

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ОСНОВАНИЙ, ФУНДАМЕНТОВ, ИНЖЕНЕРНОЙ

ГЕОЛОГИИ И ГЕОДЕЗИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсовой работы по дисциплине

«ДОРОЖНОЕ ГРУНТОВЕДЕНИЕ И МЕХАНИКА

ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДОРОГ»

для студентов специальности Т.19.03

*«Строительство дорог и транспортных
объектов»*

Брест 2000

УДК 624.131.1

Методические задания предназначены для выполнения курсовой работы по дисциплине «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог» для студентов специальности Т.19.03 «Строительство дорог и транспортных объектов».

Они содержат пояснения и основные данные по методике расчета устойчивости откосов высоких насыпей, глубоких выемок автомобильных дорог и определения давления грунтов на подпорные стенки.

Составители: М.С. Грицук, доцент, д.т.н.

А.М. Климук ст. преподаватель

Рецензент: Чумичев О.Р., инженер отдела «Эксплуатация и содержание автомобильных дорог»

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение курсовой работы дает возможность студентам закрепить пройденный материал по дисциплине «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна дорог» и самостоятельно производить расчеты устойчивости откосов и подпорных стенок.

К выполнению работы студент должен приступать после изучения соответствующего курса.

Курсовая работа должна быть выполнена в соответствии с заданием, написана чернилами на одной стороне бумаги формата А4.

Формулы и символы пишутся разборчиво. Нумерация формул дается в круглых скобках. При вычислении физических величин обязательно указывается их размерность. Чертежи выполняются карандашом или тушью. В конце курсовой работы приводится список использованной литературы.

Титульный лист курсовой работы оформляется в соответствии с образцом, данным в приложении.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ НАСЫПИ И ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК

При расчете и проектировании откосов высоких насыпей и глубоких выемок различают их местную и общую устойчивость. Нарушение местной устойчивости возникает в приоткосной зоне, подверженной воздействию природно-климатических факторов, вызывающих повторные процессы набухания и высушивания, промерзания и оттаивания.

При нарушении общей устойчивости происходит смещение больших массивов грунта откосов насыпи или выемки.

Различают следующие основные формы нарушения общей устойчивости откосов насыпей и выемок:

- скольжение по кривой или плоской поверхности;
- выдавливание грунта из под подошвы откоса;
- расплзание грунта по основанию насыпи.

При расчете устойчивости откосов на скольжение используют следующие расчетные схемы:

- кругло-цилиндрической поверхности скольжения (КЦПС);
- плоских поверхностей скольжения (ППС).

Схема КЦПС наиболее широко применяется при оценке устойчивости откосов насыпей и выемок, сложенных однородными грунтами. Схема ППС применяется при определении устойчивости откосов слоистых выемок с заранее установленной формой поверхности скольжения.

Конкретная расчетная схема принимается в том случае, когда точно известна форма поверхности скольжения. Если форма поверхности скольжения точно не установлена, то необходимо проводить расчет устойчивости по двум вариантам.

1.1 Расчет устойчивости откосов по методу кругло-цилиндрических поверхностей скольжения.

1.1.1 Расчет устойчивости откосов без учета дополнительных нагрузок.

В основу расчета устойчивости откосов по методу КЦПС положено определение коэффициента устойчивости K_y , который определяется по формуле

$$K_y = \frac{\sum M_{уд}}{\sum M_{вр}} = \frac{\sum (P_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i + C_i \cdot l_i)}{\sum P_i \cdot \sin \alpha_i} \quad (1.1)$$

где $\sum M_{уд}$ - сумма моментов удерживающих сил, кНм;

$\sum M_{вр}$ - сумма моментов вращающих сил, кНм;

P_i - вес i -го расчетного блока, кН;

α_i - угол наклона касательной к поверхности скольжения в заданной точке к горизонту, численно равный углу между вертикальной осью и радиус-вектором, град.;

φ_i - угол внутреннего трения, град.;

C_i - сцепление грунта, кПа;

l_i - длина поверхности скольжения i -го блока, м.

Расчет сводится к определению поверхности скольжения с минимальным K_y , который должен быть не меньше значений, приведенных в таблице 1.1.

Величина K_y зависит от метода расчета и геологических условий.

На рисунке 1.1 приведена расчетная схема к методу КЦПС.

Местоположение центра вращения O и величину радиуса R определяют так, чтобы отразить в расчете наиболее выгодное положение центра O для определения наименьшего K_y . Положение центра определяют подбором, путем проведения нескольких расчетов или по графику Ямбу. Для определения координат центра вращения обычно пользуются графиком Ямбу.

Требуемые значения K_y .

Таблица 1.1

№	Метод расчета	Инженерно-геологические условия	
		Однородный сухой откос, сложенный песчаными грунтами при основании	Прочие случаи
1	КЦПС		1,3
2	ППС	1,2	1,3
3	Метод Фр		1,0
4	Расчет на расползание		1,3
5	Расчет на выдавливание		1,0 (коэф. безопасности)

Порядок расчета при использовании графика Ямбу

1) определяют параметр $l_{ср}$ по формуле:

$$l_{ср} = \frac{\gamma \cdot H \cdot tg\varphi}{g \cdot C}$$

где H - высота откоса, м;

γ - расчетное значение удельного веса грунта, кН/м³;

φ - угол внутреннего трения, град.;

$g = 9.81$ м/с² - ускорение свободного падения;

C - сцепление, кПа.

При малых значениях C когда $\lambda_{cp} > 8$, разрешается использовать кривую, отвечающую условию $\lambda_{cp} = 8$;

- 2) зная λ_{cp} и крутизну откоса β , по графику определяют относительные координаты центра опасной дуги скольжения: X_0 и Y_0 ;
- 3) умножая X_0 и Y_0 на H получают абсолютные координаты центра вращения X и Y ;

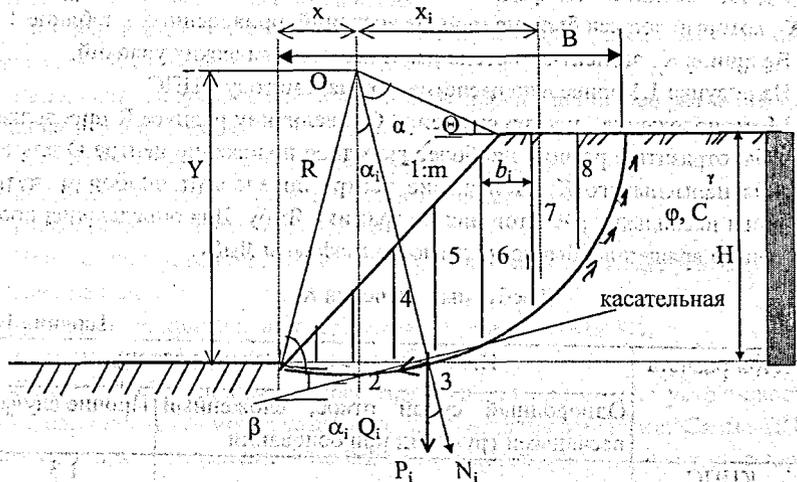


Рис. 1.1. Расчетная схема определения устойчивости откоса по методу КЦПС.

