

63043
0-62

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БЕЛОРУССКОЙ ССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ
ОТКАСОВ ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ И ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК
С ПОМОЩЬЮ ЭВМ "МИР-2"

Методическое пособие по курсу
"ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ"

630x3
0-62

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БЕЛОРУССКОЙ ССР

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

ХНМ

12835 AM

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ
ОТКОСОВ ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ И ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК
С ПОМОЩЬЮ ЭВМ "МИР-2"

Методическое пособие по курсу
"ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ"

Библиотека БГТУ



000000309452b

БИБЛИОТЕКА БТИ
им. С. М. Кирова

Минск - 1978

УДК 625.736

Рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией лесинженерного факультета.

Составители: Н.П.Вирко, доцент,
И.И.Леонович, профессор,
В.А.Гончарова, доцент,
Л.И.Гром, ст.преподаватель.

Научный редактор И.И.Леонович, профессор.

Рецензенты: кафедра дорожного строительства (БИ);
С.С.Макаревич, доцент (БТИ им.С.М.Кирова);
Д.И.Любецкий, доцент (БТИ им.С.М.Кирова).

В пособии изложена методика расчета устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок с помощью ЭВМ "Мир-2" и методика аналитического расчета устойчивости откосов высоких насыпей, расположенных на горизонтальном участке, на косогоре, когда насыпь подтопляемая, а также имеет внешнюю нагрузку и откосы с переменным заложением, т.е. рассмотрены расчетные схемы, которые наиболее часто встречаются в практике проектирования и строительства дорог.

Методическое пособие предназначено для студентов автомобильно-дорожных, политехнических и лесотехнических (технологических) институтов специальности "Автомобильные дороги" и "Лесинженерное дело", а также для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и строительством высоких насыпей и глубоких выемок.

М 31801 - 089 I - 78
М339 - 78

© Белорусский технологический институт им.С.М.Кирова, 1978.

1. Общие положения

Земляное полотно дороги должно быть прочным, устойчивым и долговечным независимо от погодно-климатических условий местности и времени года. В связи с этим при проектировании принятые параметры земляного полотна должны быть проверены расчетом.

Настоящие Методические рекомендации рассматривают вопросы проектирования земляного полотна, возводимого из глинистых или песчаных грунтов в следующих случаях:

для насыпей:

- а) высотой до 6 м и более;
- б) с переменным заложением откоса;
- в) на косогорах круче 1:3;
- г) пересекающих поймы рек, староречья, озера, заливы морей, при временном или постоянном их подтоплении;
- д) с учетом внешней нагрузки;

для выемок:

- а) глубиной до 12 м и более;
- б) с наклонным залеганием грунтовых слоев, прорезаемых выемкой, с уклоном их круче 1:3;
- в) в переувлажненных грунтах, при вскрытии водонасыщенных горизонтов.

В результате расчетов определяется устойчивость откосов насыпей и выемок против обрушения и оплывания; устойчивость насыпей на косогорах против скольжения по контактной поверхности.

При расчете устойчивости откосов земляного полотна должны быть учтены: нагрузки и силовые воздействия, отвечающие каждому конкретному случаю; геотехнические характеристики грунтов

тела и основания земляного полотна, а также условия работы земляного полотна в конкретной природной обстановке.

2. Нагрузки и коэффициенты

При расчете устойчивости высоких насыпей и глубоких выемок должны быть учтены следующие нагрузки (табл. I).

Таблица I

Наименование нагрузок и воздействий	Примечание
<p>I. Постоянные нагрузки и воздействия</p> <p>I. Собственный вес конструкции земляного полотна и дорожной одежды</p> <p>2. Отдельные сооружения и кавадьеры, расположенные вблизи бровок откосов выемок</p> <p>3. Гидростатические и гидродинамические воздействия</p> <p>II. Временные подвижные нагрузки</p> <p>I. Давление от воздействия временной подвижные нагрузки в виде эквивалентной нагрузки</p> <p>III. Прочие временные нагрузки и воздействия</p> <p>I. Сейсмическая нагрузка</p> <p>2. Строительные нагрузки</p>	<p>Для пойменных насыпей и открытых выемок</p> <p>Учитывается при балле сейсмичности 7-9</p> <p>Складирование строительных материалов и конструкций, размещение кранов и механизмов для устройства искусственных сооружений и дорожных покрытий</p>

Примечание. Нагрузки должны приниматься при расчетах в наиболее опасных сечениях, возможных при эксплуатации и строительстве.

Собственный вес земляного полотна определяется при нормальной плотности грунта насыпи; подвижная нагрузка - путем приведения ее к эквивалентному слою грунта земляного полотна. За расчетную принимается величина нормативной для заданной категории дороги гусеничной нагрузки - НГ при наиболее невыгодном ее расположении.

