координаты точки D строится линия сползания вправо в первом слое до пересечения границы между первым и вторым слоями в точке A_2 . Из точки A_2 линия сползания продолжается во втором слое под углом θ_2 к горизонтали до пересечения с горизонтальной линией, исходящей из точки C в точке C_1 .

Получаем участок длиной $2a + b$ полностью покрытый эквивалентной нагрузкой. Далее линия сползания проводится из точки C_1 влево под углом θ_2 к горизонтали и пересекает линию стены в точке D , координата которой

$$y_D = y_C - (2a + b) \operatorname{tg} \varphi. \quad (15)$$

Для определения ординаты точки D нужно последовательно строить линии сползания вправо в первом слое до пересечения с границей второго слоя, во втором слое – до пересечения с границей третьего слоя, в третьем – до пересечения с горизонтальной линией, проведенной из точки C. Поскольку длина участка C-C₁ равна $2a + b$, то координата точки D:

$$y_D = y_C + (2a + b) \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (19)$$

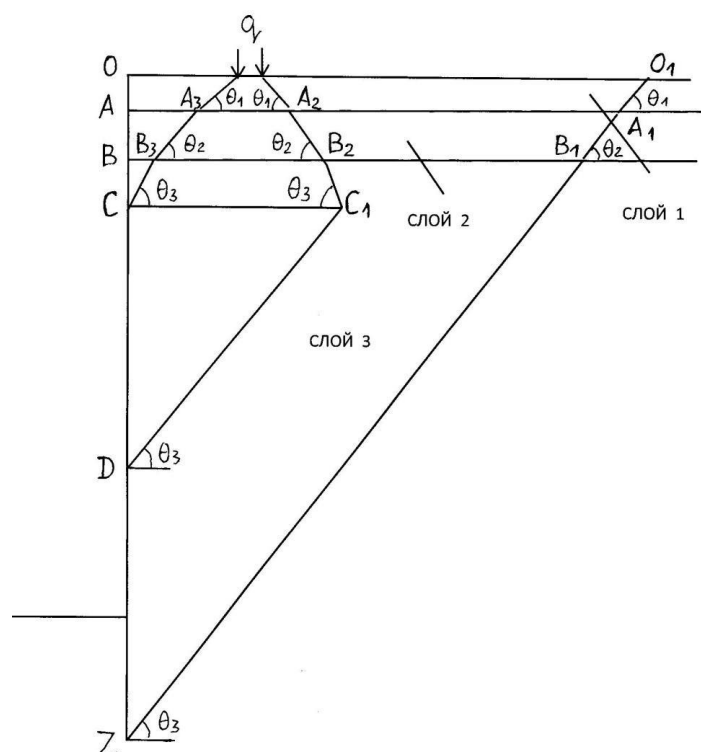


Рисунок 6 - К определению расчетных точек. Вариант 6

Если какая-либо из линий сползания, проведенных вправо, пересечет границу призм сползания: линии A₁-O₁, B₁-A₁ или Z-B₁, то это означает, что нижней границей влияния нагрузки на стену будет точка Z. Аналитически это условие выражается сравнением величины $2a + b$ с координатами границ призм сползания: при расположении точки C в первом слое:

$$2a + b \geq y_{O1} - y_C \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (20)$$

во втором слое:

$$2a + b \geq (y_C - m_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (21)$$

в третьем слое:

$$2a + b \cdot \gamma_{B1} (y_c - m_1 - m_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (22)$$

Совершенно аналогична последовательность действий при определении границ влияния полосы нагрузки интенсивностью q_2 . Единственное отличие заключается в том, что при использовании формул, в которые входит величина a , вместо нее нужно подставлять выражение: $a + b + d$, а вместо букв С и D в обозначениях на рисунках понимать обозначения E и F. Так, например, формула (20) будет выглядеть так:

$$2(a + b + d) + b \cdot \gamma_{O1} \cdot y_E \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Если полоса нагрузки на поверхности выходит за пределы призмы сползания:

$$a + 2b + d \cdot \gamma_{O1}, \quad (23)$$

то в определении положения точки D надобность отпадает – она совпадает с точкой Z.

2 Определение вертикального давления в расчетных точках

Следует напомнить, что активное (горизонтальное) давление грунта на подпорную стену (без учета влияния сил сцепления и нагрузки на поверхности грунта) определяется путем умножения вертикального давления на коэффициент горизонтального (бокового) давления λ . Величины вертикального давления определяются по формулам: для точек, находящихся в пределах первого слоя:

$$p^6 = \gamma_1 y, \quad (24)$$

второго слоя

$$p^6 = \gamma_1 \cdot m_1 + \gamma(y - m_1), \quad (25)$$

третьего слоя

$$p^6 = \gamma_1 \cdot m_1 + \gamma m_2 + \gamma(y - m_1 - m_2). \quad (26)$$

3 Определение активного давления в расчетных точках

Активное давление в сечениях, расположенных выше точки С, определяется по формуле:

$$p_a = p^e_i \cdot \lambda - 2 \cdot c_i \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (27)$$

где λ_i – коэффициент горизонтального (бокового) давления

$$\lambda_i = \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (28)$$

индекс i означает номер слоя, в котором находится расчетное сечение.

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точки С, но выше точек D и E, определяется по формуле:

$$p_a = (p^e_{q1}) \cdot \lambda_i - 2 \cdot c_i \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (29)$$

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точки D, но выше точки E, определяется по формуле (27).

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точек С и E, но выше точек D и F, определяется по формуле:

$$p_a = (p^e_{q1} + q_2) \cdot \lambda_i - 2 \cdot c_i \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (30)$$

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точек С, D и E, но выше точки F, определяется по формуле:

$$p_a = (p^e_{q2}) \cdot \lambda_i - 2 \cdot c_i \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi_i}{2} \quad (31)$$

Активное давление в сечениях, расположенных ниже точки F, определяется по формуле (27).

Если величина активного давления в результате расчета оказывается отрицательной, это свидетельствует об отсутствии активного давления. В этом случае его числовое значение принимается равным нулю.

4 Построение эпюры активного давления

Эпюра активного давления строится на миллиметровой бумаге в системе координат, в которой вертикальная ось такая же, как и при построении подпорной стены – линия стены, по горизонтальной оси откладываются значения интенсивности активного давления в расчетных точках. Рекомендуется вертикальную ось расположить посередине листа, а ось x на расстоянии от 1 до 2 см от верха листа. Масштаб по вертикальной оси – линейный – такой же, как и при построении подпорной стены. Масштаб по горизонтальной оси – силовой – принимается таким, чтобы все значения активного давления поместились в пределах листа. Рекомендуются масштабы: 0,5 кПа в 1 мм или 1 кПа в 1 мм. В любом случае масштаб должен быть удобен для откладывания значений и пересчета в натуру. Значения активного давления откладываются вправо от оси y . В каждой расчетной точке откладываются два значения, относящиеся к верхнему или нижнему сечениям. Числовые значения надписываются соответственно выше и ниже линии расчетной точки. Значения активного давления в промежутках между расчетными точками изменяются линейно, поэтому точки на эпюре соединяются прямыми линиями. Отрицательные значения давления также откладываются на эпюре (в левую сторону), но они используются лишь для построения. Координаты точек пересечения эпюры с осью y должны быть определены графически или аналитически. В частности, точка пересечения в первом слое расположена на глубине:

$$y_0 = \frac{2 \cdot c_1}{90^\circ \cdot \tan \gamma} \cdot \frac{1}{1 - \varphi}. \quad (32)$$

Эту же величину можно получить из рассмотрения подобия треугольников на эпюре.