- 4) из найденного центра проводят расчетную дугу скольжения через нижнюю бровку откоса насыпи или выемки с радиусом $R = \sqrt{X^2 + Y^2}$;
- 5) полученный таким образом откос обрушения делят на расчетные блоки вертикальными сечениями. Ширина блоков принимается примерно одинаковой (не более 2-3 м). Необходимо, чтобы границы блоков проходили через точки перелома линии поперечного профиля откоса и через точки пересечения различных слоев, слагающих откос, с поверхностью скольжения.

Деление отсека обрушения на блоки имеет целью определение суммарных моментов $M_{уд}$ и $M_{вр}$, а по ним - K_y .

Для определения K_y формулу (1.1) без большой погрешности (около 10% в сторону завышения K_y) можно упростить приняв $\cos \alpha_i = 1$, а сдвигающую силу $\sum P_i \cdot \sin \alpha_i$ заменить моментом всех блоков относительно центра вращения $\sum P_i \cdot X_i$. Тогда она принимает следующий вид:

$$K_y = \frac{\sum P_i \cdot \text{tg} \varphi_i + \sum C_i \cdot l_i}{\sum P_i \cdot X_i} \cdot R \quad (1.2)$$

где R - радиус кругло-цилиндрической дуги скольжения, м;

X_i - плечо от линии действия центра тяжести блока до проекции центра вращения O (рис. 1.1);

При однородной толщине грунта откоса член $\sum C l_i$ уравнения (1.2) может быть записан так: $\sum C l_i = CL$, где L - длина всей дуги скольжения.

В окончательном виде формула (1.1) будет иметь вид:

$$K_y = \frac{\sum P_i \operatorname{tg} \varphi_i + CL}{\sum P_i \cdot X_i} R \quad (1.3)$$

1.1.2 Расчет устойчивости откосов с учетом взвешивающего (гидростатического) и фильтрационного (гидродинамического) давления.

Роль поверхностных грунтовых вод в нарушении устойчивости склонов и откосов и связанных с этим оползневых явлений часто оказывается решающей. Эта роль сказывается:

- в непосредственном дополнительном увлажнении оползневых масс и связанного с этим понижением прочностных свойств грунтов;
- в фильтрационном давлении;
- во взвешивающем действии воды.

При воздействии на откос фильтрационного давления K_y определяют по следующей формуле:

$$K_y = \frac{\sum (P_i + P_{sbi}) \operatorname{tg} \varphi_{\beta} + CL}{\sum (P_i X_i + P_{sbi} X_i)} R, \quad (1.4)$$

где P_i - вес части i -го блока, кН;

P_{sbi} - вес части i -го блока с учетом взвешивающего действия, кН;

φ_{bi} - фиктивный угол внутреннего трения, град.;

R - радиус кругло-цилиндрической дуги скольжения, м.

Фиктивный угол внутреннего трения φ_{bi} определяют по зависимости:

$$\operatorname{tg} \varphi_{bi} = \beta_i \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.5)$$

$$\text{где } \beta_i = \frac{a_i + 0.5(b_i + c_i + d_i)}{a_i + b_i + 0.5(c_i + d_i)}, \quad (1.6)$$

где a_i - средняя высота сухой зоны блока, м;

b_i - средняя высота блока в зоне фильтрационного давления, м;

c_i - то же, в зоне затопления, м;

d_i - то же, в зоне застоя, м.

При затоплении откоса водой линию депрессии MN можно провести приблизительно по прямой, соответствующей градиенту i от точки N , лежащей на пересечении оси насыпи с наивысшим уровнем воды у откоса.

Гидравлический градиент i - средний уклон линии депрессии;

Взвешивающее воздействие воды учитывают путем введения в расчет значения удельного веса грунта во взвешенном состоянии γ_{sb} :

для несвязных грунтов по формуле

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} \quad (1.7)$$

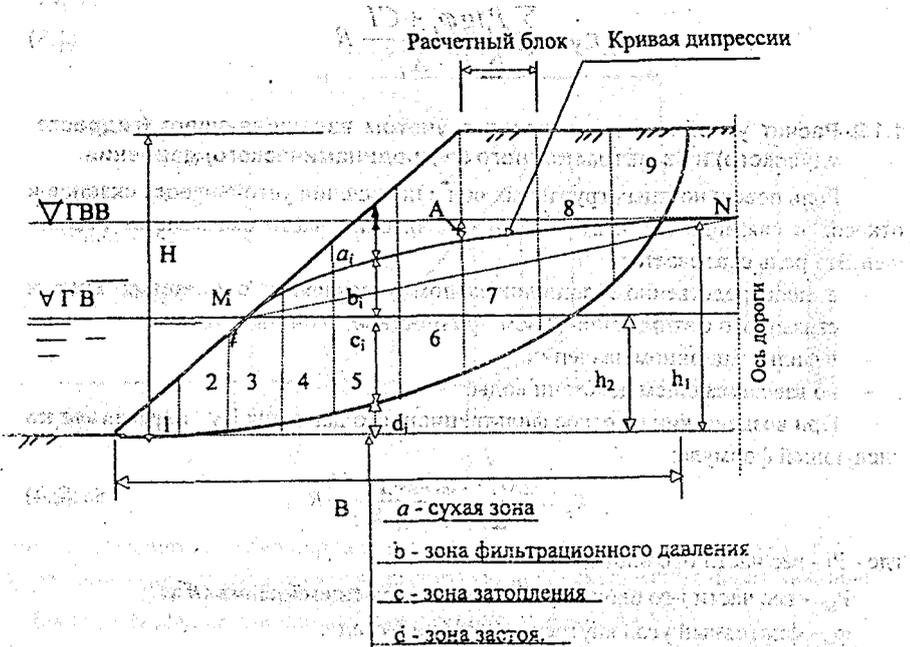


Рис. 1.2. Расчетная схема определения устойчивости откоса при фильтрационном режиме грунтовых вод

где e - коэффициент пористости в долях единиц;

γ_s - удельный вес частиц грунта, кН/м^3 ;

γ_d - удельный вес сухого грунта, кН/м^3 ;

γ_w - удельный вес воды, кН/м^3 .

- для глинистых грунтов по формуле

$$\gamma_{sb} = \gamma - \gamma_w \quad (1.8)$$

где γ - удельный вес влажного грунта, кН/м^3 .

При простом затоплении откоса K_y определяется по выражению:

$$K_y = \frac{\sum (P_i + P_{Sbi}) g \varphi + CL}{\sum (P_i X_i + P_{Sbi} X_i)} R, \quad (1.9)$$

где $-R$ - радиус дуги скольжения, м;

$P_{\text{сб}i}$ и P_i - соответственно вес i -ого блока с учетом взвешивающего воздействия воды и без учета взвешивающего действия воды, кН.

ЗАДАНИЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

1. Определить устойчивость откоса насыпи сухого земляного полотна.
2. Определить устойчивость откоса насыпи земляного полотна, затопленного водой.
3. То же, при фильтрационном режиме работы откоса.
4. Определить устойчивость откоса выемки земляного полотна с учетом фильтрационного давления по методу плоских поверхностей скольжения.
5. Запроектировать графоаналитическим методом контур равнопрочного откоса при заданном коэффициенте устойчивости.

ЗАДАНИЕ 1

Определить устойчивость откоса насыпи земляного полотна при условии когда откос не затоплен водой (рис. 1.1).

Порядок выполнения задания.

По своим данным, приведенным в таблице 1.2 (согласно варианту) на миллиметровой бумаге вычертить в масштабе 1:100 откос земляного полотна:

$$B_1 = H \cdot m$$

- по графику Ямбу найти положение центра кривой скольжения O с наименьшим коэффициентом устойчивости;
- из найденного центра вращения через подошву откоса провести дугу окружности скольжения;
- вычислить радиус кривой скольжения $R = \sqrt{X^2 + Y^2}$;
- разбить оползневое тело на блоки;
- графически определить их ширину и высоту сторон и произвести расчет всех необходимых элементов, входящих в формулу (1.3);
- вычислить угол $\alpha = \arccos\left(\frac{Y-H}{R}\right) + \arcsin\frac{X}{R}$;
- вычислить угол $\theta = \arctg\left(\frac{Y-H}{B_1-X}\right)$;
- вычислить длину дуги скольжения $L = \pi \cdot R \cdot \frac{\alpha}{180}$;
- определить по формуле (1.3) K_y откоса;
- сделать заключение об устойчивости откоса.

Данные для расчета устойчивости откоса приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2.

N вар.	Категория дороги	Высота откоса H , м.	Крутизна откоса J , м	Удельный вес грунта, γ , кН/м^3	Сцепление грунта, c , кПа	Угол внутреннего трения, φ°	УГВ ГВВ h_1 , м	Спад воды до уровня ГВ, h_2 , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	V	7.0	1:2	20.95	7	18	6	4
2	IV	10.5	1:2	20.75	8	19	8	6
3	III	9.5	1:3	20.84	12	32	7	5
4	II	8.5	1:2	20.85	11	33	8	4
5	V	9.0	1:5	18.75	32	15	8	4
6	IV	10.0	1:2	21.5	8	33	8	6
7	III	10.0	1:2	21.0	10	18	7	5
8	II	11.0	1:1.5	20.0	15	18	8	6
9	V	8.5	1:2	19.0	18	18	6	4
10	IV	10.5	1:1	19.5	26	21	7	5
11	III	12.0	1:2.5	22.0	24	22	9	6
12	II	9.0	1:2	21.4	40	14	7	5
13	I	8.0	1:2.5	18.6	38	18	6	6
14	V	7.0	1:1.5	19.8	36	17	5	4
15	IV	7.5	1:2.5	18.2	34	19	6	5
16	V	7.0	1:2	20.95	9	16	6	4
17	IV	10.5	1:2	20.75	10	17	8	6
18	III	9.5	1:3	20.84	16	26	9	5
19	II	8.5	1:2	20.85	13	29	6	4
20	V	9.0	1:1.5	18.75	25	14	6	4
21	IV	10.0	1:2	21.5	14	24	7	6
22	III	10.0	1:2	21.0	15	16	8	5
23	II	11.0	1:1.5	20.0	3	28	7	6
24	V	8.5	1:2	19.0	22	16	5	4
25	IV	10.5	1:1	19.5	24	24	6	5
26	III	12.0	1:2.5	22.0	42	12	8	6
27	II	9.0	1:2	21.4	30	16	6	5
28	I	8.0	1:2.5	18.6	21	25	7	5
29	V	7.0	1:1.5	19.8	23	23	6	4
30	IV	7.5	1:2.5	18.2	6	36	7	5

h_z - высота зоны затопления, м;

H - высота всего откоса, м.

Определяют параметр:

$$\lambda_{cp} = \frac{\gamma_{cp} H \operatorname{tg} \varphi}{g \cdot C}$$

Результаты расчета сводят в таблицу 1.4.

Таблица 1.4.

№ блока	Средняя вы- сота блока, м		Ширина блока, м	Объем бло- ка, м ³		Вес бло- ка, кН		γ , кН/м ³	γ_{sb} , кН/м ³	Плечо, м X_i	Момент, кНм	
	h_i	h_{sbi}		$V_i = h_i b_i$	$V_{sbi} = h_{sbi} b_i$	$P_i = V_i \gamma$	$P_{sbi} = V_{sbi} \gamma_{sb}$				$P X_i$	$P_{sbi} X_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				Σ	Σ	Σ	Σ				Σ	Σ

ЗАДАНИЕ 3

Определить устойчивость откоса насыпи земляного полотна при фильт-
рационном режиме работы откоса (когда появляется кривая депрессии).

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.2.

Расчет производят аналогично заданиям 1 и 2. Ширину блоков назначают
с учетом кривой депрессии и расчет ведут по формуле (1.4). Для получения
фиктивного угла внутреннего трения φ_{β} , определяют коэффициент β , по фор-
муле (1.6) для каждого блока.

Результаты расчета сводятся в таблицу (1.5).

Таблица 1.5

№ блока	Средняя высота блока, м		Ширина блока, м b_i	Объем бло- ка, м ³		Вес блока, кН		Удельный вес грунта, кН/м ³		Плечо, м X_i	Момент, кНм	
	h_i	h_{sbi}		V_i	V_{sbi}	$P_i = V_i \gamma$	$P_{sbi} = V_{sbi} \gamma_{sb}$	γ	γ_{sb}		$P X_i$	$P_{sbi} X_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
				Σ	Σ	Σ	Σ				Σ	Σ

Продолжение таблицы 1.5.

a_i	b_i	c_i	d_i	β_i	$tg\varphi_{\beta i}$	$P_i tg\varphi_{\beta i}$	$P_{S\beta i} tg\varphi_{\beta i}$
14	15	16	17	18	19	20	21
						$\sum P_i tg\varphi_{\beta i}$	$\sum P_{S\beta i} tg\varphi_{\beta i}$

Дают заключение об устойчивости откоса при наличии фильтрационного давления.

1.2 Расчет устойчивости откосов по методу плоских поверхностей скольжения (ППС) (метод горизонтальных сил Маслова-Берера)

Сущность метода заключается в определении активного давления грунта в пределах того или иного блока как над подпорную стенку с вертикальной задней гранью и с поверхностью скольжения, наклоненной к горизонту под углом α .

1.2.1 Расчет устойчивости откосов без учета дополнительных силовых воздействий.