Сейсмические воздействия вводятся в расчет при проектировании земляного полотна в районах с сейсмичностью в 7 баллов и более. В этих случаях при расчете устойчивости откосов сила T , вызывающая обрушение, увеличивается на сейсмический коэффициент K_c , величина которого принимается по табл.2.

Таблица 2

Коэффициент сейсмичности K_c

Сейсмичность в баллах	Величина коэффициента сейсмичности K_c
7	1,03
8	1,05
9	1,10

Откос земляного полотна считается устойчивым, если в результате расчетов величина его не будет меньше значений, приведенных в табл.3.

Таблица 3

Коэффициент устойчивости

Категория автомобильной дороги	Грунты		
	песчаные с постоянной влажностью	глинистые с постоянной влажностью и песчаные с переменной влажностью	глинистые с переменной влажностью
I, II, III	1,2	1,4	1,5
Дороги IV-V категорий и временные сооружения, лесовозные дороги	1,1	1,2	1,3

3. Инженерно-геологические данные, необходимые для расчета устойчивости насыпей и выемок

В результате инженерно-геологических изысканий для индивидуального проектирования насыпей и выемок должны быть получены следующие данные:

- топографический план участка трассы в масштабе 1:200;
- геотехнический разрез по трассе в масштабе 1:200;
- границы расчетных слоев грунта с одинаковыми геотехническими свойствами;
- расчетные физико-механические характеристики каждого выделенного на разрезах расчетного слоя, а также карьерных грунтов, применяемых для возведения насыпи, а именно: влажность и объемный вес грунта при его плотности, соответствующей естественным условиям залегания; расчетные значения угла внутреннего трения и сцепления и т.д.

При проведении расчетов на стадии проектного задания расчетные характеристики могут быть определены по данным общей геотехнической оценки грунтов с использованием соответствующих справочных таблиц и графиков (см. табл.4).

Таблица 4

Значение расчетных характеристик грунтов

Грунт	Характеристика грунта	Расчетная характеристика грунта при относительной влажности (доли границы текучести)						
		0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
Песок: крупный и гравелистый	угол внутреннего трения φ , град.	43	43	43	43	43	43	43
средней крупности	"	40	40	40	40	40	40	40
мелкий	"	38	38	38	38	38	38	38
пылеватый	"	36	36	36	36	36	36	36
Супесь: легкая	угол внутреннего трения φ , град. сцепление c , кН/м ²	40 0	40 0	40 0	40 0	40 0	40 0	40 0

Продолжение табл. 4

Грунт	Характеристика грунта	Расчетная характеристика грунта при относительной влажности (доли границы текучести)						
		0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
легкая (непылеватая)	угол внутреннего трения φ , град. сцепление c , кН/м ²	35	35	34	34	33	0	0
		12	11	10	9	8	0	0
пылеватые суглинки и глины	угол внутреннего трения φ , град. сцепление c , кН/м ²	24	21	18	15	13	11	10
		32	26	19	15	10	7	5

Таблица 5

Объемная масса песчаного грунта

Песчаный грунт	Объемная масса песка, т/м ³	
	средней плотности	плотного
Пылеватый	1,92	2,0
Мелкозернистый	1,92	2,0
Среднезернистый	1,94	2,0
Разнозернистый	1,96	2,05
Крупнозернистый	1,98	2,05
С гравием и галькой	2,0	2,1

Таблица 6

Объемная масса глинистого грунта

Состояние глинистого грунта	Объемная масса грунта, т/м ³		
	Глина	Суглинок	Супесь
Твердое	2,15	2,15	2,05
Полутвердое	2,10	2,10	2,00
Тугопластичное	2,05	2,0	1,95
Мягкопластичное	1,95	1,9	1,90
Текучепластичное	1,9	1,85	1,85
Текучее	1,8	1,8	1,80

Параметры земляного полотна приведены в табл.7, 8, 9.

Таблица 7

Ширина земляного полотна и проезжей части

Виды дорог	Ширина, м					
	при равнинном и холмистом рельефе			при горном рельефе и других сложных условиях		
	земляного полотна, <i>в</i>	проезжей части, <i>б</i>	обочины, <i>а</i>	земляного полотна, <i>в</i>	проезжей части, <i>б</i>	обочины, <i>а</i>
Магистральные дороги						
I категории	10	7	1,5	9	7	1,0
II категории	8	6	1,0	8	6	1,0
III категории	5,5	4	0,75	5	4	0,5

Таблица 8

Крутизна откосов насыпей

Характеристика насыпей	Высота насыпи	Крутизна откосов (заложение 1:м)
Насыпи из камня слабоветривающихся пород	до 6 м от 6 до 20 м	1:1 - 1:1,3 1:1,3 - 1:1,5
Насыпи из круглого и средней крупности песков, гравия, гальки, щебенистых и дресвяных грунтов слабоветривающихся пород	до 12 м	1:1,5
Насыпи из прочих грунтов, годных для отсыпки земляного полотна:		
при высоте насыпи до 6 м	до 6 м	1:1,5
при высоте насыпи до 12 м в верхней части высотой в нижней части высотой	до 6 м от 6 до 12 м	1:1,5 1:1,75