5 Построение эпюры пассивного давления

Пассивное давление возникает на участке заглубления стены в грунт. Для построения эпюры, также имеющей линейный характер, нужно вычислить пассивное давление на уровне дна котлована:

$$p_{nH} = c_3 \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi_3}{2} \quad (33)$$

и в точке Z:

$$p_{nZ} = \gamma \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{90^\circ + \varphi_3}{2} + 2 \cdot c_3 \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi_3}{2} \quad (34)$$

Полученные величины откладываются на эпюре в левую сторону, либо строится отдельная эпюра. Следует заметить, что величины пассивного давления намного больше величин активного давления, и поэтому силовой масштаб этой эпюры может быть более мелким.

6 Уточнение требуемой глубины заделки

Для определения требуемой глубины заделки вначале производится вычисление опрокидывающего и удерживающего моментов сил, действующих на подпорную стену при принятой глубине заделки $z = 1$ м. Точку Z принимаем в качестве неподвижной точки, относительно которой вычисляются моменты. Фактически неподвижная точка принимается на глубине, равной 0,8 от глубины заделки. Поэтому, если принятая величина $z = 1$ м окажется достаточной, то фактическую глубину заделки следует принять равной 1,25 м. Поскольку глубина заделки – предмет решения задачи расчета, то сначала находится глубина неподвижной точки, а потом – необходимая глубина заделки.

Найти момент сил относительно точки Z проще всего, определив сначала равнодействующую давления, действующего на отдельные участки, распределение которого носит простейший характер, а затем найти сумму моментов полученных сил. Величина равнодействующей участка эпюры равна площади этой эпюры. Линия действия равнодействующей проходит через центр тяжести эпюры. Поэтому эпюры разбиваются на совокупность прямоугольных и треугольных эпюр, так как площади и положение центров тяжести этих фигур известны. Фрагмент разбиения эпюры на простые фигуры показан на рисунке 7. Участки пронумеровываются. Вычисляются равнодействующие силы – R – участков. При вычислении площади размер по вертикали берется в метрах, а по горизонтали – в кПа. Напомним, что расчет подпорной стены ведется в плоской постановке, то есть рассматривается единица длины стены – в нашем случае – 1 м, на которую нужно умножить интенсивность давления. Поэтому в итоге размерность равнодействующей – кН.

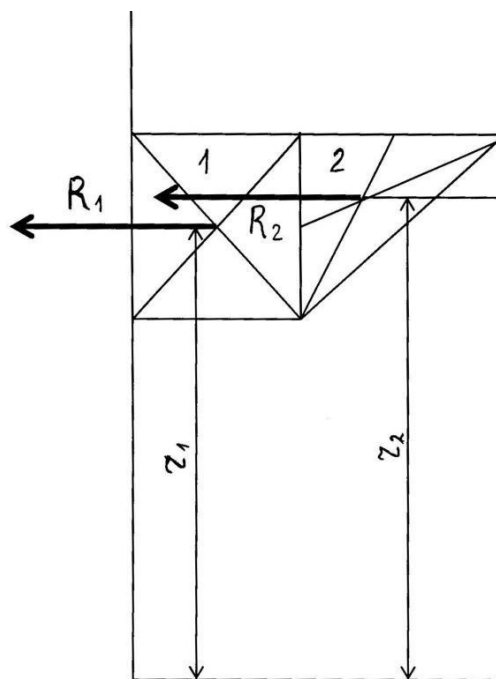


Рисунок 7 – Пример разбиения эпюры на участки

Далее определяются плечи равнодействующих r – расстояния по вертикали от линии действия (линии центра тяжести фигуры) до точки Z (рисунок 7). Вычисляются моменты равнодействующих и складываются. Сумма моментов

активных сил дает опрокидывающий момент. Аналогичные операции производятся с эпюрой пассивного давления. Сумма моментов пассивных сил дает удерживающий момент.

Для обеспечения равновесия – устойчивости подпорной стены – необходимо, чтобы удерживающий момент был больше опрокидывающего. Если условие не соблюдается, то глубину заделки стены в грунт надо увеличить. При этом увеличивается как эпюра активного давления, так и эпюра пассивного давления. Добавляются новые равнодействующие, увеличиваются и плечи равнодействующих. Процесс уточнения глубины заделки обычно быстро сходится.

Процедуру определения требуемой глубины заделки удобно производить в табличной форме так, как показано в примере расчета.

7 Определение расчетного изгибающего момента в подпорной стене

Подбор геометрических параметров стены или ограждения, обеспечивающих прочность производится на основе вычисления расчетных значений внутренних сил в стене. Важнейшей из них является изгибающий момент. Расчетная схема стены – консольный стержень, жестко защемленный нижним концом. Поскольку глубина заделки определена из условия равенства опрокидывающего и удерживающего моментов, изгибающий момент в опоре равен нулю (или почти равен). Следовательно, наибольший изгибающий момент находится несколько выше в пределах глубины заделки. Координату точки с наибольшим изгибающим моментом можно найти, построив эпюру поперечных сил. Эта точка находится в месте, где поперечная сила меняет знак. Для построения эпюры поперечных сил участок заделки разбивается на равные части. Определяются поперечные силы в полученных сечениях. Поперечная сила в точке Z равна сумме равнодействующих всех сил, расположенных выше дна котлована. Эта поперечная сила принимается со знаком минус. В последующих сечениях добавляются равнодействующие новых

участков эпюры активного давления со знаком минус и пассивного давления со знаком плюс. Строится эпюра поперечных сил. Определяется графически с учетом масштаба координата точки пересечения оси эпюры. Затем определяется изгибающий момент в этой точке. При определении изгибающего момента используются ранее вычисленные равнодействующие сил активного и пассивного давления.

8 Пример выполнения расчетно-графической работы

1 Исходные данные:

Таблица 1

Параметры	Слой 1	Слой 2	Слой 3
Мощность, м	3	4	4
Удельный вес, кН/м ³	18	20	22
Угол внутреннего трения, °	20	26	30
Удельное сцепление, кПа	5	10	60

$a=1$ м; $b=1$ м; $d=1$ м; $q_1=70$ кПа; $q_2=50$ кПа. Заглубление

стены в грунт принимается равным 1 м. 2 Определяем

параметры призмы сползания:

$$\frac{90^\circ}{1} - \varphi = \frac{+ \varphi_1}{2} = \frac{90 + 20}{2} = 55^\circ; \quad \text{tg } \bar{\varphi} = 1,43; \quad \text{ctg } \bar{\varphi} = 0,70;$$

$$\frac{90^\circ}{2} - \varphi = \frac{+ \varphi_2}{2} = \frac{90 + 26}{2} = 58^\circ; \quad \text{tg } \bar{\varphi} = 1,60; \quad \text{ctg } \bar{\varphi} = 0,62;$$

$$\frac{90^\circ}{3} - \varphi = \frac{+ \varphi_3}{2} = \frac{90 + 30}{2} = 60^\circ; \quad \text{tg } \bar{\varphi} = 1,73; \quad \text{ctg } \bar{\varphi} = 0,58.$$