Коэффициент устойчивости для данного метода определяется по формуле:

$$K_y = \frac{\sum P_{0i} [tg \alpha_i - tg (\alpha_i - \psi_i)]}{\sum P_{0i} tg \alpha_i} \quad (1.11)$$

где P_{0i} -- вес i -го блока, кН;

α_i - угол наклона поверхности скольжения этого блока к горизонту, град.;

ψ_i - угол сдвига грунта (сопротивляемости сдвигу) на поверхности скольжения этого же блока при нормальном давлении, равном весу блока; град.

Последовательность расчета:

- на основании анализа инженерно-геологических условий (наклон слоев, характер сложенности, наличие слабых прослоек и т.д.) намечают наиболее вероятные поверхности скольжения в виде одной плоскости или комбинации нескольких плоскостей (рис. 1.4.);
- для каждой расчетной поверхности скольжения отсек обрушения разделяют вертикальными сечениями на отдельные блоки с таким расчетом, чтобы границы блоков соответствовали местам перелома поверхностей скольжения и в пределах каждого блока на поверхностях скольжения сохранились постоянными значениями сдвиговых характеристик грунта;

- в пределах каждого блока определяют значение α_i принимая его положительным при наклоне поверхности скольжения в сторону общего смещения откоса и отрицательным при наклоне в противоположную сторону (в пассивной зоне);

- значение ψ_i определяют используя формулу

$$\psi_i = \arctg \left(\frac{C_i + b_i \gamma}{P_{oi}} \cdot \operatorname{tg} \phi \right) \quad (1.12)$$

где - C_i - расчетное значение сцепления, кПа;

ϕ - угол внутреннего трения на поверхности скольжения в пределах i -го блока, град.;

b_i - длина участка поверхности скольжения в пределах i -го блока, м.

Во втором слагаемом, стоящем в скобках, в числителе подразумевается еще один множитель, равный единице длины блока: $l_i = 1$ м.

1.2.2 Расчет устойчивости откосов с учетом фильтрационного (гидродинамического) давления.

При наличии в склоне фильтрационного давления его рассчитывают для каждого выделенного блока по зависимости

$$W_{\phi} = \gamma_w \cdot i \cdot V_{Sbi} \quad (1.13)$$

где - γ_w - удельный вес воды, кН/м³;

i - гидравлический градиент;

V_{Sbi} - объем фильтрационного потока в пределах оползневого тела, м³.

Коэффициент устойчивости откоса с учетом фильтрационного давления:

$$K_y = \frac{\sum P_{oi} [\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} (\alpha_i - \psi_i)]}{\sum P_{oi} \operatorname{tg} \alpha_i + \sum W_{\phi \text{ гор}}} \quad (1.14)$$

где - $W_{\phi \text{ гор}} = W_{\phi} \cdot \cos \beta$;

$\beta = \arctg \frac{1}{m}$ - крутизна откоса, град.

Вес расчетного блока P_{Sbi} в зоне фильтрационного давления определяют с учетом взвешенного грунта

$$P_{Sbi} = \gamma_{sb} \cdot V_{Sbi}$$

Ось дороги

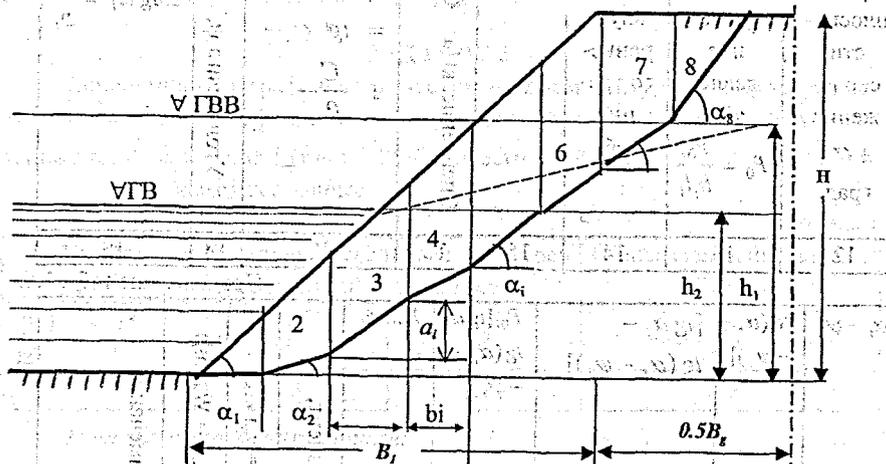


Рис. 1.4: Расчетная схема определения устойчивости откоса по методу ППС

ЗАДАНИЕ 4

1. Определить устойчивость откоса выемки земляного полотна с учетом фильтрационного давления (исходные данные взять из табл. 1.2).
2. Определить K_s по методу ППС. Для ориентировочного построения поверхности скольжения использовать результаты задания 1 или 2. Результаты расчета заносятся в таблицу 1.6.
3. Дать заключение об устойчивости откоса с учетом фильтрационного давления.

Таблица 1.6.

№ блока.	Длина (основания) блока, м b_i	Средняя высота блока, м		Объем блока, м ³		Удельный вес грунта, кН/м ³ γ	Удельный вес грунта во взвешенном состоянии, кН/м ³ γ_{sb}	Вес частей блока, кН		Общий вес блока, кН $P_{oi} = P_i + P_{Sbi}$
		h_i	h_{Sbi}	$V_i = b_i h_i$	$V_{Sbi} = b_i h_{Sbi}$			$P_i = V_i \gamma_i$	$P_{Sbi} = V_{Sbi} \gamma_{Sbi}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Σ			Σ	Σ				Σ	Σ

Продолжение табл. 1.6.

Наклон плоскости скольжения $\pm \alpha_i$, град.	Средн. удельное давление кПа $P_0 = \frac{P_{0i}}{b_i l_i}$	Угол внутреннего трения φ°	$tg \varphi$	C Степень, кПа	$tg \psi_i = tg \varphi + \frac{C}{P_0}$	Угол сдвига ψ_i	$\pm tg \alpha_i = \frac{a_i}{b_i}$
12	13	14	15	16	17	18	19

Продолжение табл. 1.6.

$\alpha_i - \psi_i$	$tg(\alpha_i - \psi_i)$	$[tg \alpha_i - tg(\alpha_i - \psi_i)]$	$P_{0i} [tg \alpha_i - tg(\alpha_i - \psi_i)]$	$P_{0i} tg \alpha_i$	Градиент, i	$W_\phi = \gamma \cdot V_{св}$	$W_{\phi, \text{ср}} = W_\phi \cos \beta$	Примечание
20	21	22	23	24	25	26	27	28

Σ Σ Σ Σ

1.3 Оценка рациональности очертания откоса и выявление наиболее напряженных участков (метод Фр)

В основу этого метода, предложенного профессором Н. Н. Масловым, положено утверждение, что в равнопрочном откосе в состоянии предельного равновесия для каждой его точки на глубине Z от поверхности удовлетворяется условие:

$$\alpha_i = \psi_i, \quad (1.16)$$

где α_i - угол наклона откоса к горизонту на глубине Z , град.

ψ_i - угол сопротивления сдвигу в той же точке грунтовой толщи.