Таблица 9

Крутизна откосов выемок глубиной до 12 м

Характеристика выемок	Крутизна откосов (заложение I:m)
Выемки в глинистых и песчаных грунтах однородных	I:I,5
Выемки в сухих лёссах в условиях засушливого климата	от I:0,1 до I:0,5
Выемки в лёссах в других случаях	от I:0,5 до I:1,5
Выемки в крупнообломочных грунтах в зависимости от характера напластования, свойств грунтов и высоты откосов	от I:I до I:I,5
Выемки в слабовыветривающейся скале при отсутствии трещиноватости и наклона пластов в сторону полотна	I:0,2
Прочие скальные выемки в зависимости от свойств грунтов, характера напластований их и высоты откосов	от I:0,2 до I:1,5

Примечание. Крутизна откосов выемок глубиной более 12 м назначается по индивидуальным проектам.

Значения вспомогательных углов δ' и β (см. рис.4), необходимых для нахождения положения центра кривой скольжения, в зависимости от заложения откосов (I:m), угла наклона откоса α , принимаются по табл.10.

Таблица 10

Значения углов δ' и β

Заложение откосов, I:m	Угол наклона откоса, α	Значение углов, град	
		δ'	β
I:1	45°	28	37
I:1,5	33°41'	26	35
I:2	26°41'	25	35
I:3	18°25'	25	35
I:4	14°03'	25	36
I:5	11°19'	25	37

При нахождении минимального значения коэффициента устойчивости (табл.3) для заданной конструкции земляного полотна необходимо произвести расчет при различных значениях углов δ' и β .

т.е. определить коэффициент устойчивости при изменении угла β в пределах от 25° до 60° через 1° , а угол β от 30° до 40° через $0,5^\circ$.

4. Расчет устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок

4.1. Сущность задачи расчета устойчивости высоких насыпей и глубоких выемок

Задача расчета устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок заключается в поиске такого положения линии (поверхности) скольжения (рис.1), при которой получают минимальный коэффициент устойчивости, однако значение его не должно быть меньше данных, приведенных в табл.3.

Эта задача является весьма сложной. Сложность ее заключается в том, что при расчете устойчивости откосов необходимо учитывать многочисленные факторы и требования, выполнять многочисленные и трудоемкие расчеты для анализа каждого варианта расположения поверхности скольжения. При этом в расчетах принимается, что сползание грунта происходит по определенной (круглоцилиндрической, плоской или составной) поверхности скольжения.

Поверхность скольжения считается:

- круглоцилиндрической для всех связных грунтов при крутизне откоса менее 60° (рис.2а);
- плоской:
 - а) для несвязных грунтов;
 - б) для всех грунтов при крутизне откоса более 60° (рис.2б);
 - в) для насыпей на косогорах, если грунт основания имеет большее сопротивление сдвигу, чем грунт насыпи (рис.2в);
 - г) при обнажении откосом выемки слоев плотного грунта с кровлей, наклонной в сторону откоса (рис.2г);
- составной при наличии кровли плотного слоя ниже подошвы насыпи или дна выемки (рис. 2д).

Определение формы и центра кривой поверхности скольжения, при которой коэффициент устойчивости будет минимальным, проводится методом последовательного приближения с повторением расчета устойчивости для нескольких поверхностей с наиболее не-