3 Определяем коэффициенты горизонтального давления грунта по слоям:

$$\frac{90^0}{\operatorname{tg}^2} \lambda = \frac{-\varphi_1}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{90 - 20}{2} = 0.49;$$

$$\frac{90^0}{\operatorname{tg}^2} \lambda = \frac{-\varphi_2}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{90 - 26}{2} = 0.39;$$

$$\frac{90^0}{\operatorname{tg}^2} \lambda = \frac{-\varphi_3}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{90 - 30}{2} = 0.33.$$

4 Определяем величину эквивалентных нагрузок на 1 м длины стены:

$$q_{\text{э}1} = \frac{q_1}{2a} \frac{b \cdot 1}{+b} \cdot \frac{70}{2} \cdot \frac{1}{1} = 23,3 \text{ кН/м};$$

$$q_{\text{э}2} = \frac{q_2}{+d) + b} \frac{b}{+} \frac{1}{2} \frac{2(a + b)}{(1 + 1) + 1} = \frac{50}{2} \cdot \frac{1}{(1 + 1) + 1} = 7,1 \text{ кН/м}.$$

5 Определяем координаты точек пересечения линий сползания с границами слоев и линией поверхности грунта:

$$x_{B1} = m_3 \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 0,58 \cdot 2,32 \text{ м};$$

$$x_{A1} = x_{B1} + m_2 \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 2,32 + 0,62 = 2,94 \text{ м};$$

$$x_{O1} = x_{A1} + m_1 \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 2,94 + 3,96 = 6,90 \text{ м}.$$

6 Строим на миллиметровой бумаге схему стены, границы слоев грунта и границы призмы сползания в слоях в масштабе 1:100 (рисунок 8). Отмечаем точки А, В, К, Z на линии стены, точки начала и конца полосовых нагрузок.

Определяем границы влияния нагрузки на поверхности грунта q_1 . Проводим из точки X_1 линию сползания влево под углом φ и получаем точку пересечения с линией стены С. Уточняем ординату точки пересечения аналитически:

$$y_c = a \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = 1,43 \cdot 1,43 \text{ м}.$$

Ордината меньше мощности первого слоя, следовательно, действительная точка пересечения в первом слое. Проводим горизонтальную линию из точки С и

линию сползания из точки X_2 вправо под углом θ_1 . Получаем точку пересечения C_1 . Из точки C_1 проводим линию сползания влево под углом θ_1 к горизонтали. Линия пересекает границу первого слоя. Координата точки пересечения A_2 :

$$x_{A_2} = 2a + b(m_1 - y_c) \operatorname{ctg} \theta_1 = 2 \cdot 1 + 1(3 - 1,43) 0,70 = 1,90 \text{ м.}$$

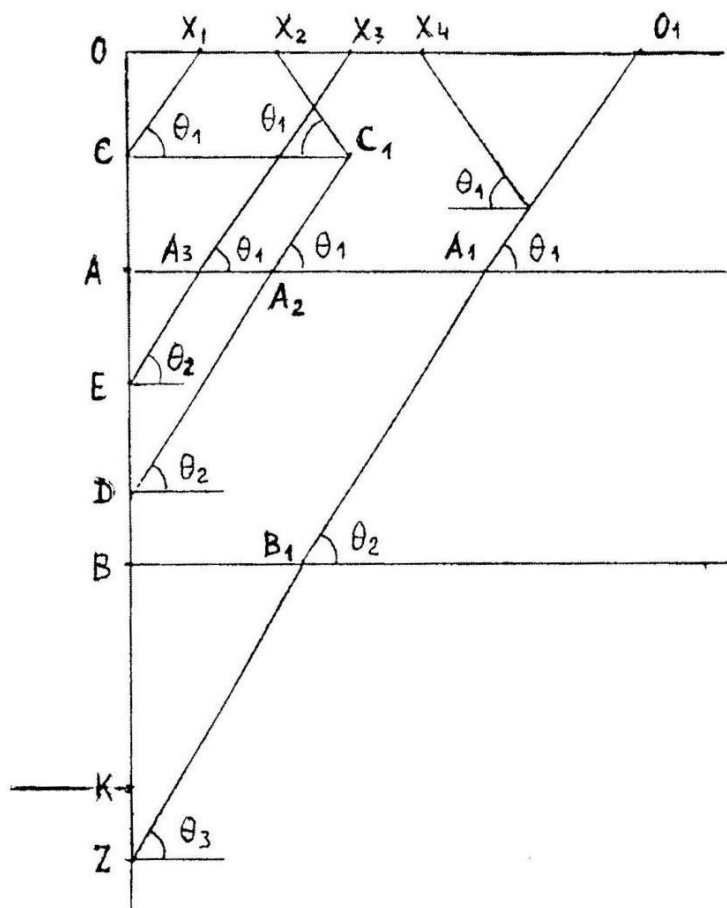


Рисунок 8 – К определению координат расчетных точек

Из точки A_2 проводим линию сползания влево под углом θ_2 к горизонтали. Линия пересекает линию стены – получаем точку D. Ордината этой точки:

$$y_D = m_1 x_{A_2} \cdot \operatorname{tg} \theta_2 = 1,90 1,60 \cdot 0,04 \text{ м.}$$

Верхняя и нижняя граничные точки действия нагрузки q_1 определены.

7 Определяем границы влияния нагрузки на поверхности грунта q_2 . Проводим из точки X_3 линию сползания влево под углом ϑ и получаем точку пересечения с границей первого слоя. Проверим это аналитически по формуле (13): координата точки пересечения (вместо a подставляем $a+b+d$):

$$x_{A3} = a + b + d + m_1 \cdot \operatorname{ctg} \vartheta = 1 + 1 + 0.70 = 2.70 \text{ м.}$$

(если бы координата получилась бы отрицательной, то это означало бы, что пересечение с линией стены произошло бы в первом слое). Проводим из полученной точки пересечения линию сползания под углом ϑ_2 . Получаем точку пересечения с линией стены Е. Ордината этой точки:

$$y_E = m_1 x_{A3} \cdot \operatorname{tg} \vartheta_2 = 0.90 \cdot 1.60 = 1.44 \text{ м.}$$

Проводим линию сползания из точки X_4 вправо под углом ϑ_1 . Получаем точку пересечения с границей первого слоя с координатой:

$$x_{A4} = a + b + d + b + m_1 \operatorname{ctg} \vartheta = 1 + 1 + 1 + 0.70 = 3.70 \text{ м.}$$

Это больше, чем координата точки A_1 , следовательно, линия сползания, проведенная из точки X_4 вправо, пересекает границу призмы сползания $A_1 - O_1$, а точка F совпадает с точкой Z.

Координаты всех расчетных точек получены. Отмечаем их на схеме.

8 Составляем таблицу расчета интенсивности активного давления на стену в расчетных точках (таблица 2). Напоминаем, что расчет ведется на 1 м длины стены, поэтому величина давления дается в кН/м.

В первой графе (столбце) таблицы указываются расчетные сечения. Во всех расчетных точках таких сечений два – верхнее и нижнее. Отметим, что координаты верхних и нижних сечений одной и той же точки одинаковые, так как они находятся на равной глубине, хотя и в разных слоях. В третьей графе помещаются значения вертикального давления в сечениях, определяемые по формулам (24) – (26). В четвертой графе указываются значения эквивалентных нагрузок в расчетных сечениях. В следующей, пятой графе указываются значения вертикального давления с учетом нагрузок на поверхности (сумма третьей и четвертой граф). В шестой графе размещаются величины коэффициентов горизонтального давления. В седьмой

графе – составляющая активного давления от давления грунта и нагрузки на поверхности – результат перемножения пятой и шестой граф. В восьмой графе составляющая сил сцепления, уменьшающая давление на стенку и поэтому принимаемая со знаком минус. В девятой графе итоговая величина активного давления грунта на стену.