Степень устойчивости откоса определяется по выражению:

$$K_y = \frac{tg \psi_i}{tg \alpha_i}, \quad (1.17)$$

$$\text{где } tg \psi_i = tg \varphi + \frac{C}{P_{zg_i}} = tg \varphi + \frac{C}{\gamma \cdot z_i} \quad (1.18)$$

Задаваясь тем или иным значением K_y , по выражению (1.17) определяют соответствующие найденным значениям ψ_i величины углов наклона отко-

са α_i . По полученным значениям α_i строят очертание откоса, начиная построение снизу вверх, т.е. начиная с $Z_{\max} = H$.

ЗАДАНИЕ 5

Спроектировать графоаналитическим методом контур равнопрочного откоса насыпи при коэффициентах устойчивости $K_y = 1,0; 1,3$ и $1,5$. Исходные данные взять из задания 1 (табл. 1.2) и привести в табл. 1.7.

Исходные данные

Таблица 1.7

№ вар.	Высота от коса, м	Удельный вес грунта, кН/м ³	Угол внутрен него трения	Общее сцепление, кПа
	H	γ	φ	C
1	2	3	4	5

Порядок выполнения задания:

1. Разбивают откос насыпи на условные слои толщиной h_i , равной 1-3 м;
2. Рассчитывают природное давление по формуле $P_{zg_i} = \gamma \cdot z_i$;
3. Определяют тангенс угла сдвига ψ_i и значение угла сдвига ψ_i по формуле (1.18) для каждого слоя;
4. Вычисляют величины α_i по формуле

$$\alpha_i = \arctg \left(\frac{\text{tg } \psi_i}{K_y} \right) \quad (1.19)$$

5. Результаты расчетов сводят в таблицу 1.8

Таблица 1.8

№ точки	Координаты точки Z_p , м	Природное давление, кПа $P_{zg_i} = \gamma z_i$	Угол внутреннего трения φ	$\text{tg } \varphi$	Общее сцепление C , кПа	$\frac{C}{P_{zg_i}}$	$\text{tg } \psi_i = \text{tg } \varphi + \frac{C}{P_{zg_i}}$	Угол сдвига, град. ψ_i	Угол наклона откоса, град. α_i	$\text{tg } \alpha_i = (\text{tg } \psi_i) / K_y$	$b_i = h_i / \text{tg } \alpha_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Σ											

6. По найденным значениям α_i строят очертание откоса.

7. Вычисляют длину проекции откоса: $V_1 = \Sigma(h/\text{tg}\alpha)$
8. Вычисляют крутизну откоса: $1:m = 1:(V_1/H)$
9. Делают вывод о наиболее рациональном очертании откоса с учетом его устойчивости и объема земляных работ.

2. ДАВЛЕНИЕ ГРУНТОВ НА ПОДПОРНЫЕ СТЕНКИ

Подпорные стенки устраиваются для удержания склонов и откосов, если их крутизна превышает предельно допустимую.

Давление грунтов на подпорные стенки зависит от свойств грунтов засыпки, их изменения во времени и размеров самих подпорных стенок.

Давление грунта, которое передается со стороны грунтовой толщи на подпорную стенку называется активным. Противодействие грунта, передаваемое от подпорной стенки и воспринимаемое грунтом, является пассивным давлением или отпором.

На рис. 2.1. показаны эпюры распределения давлений, а на рис. 2.2. - плоскости, по которым происходит обрушение (при активном давлении) и выпор грунта (при пассивном давлении) для случая горизонтальной поверхности земли за стенкой и отсутствия на ней нагрузки, вертикальной стенки и отсутствия трения между стенкой и грунтом. При этом грунт рассматривается однородным несвязным.

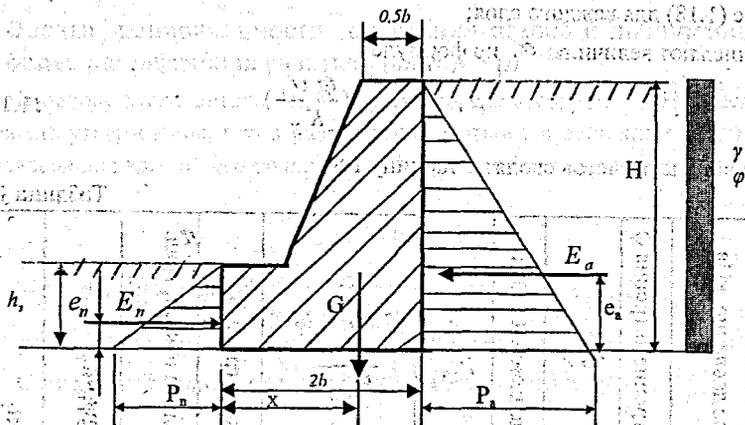


Рис. 2.1. Эпюры активного и пассивного давлений однородного несвязного грунта.

P_a, P_n - активное и пассивное давление на стенку на глубине Z ;

E_a - полное активное давление на стенку; E_n - отпор;

e_a и e_n - расстояние точки приложения сил E_a и E_n от подошвы фундамента стенки.

Для приведенного случая интенсивность активного давления грунта P_a в точке на глубине Z определяют по выражению

$$P_a = \gamma \cdot Z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (2.1)$$

где γ - удельный вес грунта, кН/м^3 ;

φ - угол внутреннего трения грунта, град.

Интенсивность пассивного давления:

$$P_n = \gamma \cdot Z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.2)$$

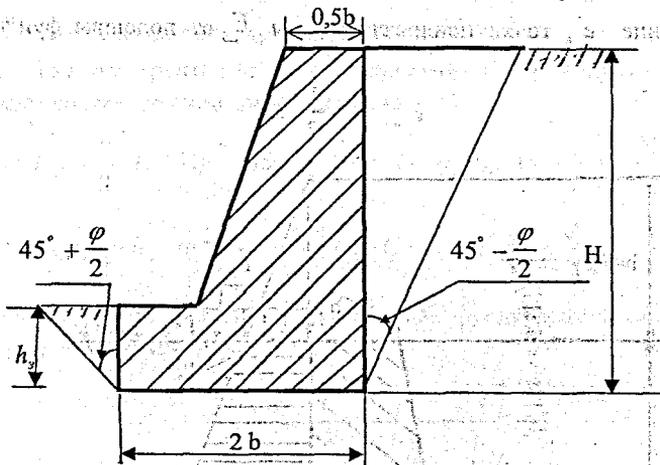


Рис. 2.2. Плоскости обрушения и выпора грунта.

С учетом сцепления C , т.е. когда засыпка выполнена из связных грунтов, эти уравнения будут выглядеть так:

$$P_a = \gamma \cdot Z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) - 2C \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.3)$$

$$P_n = \gamma \cdot Z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) + 2C \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.4)$$

Если на поверхности засыпки действует сплошная равномерно распределенная нагрузка интенсивностью P_0 , то ее действие заменяют давлением приведенного столба грунта мощностью $h = P_0/\gamma$, где γ - удельный вес грунта засыпки, кН/м^3 . Тогда формула (2.1) примет вид

$$P_a = \gamma \cdot (Z + h) \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.6)$$

$$P'_a = \gamma \cdot h \cdot \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2.7)$$

Эпюра распределения давлений по формулам (2.6) и (2.7) приведена на рис. 2.3. На подпорную стенку будет действовать заштрихованная часть эпюры давлений.