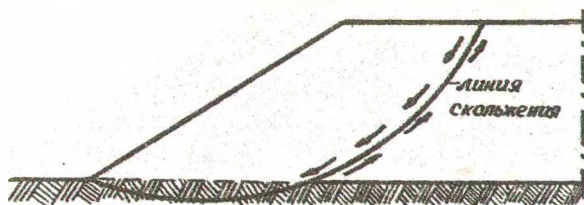


Рис.1. Расчетная схема

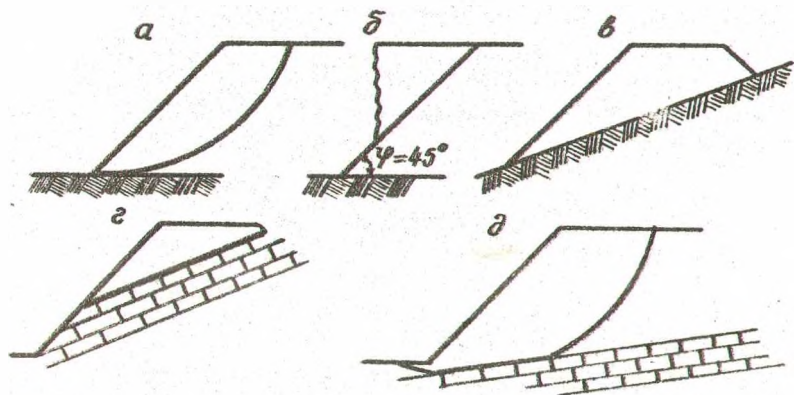


Рис.2. Типы поверхностей скольжения

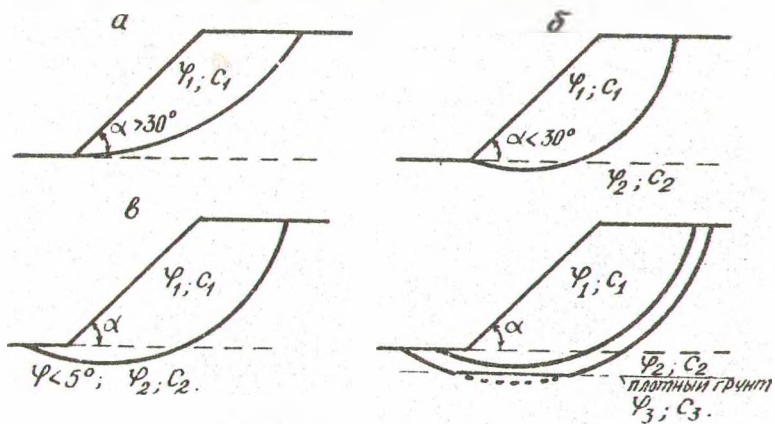


Рис.3. Положение дуги скольжения по отношению к откосу

выгодным ее положением.

В тех случаях, когда отсутствует уверенность в форме поверхности скольжения, то при расчетах следует проверить устойчивость откосов по всем поверхностям скольжения и за основу взять наихудший.

Положение поверхности скольжения считается критическим:

а) если угол откоса больше 30° , а сопротивление сдвигу грунта не снижается по глубине. Критическая поверхность скольжения выходит через подошву откоса, не заглубляясь в основание (рис. 3а);

б) если угол откоса меньше 30° . Критическая поверхность скольжения выходит через подошву откоса с захватом основания (рис. 3б, в). При наличии на некоторой глубине слоя плотных грунтов поверхность скольжения касается их кровли.

В мягких глинистых грунтах, когда глубина залегания плотных пород не превышает половины высоты откоса, следует дополнительно проводить проверку устойчивости по схеме "плоского сдвига", по составной поверхности скольжения, когда часть кривой заменяется прямой, проходящей по кровле плотных пород (рис. 3г).

Изложенное выше показывает, что на практике при расчете устойчивости откосов земляного полотна могут быть следующие случаи:

1. Земляное полотно расположено на горизонтальной площадке не круче 1:3, и обрушение откоса происходит:

- а) по круглоцилиндрической поверхности скольжения;
- б) по плоской поверхности скольжения.

2. Земляное полотно расположено на косогоре круче 1:3.

3. Земляное полотно высотой более 6 м, и откос имеет переменное заложение.

5. Аналитический способ расчета устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок

5.1. Насыпь расположена на горизонтальном участке, а обрушение откоса происходит по круглоцилиндрической поверхности скольжения (рис. 4).

Расчет ведут в следующей последовательности:

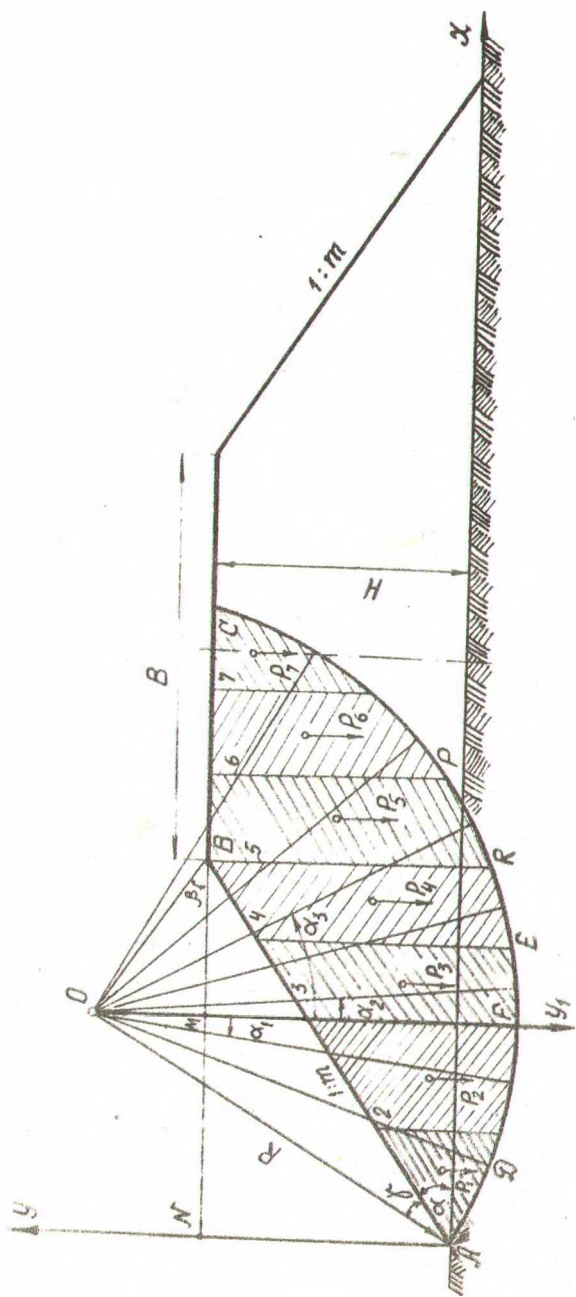


Рис. 4. Расчетная схема для круглоцилиндрической поверхности скольжения

1. По табл. 10 в зависимости от заложения откоса m (табл. 8, 9) находят значения углов α , δ , β (рис. 4).

2. Определяют радиус кривой скольжения R (рис. 4) по формуле:

$$R = \frac{H\sqrt{1+m^2} \sin(\alpha+\beta)}{\sin(\alpha+\beta+\delta)}, \quad (1)$$

где H — высота насыпи или глубина выемки, м;

m — заложение откоса;

α — угол откоса, град;

β , δ — вспомогательные углы, необходимые для нахождения положения критического центра кривой скольжения, град.

3. Выбирают систему координат, расположив начало ее в точке A (рис. 4). Затем определяют координаты x_0 и y_0 центра кривой скольжения (точка O) по уравнениям:

$$x_0 = R \cos(\alpha + \delta), \quad (2)$$

$$y_0 = R \sin(\alpha + \delta), \quad (3)$$

4. Через точку O (центр кривой скольжения) проводят новую ось ординат Oy_1 , которая находится от оси Oy на расстоянии x_0 (рис. 4).

5. Определяют расстояние MB от оси Oy_1 до бровки земляного полотна

$$MB = mH - x_0. \quad (4)$$

6. Находят расстояние BC от бровки земляного полотна (точка B) до места выхода кривой скольжения (точка C рис. 4)

$$BC = [x_0 + \sqrt{R^2 - (y_0 - H)^2}] - mH, \quad (5)$$

7. Делят полученные расстояния x_0 , MB и BC на k равных частей и для каждого полученного сектора (заштрихован на рис. 4) вычисляют его площадь

$$F = \int_F dF_i, \quad (6)$$

где $dF_i = y dx$; (7)

y - уравнение прямой и кривой, ограничивающей рассматриваемый отсек:

Уравнения прямых AB , BC и кривой AC имеют следующий вид:

- уравнение прямой AB : $y = \frac{x}{m}$; (8)

- уравнение прямой BC : $y = H$; (9)

- уравнение кривой AC : $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$. (10)

Подставляя в уравнение (7) вместо y его значения, получим площади секторов: F_1 - площадь секторов, расположенная слева от оси Oy , и ограниченная частью прямой AB и кривой AC ; F_2 - площадь секторов, расположенная справа от оси Oy , и ограниченная прямой AB и кривой AC ; F_3 - площадь секторов, ограниченная прямой BC и кривой AC .

$$F_1 = \frac{1}{2m} [(c + z_1)^2 - c^2] - y_0 z_1 + \frac{1}{2} R^2 \left(\arcsin \frac{c + z_1 - x_0}{R} - \arcsin \frac{c - x_0}{R} \right) + \frac{c + z_1 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c + z_1 - x_0)^2} - \frac{c - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c - x_0)^2}, \quad (11)$$

где c изменяется от 0 до $(k-1)z_1$, с шагом $z_1 = \frac{x_0}{k}$.

$$F_2 = \frac{1}{2m} [(c_1 + z_2)^2 - c_1^2] - y_0 z_2 + \frac{R^2}{2} \left(\arcsin \frac{c_1 + z_2 - x_0}{R} - \arcsin \frac{c_1 - x_0}{R} \right) + \frac{c_1 + z_2 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_1 + z_2 - x_0)^2} - \frac{c_1 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_1 - x_0)^2}, \quad (12)$$

где c_1 изменяется от x_0 до $(k-1)z_2 + x_0$, с шагом $z_2 = \frac{MB}{k}$.

$$F_3 = H z_3 - y_0 z_3 + \frac{R^2}{2} \left(\arcsin \frac{c_2 + z_3 - x_0}{R} - \arcsin \frac{c_2 - x_0}{R} \right) + \frac{c_2 + z_3 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_2 + z_3 - x_0)^2} - \frac{c_2 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_2 - x_0)^2}, \quad (13)$$

где C_2 изменяется от x_2 до $(\kappa-1)z_3 + NC - BC$ с шагом

$$z_3 = \frac{BC}{\kappa}.$$

8. Определяют вес каждого сектора по формуле:

$$P_i = F_i \delta g, \quad (14)$$

где δ - объемная масса грунта, т/м³.