Таблица 2 – Результаты расчета активного давления

Расчет- ные точки	y	p^6	q_3	(3)+(4)	λ	(5)х(6)	$2c \frac{90^\circ}{\operatorname{tg} \frac{-\varphi}{2}}$	p_a
1	2	3	4	5	6	7	8	9
О	0	0	0	0	0,49	0	-7	-7
С-в	1,43	26	0	26	0,49	13	-7	6
С-н	1,43	26	23	49	0,49	24	-7	7
А-в	3	54	23	77	0,49	38	-12	31
А-н	3	54	23	77	0,39	30	-12	18
Е-в	4,44	83	23	106	0,39	41	-12	29
Е-н	4,44	83	30	113	0,39	44	-12	32
Д-в	6	114	30	144	0,39	56	-12	44
Д-н	6	114	7	121	0,39	47	-12	35
В-в	7	134	7	141	0,39	55	-12	43
В-н	7	134	7	141	0,33	47	-70	-23
К	10	200	7	207	0,33	68	-70	-2
F(Z)	11	222	7	229	0,33	76	-70	6

9 Составляем таблицу расчета пассивного давления (таблица 3). Пассивное давление действует на заглубленном участке (от точки К до точки Z).

Таблица 3 – Результаты расчета пассивного давления

Расчет- ные точки	y	p^a	λ_n	(5)x(6)	$2c \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi}{2}$	p_a
1	2	3	4	5	6	7
K	0	0	3	0	208	208
F(Z)	1	22	3	66	208	274

10 Строим эпюры активного и пассивного давления (рисунок 9).

Абсциссы эпюры активного давления откладываются вправо, пассивного давления – влево. Масштаб, в котором откладываются значения интенсивности активного давления (силовой), - в 1 см 10 кН/м, интенсивности пассивного давления – в 1 см 100 кН/м. На участке О – С и на участке В – Z определяем координаты точек пересечения оси эпюры – точек O_0 и B_0 с нулевыми значениями активного давления:

$$y_{O0} = 1,43 - \frac{0,77}{13} \text{ м},$$

$$y_{B0} = 7 + 4 \frac{23}{29} = 10,2 \text{ м}.$$

11 Разбиваем эпюры на фрагменты простой конфигурации – прямоугольники и треугольники. Нумеруем фрагменты. Вычисляем площади фрагментов – величины равнодействующих R и расстояния r от линий их действия до горизонтальной линии, проходящей через точку Z.

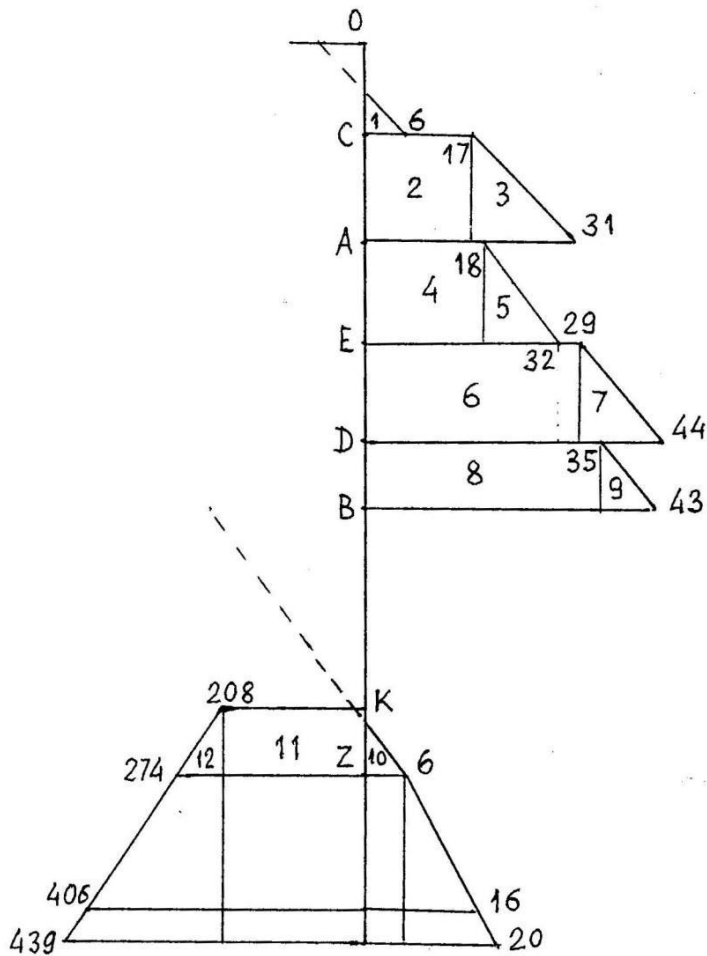


Рисунок 9 – Эпюры давления грунта на стену

Равнодействующие участков эпюры активного давления:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 0,5 \cdot 6(1,43 - 0,77) = 2 \text{ кН}, \quad r_1 = (11 + 1,43) \cdot 0,33 = (1,43 - 0,77) = 9,79 \text{ м}; \\
 R_2 &= 17 \cdot (3 - 1,47) = 27 \text{ кН}, \quad r_2 = (11 - 3) \cdot 0,5 = (3 - 1,43) = 8,78 \text{ м}; \\
 R_3 &= 0,5(31 - 17) \cdot (3 - 1,43) = 11 \text{ кН}, \quad r_3 = (11 - 3) + 0,33(3 - 1,43) = 8,52 \text{ м}; \\
 R_4 &= 18(4,44 - 3) = 26 \text{ кН}, \quad r_4 = (11 + 4,44) \cdot 0,5 = (4,44 - 3) = 7,28 \text{ м}; \\
 R_5 &= 0,5(29 - 18)(4,44 - 3) = 8 \text{ кН}, \quad r_5 = (11 + 4,44) \cdot 0,33 = (4,44 - 3) = 7,04 \text{ м}; \\
 R_6 &= 32 \cdot (6 - 4,44) = 50 \text{ кН}, \quad r_6 = (11 - 6) \cdot 0,5 = (6 - 4,44) = 5,78 \text{ м}; \\
 R_7 &= 0,5(44 - 32)(6 - 4,44) = 9 \text{ кН}, \quad r_7 = (11 - 6) \cdot 0,33 = (6 - 4,44) = 5,52 \text{ м}; \\
 R_8 &= 35 \cdot (7 - 6) = 35 \text{ кН}, \quad r_8 = (11 - 7) \cdot 0,5 = (7 - 6) = 4,50 \text{ м};
 \end{aligned}$$

$$R_9 = 0,5(43 - 35)(7 - 6) = 4 \text{ кН}, \quad r_9 = (11 - 7) \cdot 0,33 = (7 - 6) \cdot 4,33 \text{ м};$$

$$R_{10} = 0,5 \cdot (11 - 10,2) \cdot 6 = 2 \text{ кН}, \quad r_{10} = 0,33 \cdot (11 - 10,2) = 0,27 \text{ м};$$