Главное активное давление E_a несвязного грунта на 1 м длины стенки высотой H без пригрузки P_0 определяют по формуле:

$$E_a = \gamma \cdot \frac{H^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2.8)$$

где H - высота подпорной стенки, м.

Расстояние e_a точки приложения силы E_a от подошвы фундамента стенки:

$$e_a = \frac{1}{3} H \quad (2.9)$$

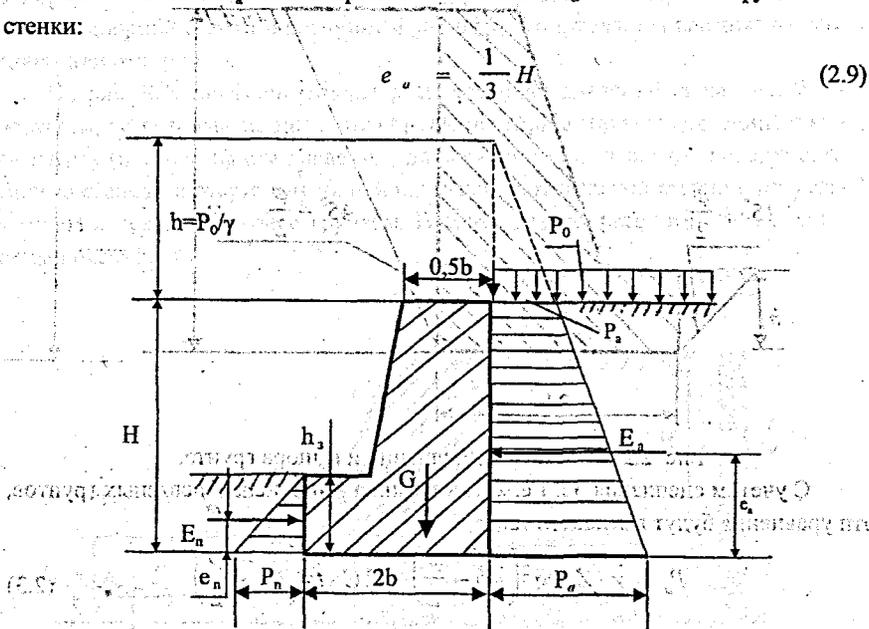


Рис. 2.3. Эпюра распределения давлений при наличии нагрузки на поверхности засыпки

При наличии на поверхности засыпки равномерно распределенной нагрузки P_0 формула (2.8) будет выглядеть так:

$$E_a = \frac{\gamma}{2} \cdot (H^2 + 2Hh) \cdot \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2.10)$$

где h - высота приведенного слоя грунта, м.

Расстояние e_a в этом случае определяют по выражению:

$$e_a = \frac{H}{3} \cdot \frac{P_a + 2P'_a}{P'_a + P_a} \quad (2.11)$$

Полное пассивное давление E_n на 1 м длины стенки определяют по формуле:

$$E_n = \gamma \cdot \frac{h_3^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.12)$$

где h_3 - заглубление фундамента стенки, м.

Расстояние e_n точки приложения пассивного давления от подошвы фундамента определяют по формуле (2.9) при $H = h_3$.

Для связных грунтов (с учетом сцепления C) уравнения (2.8) и (2.12) принимают соответственно следующий вид:

$$E_a = \frac{\gamma}{2} \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) - 2 \cdot C \cdot H \cdot \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{2C^2}{\gamma} \quad (2.13)$$

$$E_n = \frac{\gamma}{2} \cdot h_3^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) + 2 \cdot C \cdot h_3 \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (2.14)$$

Точку приложения силы E_a от подошвы фундамента находят по формуле (2.9) при $H = H_c$ (рис. 2.4)

$$e_{II} = \frac{h_3}{3} \cdot \frac{P_{II} + 2P'_II}{P_{II} + P'_II} \quad (2.15)$$

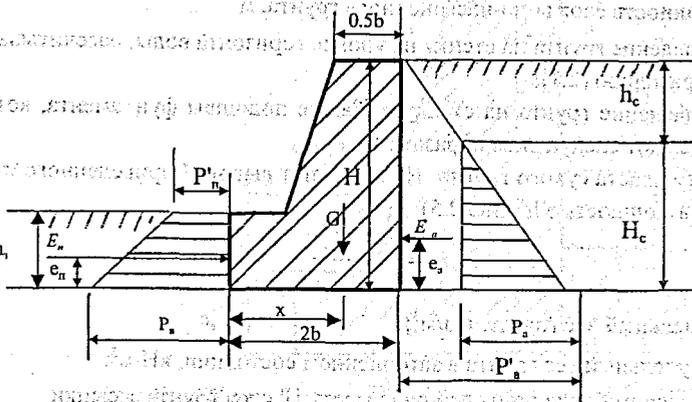


Рис. 2.4. Эпюры активного и пассивного давлений связного грунта

Для построения эпюр распределения давления грунта на подпорную стенку с учетом сцепления C поступают так:

- определяют расстояние h_c от верха стенки до начала эпюры давления грунта на стенку с учетом сцепления грунта по формуле

$$h_c = \frac{2C}{\gamma \cdot \gamma_g \left(4.5 - \frac{\varphi}{2} \right)} \quad (2.16)$$

- вычисляют высоту H_c ,

$$H_c = H - h_c \quad (2.17)$$

- определяют значения P_a в уровне подошвы фундамента по формуле (2.3) при $Z=H$;
- вычисляют значения P_n без учета сцепления согласно формуле (2.4) при $Z=H$;
- определяют пассивное давление на уровне, обреза фундамента P_n по формуле (2.5) при $Z=0$, и в уровне подошвы фундамента P_n при $Z=h_{\text{загл}}$ по формуле (2.4)

В случае затопления части подпорной стенки водой (рис. 2.5) поступают следующим образом:

- определяют полное активное давление на 1 м длины стенки грунта E'_a , залегающего выше уровня воды, по формуле (2.8) при $H = H_c$;
- определяют полное активное давление на 1 м длины стенки грунта E''_a , залегающего ниже уровня воды, по формуле

$$E''_a = \frac{P'_a + P''_a}{2} \cdot H_B \quad (2.18)$$

где H_B - мощность слоя водо-насыщенного грунта, м

P'_a - давление грунта на стенку на уровне горизонта воды, рассчитываемое по выражению (2.1);

P''_a - давление грунта на стенку в уровне подошвы фундамента, которое определяют следующим образом:

- высоту пласта сухого грунта H_c заменяют высотой приведенного столба грунта мощностью h (рис. 2.5)

$$h = \frac{\gamma \cdot H_c}{\gamma_{sb}} \quad (2.19)$$

где γ - удельный вес грунта, кН/м^3 ;