9. Определяют углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$, которые лежат между осью Oy , и лучами, соединяющими середины соответствующих секторов:

$$\alpha_1 = \kappa \Phi_1 - \frac{2S-1}{2} \Phi_1; \quad (15)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{2} \Phi_2 - (S-1) \Phi_2; \quad (16)$$

$$\alpha_3 = \kappa \Phi_2 + \frac{1}{2} \Phi_3 + (S-1) \Phi_3, \quad (17)$$

где S изменяется от единицы до κ ;

Φ_1, Φ_2, Φ_3 - центральные углы, соответствующие дугам AD, FE, RP (рис. 4);

$$\Phi_1 = \arcsin \frac{z_1 - x_0}{R} + \arcsin \frac{x_0}{R}; \quad (18)$$

$$\Phi_2 = \arcsin \frac{z_2}{R}; \quad (19)$$

$$\Phi_3 = \arcsin \frac{z_3 - x_0 + x_0}{R} - \arcsin \frac{x_0 - x_0}{R}. \quad (20)$$

10. Определяют полную длину кривой скольжения L

$$L = R \left(\arcsin \frac{NC - x_0}{R} + \arcsin \frac{x_0}{R} \right). \quad (21)$$

II. Определяют коэффициент устойчивости

$$\kappa = \frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \delta (\Sigma F_1 \cos \alpha_1 + \Sigma F_2 \cos \alpha_2 + \Sigma F_3 \cos \alpha_3) + \frac{cL}{\varphi}}{\delta (\Sigma F_3 \sin \alpha_3 + \Sigma F_2 \sin \alpha_2 - \Sigma F_1 \sin \alpha_1)}, \quad (22)$$

где φ - угол внутреннего трения, град;

δ - объемная масса грунта, т/м³;

F_1, F_2, F_3 - площади секторов, м²;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ - углы, лежащие между осью Oy и лучами, соединяющими середины соответствующих секторов, град;

c - удельное сцепление грунта, кН/м²;

L - длина кривой скольжения, м;

g - ускорение свободного падения, м/с².

12. В дальнейшем необходимо поменять положение центра кривой скольжения (точка O). Для этого изменяют значения углов δ и β , как указано в примечании к табл. 10, и опять определяют коэффициент устойчивости. Расчеты ведут до тех пор, пока не будет найдено минимальное значение коэффициента устойчивости.

5.2. Насыпь расположена на горизонтальном участке, а обрушение откоса происходит по "плоской" поверхности скольжения (рис. 5) (грунты однородные).

Расчет ведут в следующей последовательности:

1. Определяют вес грунта на I п.м. длины оползающего клина ABC (рис. 5)

$$P = F \delta g, \quad (23)$$

где g - ускорение, 9,81 м/с²;

F - площадь оползающего клина грунта, м²;

δ - объемная масса грунта, т/м³.

При плоской поверхности скольжения в однородных грунтах разбивка на отсеки не производится. При наличии неоднородных слоев для каждого пласта определяется его вес.

2. Находят площадь оползающего клина грунта ABC (рис. 5)

$$F = \frac{H\sqrt{1+m^2}}{2} \sqrt{[mH+(B-x)]^2 + H^2 \sin \left\{ \alpha \operatorname{ctg} \left(\frac{1}{m} \right) - \alpha \operatorname{ctg} \left[\frac{H}{mH+(B-x)} \right] \right\}}, \quad (24)$$

где H - высота насыпи, м;
 m - заложение откоса;
 B - ширина земляного полотна, м;
 x - текущая координата (рис.5), которая изменяется от 0 до B , м;
 α - угол наклона откоса, град.

3. Находят силы N и T

N - составляющая веса грунта, направленная перпендикулярно поверхности скольжения,

$$N = P \cos \psi; \quad (25)$$

T - составляющая веса грунта, параллельная поверхности скольжения,

$$T = P \sin \psi, \quad (26)$$

где ψ - угол отклонения нормальной силы от вертикали, в данном случае он равен углу наклона поверхности скольжения к горизонту

$$\psi = \arctg \left[\frac{H}{mH + (B-x)} \right]. \quad (27)$$

4. Определяют длину поверхности скольжения

$$L = \sqrt{[mH + (B-x)]^2 + H^2}. \quad (28)$$

Если $x = 0$, то поверхность скольжения захватывает всю ширину земляного полотна, а если $x = B$, то она равна длине линии откоса AB и обрушения не произойдет.

5. Определяют коэффициент устойчивости

$$K = \frac{N \operatorname{tg} \varphi + \frac{cL}{g}}{T}, \quad (29)$$

где φ - угол внутреннего трения, град;

c - удельное сцепление, кН/м².