Равнодействующие участков эпюры пассивного давления:

$$R_{11} = 208 \cdot 1 \cdot 208 = 43 \text{ кН}, \quad r_{11} = 0,5 \cdot (11 - 10) = 0,5 \text{ м};$$

$$R_{12} = 0,5 \cdot (274 - 208) \cdot (11 - 10) = 33 \text{ кН}, \quad r_{12} = 0,33 \cdot (11 - 10) = 0,33 \text{ м}.$$

12 Опрокидывающие моменты (с точностью до 1 кНм):

$$M_1 = R_1 \cdot r_1 = 9,79 \cdot 20 = 196 \text{ кНм},$$

$$M_2 = R_2 \cdot r_2 = 27 \cdot 8,78 = 237 \text{ кНм},$$

$$M_3 = R_3 \cdot r_3 = 11 \cdot 8,52 = 94 \text{ кНм},$$

$$M_4 = R_4 \cdot r_4 = 26 \cdot 7,28 = 189 \text{ кНм},$$

$$M_5 = R_5 \cdot r_5 = 8 \cdot 7,04 = 56 \text{ кНм},$$

$$M_6 = R_6 \cdot r_6 = 50 \cdot 5,78 = 289 \text{ кНм},$$

$$M_7 = R_7 \cdot r_7 = 9 \cdot 5,52 = 50 \text{ кНм},$$

$$M_8 = R_8 \cdot r_8 = 35 \cdot 4,50 = 158 \text{ кНм},$$

$$M_9 = R_9 \cdot r_9 = 4 \cdot 4,33 = 17 \text{ кНм},$$

$$M_{10} = R_{10} \cdot r_{10} = 2 \cdot 0,27 = 0,54 \text{ кНм},$$

$$M_a = \sum = 1110 \text{ кНм},$$

13 Удерживающие моменты:

$$M_{11} = R_{11} \cdot r_{11} = 208 \cdot 0,5 = 104 \text{ кНм},$$

$$M_{12} = R_{12} \cdot r_{12} = 33 \cdot 0,33 = 11 \text{ кНм},$$

$$M_u = \sum = 115 \text{ кНм}.$$

14 Опрокидывающий момент намного больше удерживающего (почти в десять раз), поэтому нужно увеличить глубину заделки. Переносим точку Z на 2 м глубже. Тогда плечи равнодействующих увеличатся на 2 м. Изменяется величина активного давления в точке Z:

$$p_a = (200 - 220) \cdot (13 - 10,2) \cdot 0,33 \cdot 70 = 16 \text{ кН/м}$$

и пассивного давления в этой же точке:

$$p_n = 22 \cdot 3 \cdot 3208 = 406 \text{ кН/м.}$$

Величины равнодействующих активного давления не изменяются, кроме R_{10} .

Новое значение этой равнодействующей:

$$R_{10} = (13 - 10,2) \cdot 18 = 25 \text{ кН.}$$

Опрокидывающие моменты:

$$M_1 = R_1 \cdot r_1 = 2 \cdot 11,79 = 24 \text{ кНм,}$$

$$M_2 = R_2 \cdot r_2 = 27 \cdot 10,78 = 291 \text{ кНм,}$$

$$M_3 = R_3 \cdot r_3 = 11 \cdot 10,52 = 116 \text{ кНм,}$$

$$M_4 = R_4 \cdot r_4 = 26 \cdot 9,28 = 241 \text{ кНм,}$$

$$M_5 = R_5 \cdot r_5 = 8 \cdot 9,04 = 72 \text{ кНм,}$$

$$M_6 = R_6 \cdot r_6 = 50 \cdot 7,78 = 389 \text{ кНм,}$$

$$M_7 = R_7 \cdot r_7 = 9 \cdot 7,52 = 68 \text{ кНм,}$$

$$M_8 = R_8 \cdot r_8 = 35 \cdot 6,50 = 228 \text{ кНм,}$$

$$M_9 = R_9 \cdot r_9 = 4 \cdot 6,33 = 25 \text{ кНм,}$$

$$M_{10} = R_{10} \cdot r_{10} = 160,93 = 15 \text{ кНм,}$$

$$M_a = \sum = 1469 \text{ кНм,}$$

Новые значения равнодействующих пассивного давления и их плеч относительно точки Z:

$$R_{11} = 208 \cdot 3 = 624 \text{ кН, } r_{11} = 0,5 \cdot (13 - 10) = 1,5 \text{ м;}$$

$$R_{12} = 0,5 \cdot (406 - 208) = 297 \text{ кН, } r_{12} = 0,33 \cdot (13 - 10) = 1,00 \text{ м.}$$

Удерживающие моменты:

$$M_{11} = R_{11} \cdot r_{11} = 624 \cdot 1,5 = 936 \text{ кНм,}$$

$$M_{12} = R_{12} \cdot r_{12} = 297 \cdot 1,00 = 297 \text{ кНм,}$$

$$M_n = \sum = 1233 \text{ кНм.}$$

15 Опрокидывающий момент снова больше удерживающего, но уже не намного – примерно на 20 %. Увеличим глубину заделки на 0,5 м. Плечи равнодействующих увеличатся на 0,5 м. Изменятся величина активного давления в точке Z:

$$p_a = (200(222 - 200) - (13,5 - 10,2) \cdot 0,33 - 70) / 20 \text{ кН/м}$$

и пассивного давления в этой же точке:

$$p_n = 223,5 - 3 \cdot 208 - 439 \text{ кН/м.}$$

Величины равнодействующих активного давления не изменяются, кроме R_{10} .

Новое значение этой равнодействующей:

$$R_{10} = 0,5 \cdot (13,5 - 10,2) \cdot 20 - 33 \text{ кН.}$$

Опрокидывающие моменты:

$$M_1 = R_1 \cdot r_1 = 2 \cdot 12,29 = 25 \text{ кНм,}$$

$$M_2 = R_2 \cdot r_2 = 27 \cdot 11,28 = 305 \text{ кНм,}$$

$$M_3 = R_3 \cdot r_3 = 11 \cdot 11,02 = 121 \text{ кНм,}$$

$$M_4 = R_4 \cdot r_4 = 26 \cdot 9,78 = 254 \text{ кНм,}$$

$$M_5 = R_5 \cdot r_5 = 8 \cdot 9,54 = 76 \text{ кНм,}$$

$$M_6 = R_6 \cdot r_6 = 50 \cdot 8,28 = 414 \text{ кНм,}$$

$$M_7 = R_7 \cdot r_7 = 9 \cdot 8,02 = 72 \text{ кНм,}$$

$$M_8 = R_8 \cdot r_8 = 35 \cdot 7,00 = 245 \text{ кНм,}$$

$$M_9 = R_9 \cdot r_9 = 4 \cdot 6,83 = 27 \text{ кНм,}$$

$$M_{10} = R_{10} \cdot r_{10} = 16 \cdot 1,10 = 17 \text{ кНм,}$$

$$M_a = \sum = 1539 \text{ кНм,}$$

Новые значения равнодействующих пассивного давления и их плеч относительно точки Z:

$$R_{11} = 208 - 3,5 \cdot 728 \text{ кН, } r_{11} = 0,5 \cdot (13,5 - 10) = 1,75 \text{ м;}$$

$$R_{12} = 0,5 \cdot (439 - 208) \cdot (13,5 - 10) = 404 \text{ кН, } r_{12} = 0,33 \cdot (13,5 - 10) = 1,17 \text{ м.}$$

Удерживающие моменты:

$$M_{11} R_{11} r_{11} 728 \quad 1,75 \quad 1274 \quad \text{кНм},$$

$$M_{12} R_{12} r_{12} 404 \quad 1,17 \quad 473 \quad \text{кНм},$$

$$\sum_n = 1747 \quad \text{кНм}.$$

Удерживающий момент больше опрокидывающего. Устойчивость стены обеспечена. Запас – 13 %. Установленная глубина заделки – 3,5 м – это на самом деле глубина неподвижной точки, а фактическая глубина равна $3,5:0,8=4,4$ м.