γ_{sb} - удельный вес грунта в затопленном состоянии, кН/м^3 ;

- вычисляют общую приведенную высоту H' слоя грунта засыпки

$$H' = h + H_B \quad (2.20)$$

- по формуле (2.1) определяют P''_a при $Z=H'$ и $\gamma=\gamma_{sb}$;

- определяют общее активное давление на стенку

$$E_a = E''_a + E'_a \quad (2.21)$$

- производят контрольный расчет величины общего активного давления E_a от подошвы фундамента для чего:

- вычисляют расстояние Z_1 точки приложения силы E'_a от поверхности засыпки по формуле

$$Z_1 = \frac{2}{3} \cdot H_{с.г} \quad (2.22)$$

- вычисляют расстояние Z_2 точки приложения силы E''_a от подошвы фундамента по формуле

$$Z_2 = \frac{H_B}{3} \cdot \frac{P''_a + 2P'_a}{P''_a + P'_a} \quad (2.23)$$

- вычисляют расстояние Z между точками приложения сил E'_a и E''_a

$$Z = H' - (Z_1 + Z_2) \quad (2.24)$$

- находят расстояние X точки приложения общего активного давления E_a от точки приложения E''_a по зависимости

$$X = \frac{E'_a \cdot Z}{E'_a + E''_a} \quad (2.25)$$

- определяют точку приложения общего активного давления E_a от подошвы фундамента по формуле

$$E_a = Z_2 + X \quad (2.26)$$

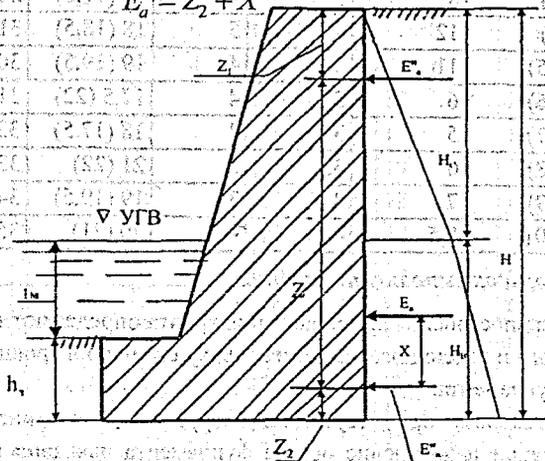


Рис. 2.5. Эпюра активного давления грунта при частичном затоплении подпорной стенки

ЗАДАНИЕ 6

Подпорная стенка высотой H имеет заглубление фундамента h и ширину по низу $2b$. Стенка удерживает песчаную засыпку с удельным весом γ , углом внутреннего трения φ и сцеплением $C = 0$.

Требуется: построить эпюру активного давления грунта на стенку, рассчитать полное давление грунта на стенку E_a и определить точку его приложения, то же при наличии равномерно распределенной нагрузки на поверхности засыпки P_0 ; построить эпюру пассивного давления (отпора) грунта, рассчитать полное пассивное давление E_p и точку его приложения; определить устойчивость подпорной стенки на опрокидывание. Исходные данные приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Номер варианта	H , м	$h_{\text{загл.}}$, м	$2b$, м	γ , кН/м ³	φ°	P_0 , МПа
1	2	3	4	5	6	7
1 (16)	9	3	4	18 (18,5)	30(35)	0,18
2 (17)	8	2	3	19 (19,5)	33(38)	0,19
3 (18)	10	3	5	17 (17,5)	28(34)	0,20
4 (19)	9	3,5	3,5	19 (21,5)	29(32)	0,17
5 (20)	11	4	5	20 (20,5)	31(36)	0,21
6 (21)	10	4	5	18 (18,5)	32(37)	0,18
7 (22)	7	2	3	19 (19,5)	30(33)	0,16
8 (23)	8	3	4	17 (17,5)	26(27)	0,18
9 (24)	12	4	5	18 (18,5)	31(22)	0,19
10 (25)	11	3	4	19 (19,5)	30(24)	0,20
11 (26)	6	2,5	4	17,5 (22)	31(36)	0,12
12 (27)	5	3	3	18 (17,5)	32(37)	0,13
13 (28)	6	3,5	5	21 (22)	33(38)	0,14
14 (29)	7	4	3	19 (19,5)	34(39)	0,15
15 (30)	8,5	4,5	4	20 (21)	35(40)	0,16

Порядок выполнения задания

- Для построения эпюр давления грунта определяют интенсивность активного и пассивного давления вверху стенки, на уровнях обреза и подошвы фундамента.
- Поскольку при отсутствии нагрузки на поверхности засыпки вверху стенки и на уровне обреза фундамента давления равны нулю, для построения эпюр достаточно определить интенсивность этих давлений в уровне подошвы фундамента.

3. При построения эпюр для случая наличия нагрузки на поверхности засыпки поступают аналогично, но интенсивность равномерно распределенной нагрузки заменяют фиктивной высотой грунта засыпки мощностью h .
4. Полное активное и пассивное давления на 1 м длины стенки и точки их приложения определяют по соответствующим формулам.
5. По полученным данным строят эпюры давлений грунта на стенку и показывают точки приложения полного активного и пассивного
6. Определяют устойчивость стенки относительно точки A:

$$K_y = \frac{M_{уд}}{M_{опр}} = \frac{E_n \cdot e_n + G \cdot x}{E_a \cdot e_a}$$

где - G - вес стенки.

ЗАДАНИЕ 7

Подпорная стенка высотой H имеет заглубление фундамента $h_{заг}$ и ширину по низу $2b$. Засыпка за стенкой и грунт основания выполнены глинистым грунтом, имеющим следующие характеристики:

где - удельный вес γ , угол внутреннего трения φ^0 , сцепление C .

Построить эпюры давления грунта на стенку, рассчитать полное активное E_a и пассивное E_n давления и определить точки их приложения и устойчивость подпорной стенки. Данные для выполнения задания приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Номер Варианта	H , М	$h_{заг}$, М	$2b$, М	γ , кН/М ³	φ^0	C , кПа
1	2	3	4	5	6	7
1	6	2	3	20	18	15
2	7	2	3	19	17	16
3	8	3	3	18	19	17
4	9	3	4	17	18	16
5	7	2	3	20	28	18
6	6	2	3	19	18	16
7	8	3	4	18	16	17
8	9	3	3	20	18	18
9	7	2	4	20	20	19
10	10	3	4	17	18	17
11	5	2,5	3	16,5	21	14
12	6	3	3	17	22	13
13	7	3,5	3,5	17,5	23	12

14	8	1,5	4	18	24	11
15	9	2,5	3,5	18,5	25	10
16	10	2	3	19	26	9
17	5,5	3,5	2,5	19,5	27	8
18	6,5	2,5	3	20	28	6
19	7,5	3,5	2,5	20,5	29	5
20	8,5	4,5	3	21	30	4
21	9,5	2,5	3,5	21,5	31	3
22	10,5	3,5	4	22	32	2
23	9	4	3,5	21,5	33	3
24	8,5	3	3	21	34	5
25	8	2	4	20,5	35	7
26	7,5	2	4	20	36	8
27	7	3	2,5	19,5	37	9
28	6,5	2	3	19	38	10
29	6	2	2,5	18,5	39	12
30	5,5	1,5	2,5	18	40	13

Порядок выполнения задания № 7 такой же, как и для задания № 6. Разница состоит лишь в том, что в данном случае необходимо расчет вести по формулам, учитывающим влияние сцепления грунта на величины активного и пассивного давлений.