6. Чтобы найти минимальное значение коэффициента устойчи-

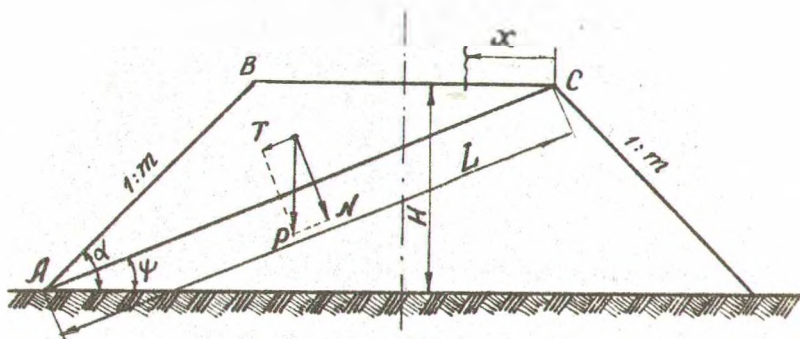


Рис.5. Расчетная схема для плоской поверхности скольжения

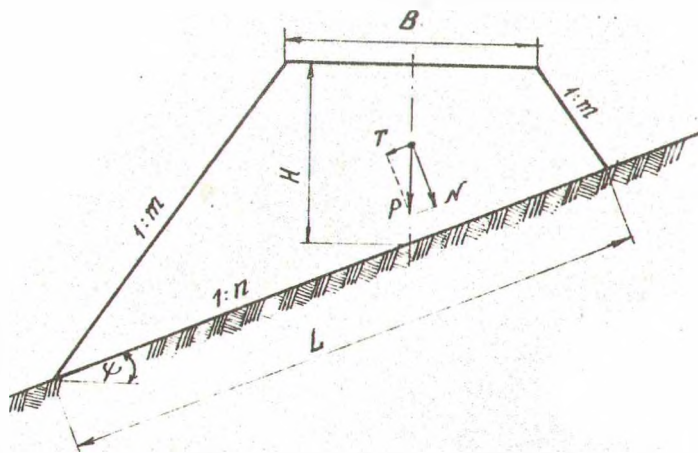


Рис.6. Расчетная схема для насыпи, расположенной на косогоре

ности, задают различное значение текущей координате x и для каждого принятого значения x находят K .

5.3. Насыпь расположена на косогоре круче 1:3, сползание происходит по поверхности контакта (рис.6).

Расчет ведут в следующем порядке:

1. Определяют вес насыпи (на 1 п.м. длины)

$$P = F \delta g, \quad (30)$$

где δ - объемная масса грунта, т/м³;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

F - площадь поперечного сечения насыпи, м², определяемая по следующей формуле

$$F = \frac{(BH + mH^2) + 0,25 \frac{m}{n^2} B^2}{1 - \frac{m^3}{n^2}}, \quad (31)$$

где B - ширина земляного полотна, м;

H - высота земляного полотна, м;

m - заложение откосов насыпи;

n - заложение косогора.

2. Находят длину поверхности контакта L (рис.6)

$$L = \left(\frac{B}{2} + mH \right) \frac{2n\sqrt{n^2+1}}{n^2 - m^2}. \quad (32)$$

3. Определяют коэффициент устойчивости насыпи

$$K = \frac{P \cos \psi \operatorname{tg} \varphi + \frac{cL}{g}}{P \sin \psi}, \quad (33)$$

где φ - угол внутреннего трения, град;

ψ - угол наклона местности, град;

c - удельное сцепление, кН/м².