16 Определяем сечение стены, в котором изгибающий момент максимальный.

Для этого вычислим поперечные силы на участке влияния пассивного давления. В точке К поперечная сила равна сумме равнодействующих активного давления, расположенных выше дна котлована:

$$Q_K = -(2+27+11+26+8+50+9+35+4+16) = -188 \quad \text{кН}.$$

В точке Z при глубине заделки $z = 1$ м величина составляющей поперечной силы от активного давления возрастает на величину равнодействующей $R_{10} = 2$ кН. В то же время составляющая от пассивного давления равна сумме равнодействующих $R_{11} = 208$ кН и $R_{12} = 33$ кН, т.е $Q_Z = -188 - 2 + 208 + 33 = +41$ кН. Следовательно, точка с нулевым значением поперечной силы находится выше, чем на 1 м ниже дна котлована. Найдем величину поперечной силы на глубине 0,5 м. Величина составляющей от активного давления уменьшится незначительно – в пределах 1 кН.

Составляющая от пассивного давления равна:

$$Q_{0,5} 208 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 0,5 \quad 33 \quad 0,5 \quad 108,$$

полная величина - минус 80 кН. Построив график изменения поперечной силы, находим ординату точки пересечения – она равна 10,6 м.

17 Найдем изгибающий момент в этой точке – его величина – наибольшая.

Моменты от равнодействующих сил активного давления:

$$\begin{aligned}
M_1 &= R_1 \cdot r_1 = 9,39 \cdot 19 \text{ кНм}, \\
M_2 &= R_2 \cdot r_2 = 8,38 \cdot 226 \text{ кНм}, \\
M_3 &= R_3 \cdot r_3 = 8,12 \cdot 89 \text{ кНм}, \\
M_4 &= R_4 \cdot r_4 = 6,88 \cdot 179 \text{ кНм}, \\
M_5 &= R_5 \cdot r_5 = 6,64 \cdot 53 \text{ кНм}, \\
M_6 &= R_6 \cdot r_6 = 5,38 \cdot 269 \text{ кНм}, \\
M_7 &= R_7 \cdot r_7 = 5,12 \cdot 46 \text{ кНм}, \\
M_8 &= R_8 \cdot r_8 = 4,10 \cdot 143 \text{ кНм}, \\
M_9 &= R_9 \cdot r_9 = 3,93 \cdot 16 \text{ кНм}.
\end{aligned}$$

Моменты от равнодействующих сил пассивного давления:

$$\begin{aligned}
M_{11} &= R_{11} \cdot r_{11} = 208 \cdot 0,6 \cdot 0,3 = 37 \text{ кНм}, \\
M_{12} &= R_{12} \cdot r_{12} = 0,5 \cdot 33 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 0,33 \cdot 0,6 = 0,5 \text{ кНм},
\end{aligned}$$

Суммируя значения моментов получаем расчетное значение изгибающего момента $M = 1002 \text{ кНм}$.

9 Варианты заданий

Таблица 4 – Мощности слоев

Слои	Первая цифра номера задания				
	1	2	3	4	5
Слой 1	3 м	1 м	2 м	2 м	3 м
Слой 2	6 м	6 м	5 м	6 м	5 м
Слой 3	>1 м	>3 м	>3 м	>2 м	>2 м

Таблица 5 – Характеристики грунтов

Характеристики	Вторая цифра номера задания				
	1	2	3	4	5
$\gamma_1, \text{кН/м}^3$	18	19	20	21	22
$\gamma_2, \text{кН/м}^3$	22	21	19	18	20
$\gamma_3, \text{кН/м}^3$	19	20	21	22	18
φ_1^0	20	22	24	26	28
φ_2^0	32	30	28	24	26
φ_3^0	28	26	32	28	34
$c_1, \text{кПа}$	12	10	8	6	4
$c_2, \text{кПа}$	16	14	14	16	18
$c_3, \text{кПа}$	60	64	68	72	76

Таблица 6 – Нагрузки на поверхности грунта

Параметры	Третья цифра номера задания				
	1	2	3	4	5
$a, \text{м}$	1	1,5	2	2,5	2
$b, \text{м}$	1	1	1	1	1
$d, \text{м}$	2	2	2	2	1,5
$q_1, \text{кПа}$	50	55	60	65	70
$q_2, \text{кПа}$	60	70	65	55	50

Список использованных источников

- 1 Колоколов, С.Б. Подземные сооружения городов: учебное пособие
- 2 Справочник проектировщика инженерных сооружений /
В.Ш.Козлов

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений»**

Направление подготовки
Направленность (профиль)

08.04.01 Строительство
Теория и проектирование зданий и
сооружений

Ставрополь

Методические рекомендации разработаны для студентов магистрантов по организации самостоятельных работ по дисциплине «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений» с направлением подготовки 08.04.01 Строительство. Профиль подготовки «Теория и проектирование зданий и сооружений» для всех форм обучения.

Оглавление

<u>Введение</u>	37
<u>1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений»</u>	38
<u>2. План-график выполнения самостоятельной работы</u>	41
<u>3. Контрольные точки и виды отчетности по ним</u>	41
<u>4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала</u>	41
<u>5. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины</u>	42
<u>6. Методические указания по подготовке к зачету</u>	42
<u>7. Методические указания по выполнению РГР</u>	43
<u>Список рекомендуемой литературы</u>	50
<u>Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студента по дисциплине</u>	51

Введение

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы предназначены для студентов магистрантов направления подготовки 08.04.01 Строительство. Профиль подготовки «Теория и проектирование зданий и сооружений».

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирования общих и профессиональных компетенций;
- развитию исследовательских умений.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Перед выполнением студентами внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной

работы студентов используются самостоятельное изучение и подготовка его к лекционным и практическим занятиям, выполнение РГР, подготовка и сдача зачета.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач; сформированность общеучебных умений;
- уровень умения активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями
- уровень умения четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- уровень умения определить, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- уровень умения сформулировать собственную позицию, оценку и аргументировать ее.

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений»

Целью освоения дисциплины «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений» является: освоение студентом знаний в области проектирования подземных сооружений с привлечением современных методов расчета и вычислительной техники и обеспечением необходимой прочности и устойчивости. Формируется набор из трех компетенций будущего магистра по направлению подготовки 08.04.01

«Строительство».

Задачи дисциплины: получение представления о целесообразности использования индивидуальных и серийных монолитных, сборных и комбинированных конструктивных элементов, конструкций и материалов местных строительных баз, промышленных методов строительства подземных сооружений; закрепление знаний о приемах и средствах обеспечения прочности, жесткости и устойчивости конструкций подземных сооружений; приобретение практических навыков обоснованного выбора конструктивной и строительной системы подземных сооружений и обеспечения их необходимой прочности и устойчивости..