ЗАДАНИЕ 8

Подпорная стенка высотой H имеет заглубление h , и ширину по подошве $2b$. Грунт основания и засыпки - песок с удельным весом γ , углом внутреннего трения φ и сцеплением $C = 0$. Стенка на высоту 1 м затоплена водой. Удельный вес песка в подводном состоянии $\varphi_B = 10 \text{ кН/м}^3$. Определить величину активного и пассивного давления грунта на подпорную стенку и точку их приложения. Определить устойчивость подпорной стенки. Данные для выполнения задания приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Номер Варианта	H , м	$h_{\text{загл.}}$, м	$2b$, м	γ , кН/м ³	φ°
1	2	3	4	5	6
1	8	2	4	19	28
2	7	2	3	20	30
3	9	2	3	19,5	31
4	6	2	2	21	33
5	10	3	4	18,5	29

6	8	2	3	21	29
7	7	2	2	20	32
8	9	3	3	18	29
9	6	2	3	18,3	27
10	7	2	4	17,6	26
11	5,6	3	2,5	16,5	33
12	6	2,5	3	17	34
13	6,5	2	3,5	17,5	35
14	7	3	4	18	36
15	7,5	2,5	3,5	18,5	37
16	8	2	3	19	38
17	8,5	3	2,5	19,5	39
18	9	2,5	2	20	40
19	9,5	2	2,5	20,5	30
20	10	3,5	3	21	31
21	9,5	3	3,5	21,5	32
22	9	2,5	4	22	33
23	8,5	2	3,5	21,5	34
24	8	3,5	3	20	35
25	7,5	3	2,5	19,5	36
26	7	2,5	2	19	37
27	6,5	2	2,5	18,5	38
28	6	2	1,5	18	39

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. - М.-Высшая школа, 1982. - 511 с.
2. Зырко Н.Н., Леонович И.И. Дорожное грунтоведение с основами механики грунтов. - Мн.: Высшэйшая школа, 1977. - 223 с.
3. Справочник по инженерной геологии.- М.: Недра, 1968.-540 с.
4. Котов М.Ф. Механика грунтов в примерах. - М: Высшая школа, 1968. - 271 с.
5. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера - дорожника. Под редакцией д-ра техн. наук Г.А. Федотова. - М. "Транспорт" 1989. - 437 с.
6. Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине "Инженерная геология, дорожное грунтоведение и механика грунтов" студентами заочного обучения по специальности 29.10 - "Строительство и эксплуатация дорог и аэродромов" Минск, БПА. - 1996. - 40 с.

(Форма титульного листа)

Министерство образования Республики Беларусь
Брестский политехнический институт
Кафедра ОФИГиГ

«Допущен к защите»

Руководитель: _____

« _____ » _____ 2000 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовой работе на тему:

«Определение устойчивости откосов и глубоких выемок.
Давление грунтов на подпорные стенки»

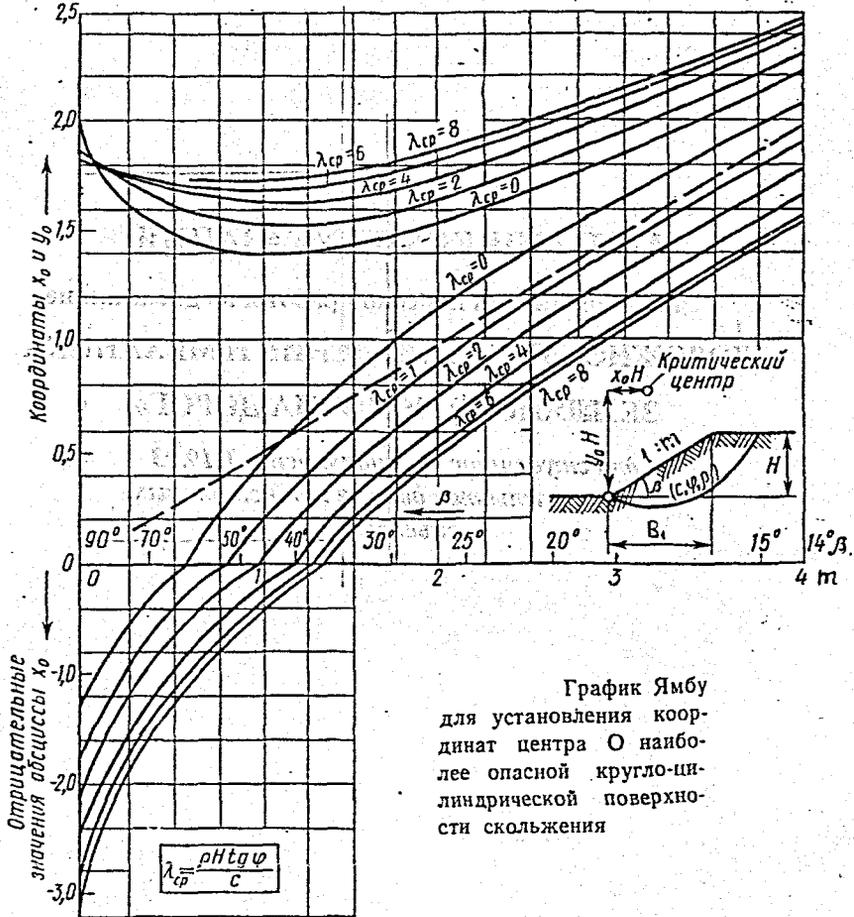
Выполнил студент группы _____

Проверил: _____

« _____ » _____ 2000 г.

Брест 2000 г.

... (математическая) ...
... (техническая) ...



... (технические данные) ...

... (технические данные) ...

Учебное издание

Составители: Михаил Степанович Грицук
Анатолий Михайлович Климук

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для выполнения курсовой работы по дисциплине
**«ДОРОЖНОЕ ГРУНТОВЕДЕНИЕ И МЕХАНИКА
ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДОРОГ»**
для студентов специальности *T.19.03*
*«Строительство дорог и транспортных
объектов»*

Ответственный за выпуск: Пойта П.С..
Редактор: Строкач Т.В.

Подписано к печати 23.11.99 Формат 60x84 1/16 Бумага писч. Усл. п.л. 1,76 Уч.
изд. л. 2, Тираж 150 экз Заказ № 202. Бесплатно. Отпечатано на ризографе
Брестского политехнического института. 224017, Брест, ул. Московская, 267.