Формируемые в результате подготовки компетенции это:

Знать:

- современные проблемы науки и техники, формы и методы научного познания;
- выбор эффективных расчетных схем (моделей) конструкции или сооружений, отражающие их фактическую работу от действия различных факторов (видов нагрузок, опорных и угловых соединений, конструкционные материалы и т.д.);
- состав рабочей документации, необходимой для технико-экономического обоснования проектного решения;
- существующие методики расчетов элементов подземных сооружений в целом на прочность, жесткость и устойчивость; методы оптимизации их основных параметров и т.д.

Уметь:

- определять по расчетной схеме или условию задачи характер действующих на конструкции нагрузок (деформаций); строить эпюры внутренних усилий и соответствующих напряжений;
- по расчетным формулам определять прочность, жесткость и устойчивость с учетом конструкционных материалов;
- оценить и оптимизировать параметры конструкций для данного вида

внешних нагрузок, опираясь на требуемые условия прочности и жесткости для данной системы.

Владеть навыками:

- определения специфических свойств грунтов, их строительной классификации.

Владеть:

- навыками пользования основными литературными источниками, справочниками, компьютерной техникой, современной вычислительной техникой;

- навыками использования нормативной литературы для проектирования конструкций подземных сооружений;

- способностью к разработке методов оценки прочности и устойчивости подземных сооружений;

- навыками выполнения технической документации, оформления проектно-конструкторских работ в виде рабочих чертежей и расчетных схем по проектируемым конструкциям.

2. План-график выполнения самостоятельной работы

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения, нед.
	3 семестр	
1	Самостоятельное изучение литературы по темам предусмотренным учебным планом	1-16
2	Подготовка к лекционным занятиям. Конспект лекций	1-16
3	Подготовка отчета к практическим занятиям предусмотренным учебным планом. Отчет по практическим работам	1-16
4	Выполнение РГР и его защита	1-16
	Зачет	

3. Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
	3 семестр		
1	Собеседование по темам лекций 1-14	16	
2	Собеседование по темам. Результаты выполнения практических работ №1-9.	16	
3	РГР	17	

4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Для выполнения практических работ и РГР, студент должен ознакомиться с соответствующими разделами теоретического материала и приведенными примерами в учебной литературе и методических указаниях по данной дисциплине. Самостоятельную проработку необходимых тем лекционного курса, практических работ, указывает преподаватель на соответствующих занятиях.

Результатами самостоятельной работы студентов по этим материалам

являются составление: конспекта лекций, отчет по практическим занятиям и собеседование с преподавателем по соответствующим темам выполнение РГР и её защита.

5. Методические указания по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины

Рабочей программы дисциплины предусмотрены следующие виды занятий и работ для студентов: в первом семестре – лекции, практические работы, РГР, зачет.

Во время посещения лекций студенты кратко конспектируют основные положения излагаемого материала лекций, выделяя его главные положения, либо слушают этот материал. Рекомендуется повторить прослушанный материал лекции не позднее 48 часов после его изложения. В этом случае начинает срабатывать долгосрочная память, и все основные положения материала будут усвоены. Если какие-то темы рекомендуются проработать самостоятельно, то студентом составляется краткий конспект, проработанный темы материала. При собеседовании с преподавателем по темам лекций студент должен предоставить такой краткий конспект проработанных самостоятельно тем лекций.

При посещении практических работ каждый студент должен иметь отдельную подписанную тетрадь для выполнения заданий по практическим занятиям. В тетради записываются разбираемые темы практических занятий и решенные на разобранные темы задания. Конспект решенных заданий представляется студентом преподавателю ведущим практические занятия при собеседовании.

6. Методические указания по подготовке к зачету

Для подготовки к зачету по дисциплине студенту выдается

перечень вопросов. Подготовка к зачету осуществляется в течение всего изучения курса дисциплины путем проведения лекций-бесед, самостоятельного изучения отдельного материала по учебникам, подготовкой к практическим занятиям, выполнением РГР. В сессию студентам отводится дополнительное время для систематизации полученных знаний, умений и повторения соответствующего материала. Для этого необходимо по каждому вопросу во время подготовки составить краткий тезисный план ответа, включая необходимые поясняющие рисунки.

7. Методические указания по выполнению РГР

Для выполнения РГР в третьем семестре каждому студенту выдается индивидуальное задание на тему: «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений». Задание подписывается самим студентом, руководителем РГР и утверждается заведующим кафедрой.

После получения задания студент должен приступить к его выполнению. РГР выполняется в течение всего семестра.

РГР состоит из пояснительной записки.

Примерный объем пояснительной записки РГР – 25 ÷ 30 листов текста печатающих и графических устройств ЭВМ, с необходимыми рисунками и пояснениями на листах формата А4.

Пояснительная записка РГР содержит:

- титульный лист;
- задание на РГР;
- содержание;
- введение;
- основную часть в соответствии с утвержденным заданием на РГР, необходимые рисунки, таблицы, схемы и т.д.
- заключение;

- список использованных источников;
- приложение (при необходимости).

Пояснительная записка работы состоит из следующих основных разделов:

- Определение координат расчетных сечений;
- Определение вертикального давления в расчетных точках;
- Определение активного давления в расчетных точках;
- Построение эпюры активного давления;
- Построение эпюры пассивного давления;
- Уточнение требуемой глубины заделки;
- Определение расчетного изгибающего момента в подпорной стене.

Оформление пояснительной записки должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105, ГОСТ 2.106, ГОСТ 2.104, ГОСТ 2.301, а при оформлении с применением печатающих и графических устройств ЭВМ по ГОСТ 2.004-88 на листах формата А4 (210x297) белой бумаги на одной стороне, межстрочный интервал полуторный. На листах наносится ограничительная рамка, отстоящая от левого края на 20мм и от остальных – на 5мм, поля, штамп. При выполнении текста с применением печатающих и графических устройств ЭВМ шрифт следует использовать «Times New Roman», размер 14, выравнивание «по ширине», интервал 1,5, абзацный отступ первой строки – 1,25 см. Оформление пояснительной записки должно отвечать требованиям ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам, ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Текстовые документы.

На листе «Введение» внизу приводится 4-х сантиметровый штамп по высоте, на последующих листах пояснительной записки внизу размещается 1,5 сантиметровый штамп.

Заглавный лист (первый лист текстовой части – введение) пояснительной записки должен соответствовать форме 9, а последующие

– форме 9а по ГОСТ 2.106.

Чертежи и схемы РГР должны выполняться на стандартных форматах согласно ГОСТ 2.301 с надписью по ГОСТ 2.104 в правом нижнем углу.

При выполнении чертежей, эскизов, схем должны быть соблюдены правила, установленные государственными стандартами ЕСКД, ЕСПД,

Листы текста следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Титульный лист, лист задания, листы содержания не нумеруются, но просчитываются. Номер страницы проставляется в правом нижнем углу штампа.

Параграфы, пункты и подпункты (кроме введения, заключения, библиографического списка и приложений) нумеруют арабскими цифрами, например: раздел 1., параграф 1.1., пункт 1.1.1., подпункт 1.1.1.1.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Слово «раздел» не пишется. Заголовки должны четко и кратко отражать содержание раздела.

Заголовки и подзаголовки приводят в форме именительного падежа единственного или множественного числа. Разделы и подразделы следует располагать в середине строки. Переносы слов в заголовках не допускаются. Каждый раздел, начинается с новой страницы. Между разделом и основным текстом ставится 1 пробел. Точка в конце названия раздела, подраздела не ставится.

Рисунки (чертежи, схемы, рисунки) следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые или на следующей странице, если в указанном месте они не помещаются. На все рисунки должны быть даны ссылки по тексту пояснительной записки.

Рисунки должны иметь названия, которые помещают под рисунком посередине. Они нумеруются арабскими цифрами

порядковой нумерацией в пределах каждого раздела проекта, например, в пределах одного раздела (первого) – Рисунок 1.1 – Расчетная схема балки и эпюры внутренних усилий. Шрифт Times New Roman, кегль 14. Нумерация рисунков сквозная в пределах каждого раздела. После названия слова рисунок ставится 1 пробел, номер рисунка, тире и его название. Аналогично подписываются таблицы. Слово таблица, ее номер и название подписываются в левом верхнем углу над таблицей. После названия рисунка и окончания таблицы ставится 1 пробел перед основным текстом.

Формулы, для выполнения расчетов должны иметь сквозную нумерацию в пределах каждого раздела. Номер формулы проставляется в скобках двойной цифрой разделенной точкой и помещается в конце строки. При применении формулы первый раз она записывается полностью, затем с новой строки приводятся необходимые пояснения к ней. При повторном и последующем её применении, она записывается в общем виде с дальнейшей подстановкой в нее всех значений, без пояснений, входящих в неё величин. Подробное изложение выполнения расчетов по РГР и их последовательность, порядок защиты и список рекомендуемой литературы приводятся в соответствующих методических указаниях по выполнению РГР.

После выполнения расчетов по каждому из разделов пояснительной записки студент предоставляет этот материал на проверку преподавателю, ведущему РГР. Проверенные и исправленные по замечаниям, материалы выполненных расчетов пояснительной записки и чертежа, допускаются к защите работы. При защите РГР студент должен назвать тему работы, кратко изложить о проделанной работе, пользуясь при изложении чертежом, ответить на заданные вопросы по теме проекта. После защиты студенту выставляется оценка. Критерии оценивания ответов приведены ниже.

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент при ответе на вопросы как базового, так и повышенного уровня показывает глубокое и всестороннее знание предмета, обязательной и дополнительной литературы, аргументировано и логически стройно излагает материал, пользуясь СП, ГОСТами, может применять знания для анализа конкретных ситуаций.

Оценка **«хорошо»** ставится, если при ответе на вопросы базовой части студент показывает знание предмета, обязательной литературы, знакомстве с дополнительной литературой, аргументировано излагает материал, умеет применять знания для анализа конкретных ситуаций, однако незначительно нарушает последовательность изложения материала, дает недостаточно полное, хотя и верное определение понятий.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если студент при ответе на вопросы базовой части показал, что он в основном знает предмет, обязательную литературу, может практически применять свои знания, но программный материал излагает фрагментарно и непоследовательно, допускает отдельные ошибки и погрешности при проектировании зданий и сооружений, слабо ориентируется в межпредметных связях.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если студент не отвечает на предлагаемые ему вопросы базовой части или его ответ показывает, что не усвоено основное содержание предмета, обнаруживается незнание большей

части учебного материала, допускаются грубые ошибки при формулировке основных понятий

Максимальная сумма баллов по **РГР** устанавливается в **35** баллов и переводится в оценку по 5-балльной системе в соответствии со шкалой:

Шкала соответствия рейтингового балла 5-балльной системе

Рейтинговый балл	Оценка по 5-балльной системе
------------------	------------------------------

35	Отлично
25	Хорошо
15	Удовлетворительно
0	Неудовлетворительно

Предлагаемые студенту задания позволяют проверить компетенции ПК-5 и ПК-6.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо прочитать лекционный материал, выполнить РГР, изучить дополнительную литературу, установить взаимосвязи между изучаемыми понятиями, запомнить основные определения, продумать, где они могут применяться. Рекомендуется готовиться к данному контрольному мероприятию в течение семестра, разбирая теоретические задания для оценки сформированности компетенций к каждому практическому занятию, вовремя выполняя этапы РГР. Эти задания предлагаются в УМК дисциплины «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений», представленном на кафедре строительства.

Содержание и объем материала, подлежащего проверке, определяется программой дисциплины. При проверке усвоения этого материала производится выявление полноты, прочности усвоения студентами теории и умения применять ее на практике.

При оценке в первую очередь учитывается показанные студентами знания и умения (их полноту, глубину, прочность, использование). Оценка также зависит от наличия и характера погрешностей. Среди погрешностей выделяют ошибки и недочеты. Погрешность считается ошибкой, если она свидетельствует о том, что студент не овладел основными знаниями, умениями, указанными в программе.

К недочетам относятся погрешности, свидетельствующие о недостаточно полном или недостаточно прочном усвоении основных знаний и умений или об отсутствии знаний, не считающихся основными в соответствии с программой. Недочетами также являются: погрешности,

которые не привели к искажению смысла, полученного студентом задания или способа его выполнения, неаккуратная запись, небрежное выполнение чертежа.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Подземная геотехнология : учебное пособие / А. Н. Анушенков, Б. А. Ахпашев, Е. П. Волков [и др.]. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2017. — 304 с.
2. Новиков, Е. А. Физико-технический контроль и мониторинг при освоении подземного пространства городов : учебное пособие / Е. А. Новиков, В. Л. Шкуратник. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2016. — 174 с.

Дополнительная литература:

1. Снегирева, А. И. Конструктивные решения подземных железобетонных сооружений. Часть 1. Тоннели : учебное пособие / А. И. Снегирева, В. Г. Мурашкин. — Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2010. — 135 с.
2. Подземные сооружения и конструкции : методические указания к выполнению курсовой работы и расчетного раздела дипломной работы для студентов специалитета очной формы обучения направления подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, профиль «Строительство подземных сооружений» / составители Д. В. Устинов, С. А. Казаченко. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015. — 63 с.
3. Беляев, В. Л. Основы подземного градоустройства : монография / В. Л. Беляев. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 255 с.
4. Елфимов, В. И. Практикум по курсу «Специальные подземные сооружения» / В. И. Елфимов, Л. Н. Рыжанкова. — Москва : Российский университет дружбы народов, 2013. — 72 с.
5. Веретенников, Д. Б. Подземная урбанистика : учебное пособие / Д. Б. Веретенников. — Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 216 с.
6. Зерцалов, М. Г. Введение в механику подземных сооружений : учебное

пособие / М. Г. Зерцалов, М. В. Никишкин ; под редакцией М. Г. Зерцалов. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 116 с.

7. Гидроизоляция и ремонт железобетонных ограждающих конструкций подземных сооружений : монография / И. В. Рубцов, В. И. Митраков, О. И. Рубцов, А. В. Глухов. — Москва : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2011. — 88 с.

8. Пульников, С. А. Взаимодействие подземных трубопроводов с мерзлыми грунтами : учебное пособие / С. А. Пульников, Ю. С. Сысоев, Е. В. Марков. — Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2016. — 86 с

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы студента по дисциплине

1. Методические указания к практическим работам по дисциплине «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений» для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» очной и заочной форм обучения. г. Ставрополь.

2. Методические указания к выполнению РГР по дисциплине «Прочность и устойчивость конструкций подземных сооружений» для студентов по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» очной и заочной форм обучения. г. Ставрополь.