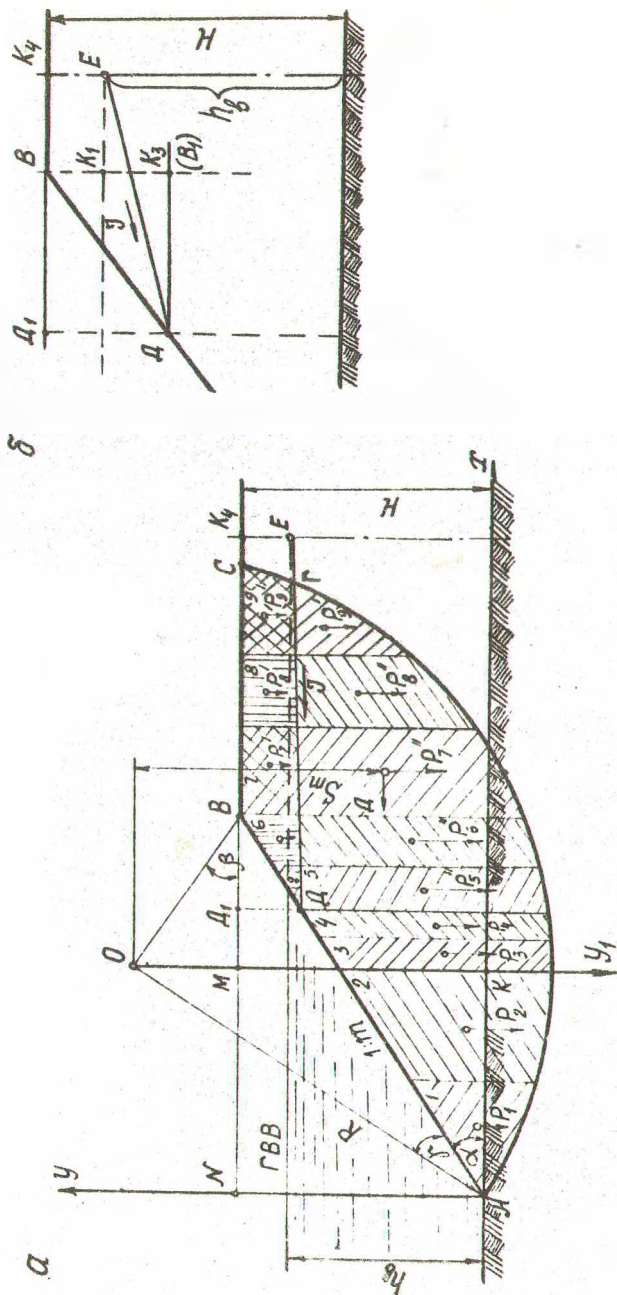


Рис. 7. Подтопленная насыпь: а) расчетная схема; б) деталь расчетной стены

5.4. Подтопляемая насыпь. обрушение откоса происходит по круглоцилиндрической поверхности скольжения (рис.7).

Расчет ведут в следующей последовательности:

1. По табл.10 в зависимости от заложения откоса m (табл. 8, 9) находят значения углов α , γ , β (рис.7).

2. Определяют радиус кривой скольжения R по формуле (1) и координаты центра кривой скольжения x_0 и y_0 точки O по формулам (2) и (3). Производят построение, как указано в п.4 с. 14.

3. Продолжают линию горизонта высоких вод ($ГВВ$) до пересечения с осью насыпи (точка E). Из точки E проводят линию депрессии $ДГЕ$ (рис.7) под углом, равным гидравлическому градиенту J , который принимают в зависимости от вида грунта:

для песчаных крупнозернистых грунтов $J = 0,003-0,006$,

для песков $J = 0,006-0,020$,

для супесчаных грунтов $J = 0,020-0,050$,

для суглинистых грунтов $J = 0,05-0,100$,

для глинистых грунтов $J = 0,100-0,150$,

для тяжелых глинистых грунтов $J = 0,150-0,200$,

для торфяных грунтов $J = 0,020-0,120$.

4. Определяем расстояние AK

$$AK = x_0 = R \cos(\alpha + \gamma).$$

5. Находим расстояние MD_1 (рис. 7а), т.е. расстояние от оси Oy_1 до места выхода линии депрессии $ДГЕ$ на откос (точка D)

$$MD_1 = \left\{ h_g - J \left[\frac{B}{2} + (H - h_g)m \right] \right\} m - x_0, \quad (34)$$

где h_g - глубина воды у откоса насыпи, м;

J - гидравлический градиент;

B - ширина земляного полотна, м;

H - высота насыпи, м;

m - заложение откоса;

x_0 - координата центра кривой скольжения, м.

6. Определяют расстояние D_1B от точки D_1 до бровки земляного полотна (точка B) (рис. 7б)

$$\begin{aligned}
 D_1 K_4 = y &= \frac{B}{2} + mH - x_0 - MD_1, \\
 DK_3 = y_1 = DB &= [H - h_g + D_1 K_4 \cdot J] \cdot m.
 \end{aligned}
 \tag{35}$$

7. Находят расстояние BC от бровки земельного полотна (точка B) до места выхода кривой скольжения (точка C , рис. 7а) по формуле (5).

8. Делим полученные расстояния x_0, MD_1, y , и BC на K равных частей и для каждого полученного сектора (заштрихован на рис. 7) вычисляем его площадь. Причем для секторов 5, 6, 7, 8, 9 находят площади отдельно для секторов, лежащих выше и ниже линии депрессии DGE .

Площадь секторов 1, 2, лежащих левее оси Oy_1 , находится по формуле (II) с.15, а для секторов 3, 4, лежащих правее оси Oy_1 , в пределах MD_1 , по формуле (I2) с.15.

Площадь секторов 5, 6, лежащих в пределах DB , находят по формулам:

а) для части сектора, лежащего выше линии депрессии DGE , (рис. 7)

$$F_{5,6}^1 = \frac{1}{2m(1+Jm)} [(C_2 + z_2')^2 - C_2^2] - h_g z_2' - J \left[\frac{B}{2} + (H - h_g)m \right] z_2'; \tag{36}$$

б) для части сектора, лежащего ниже линии депрессии, (рис. 7)

$$\begin{aligned}
 F_{5,6}^2 &= \frac{1}{2m(1+Jm)} [(C_2 + z_2')^2 - C_2^2] - y_0 z_2' + \frac{R^2}{2} (a z c \sin \frac{C_2 + z_2' - x_0}{R} - \\
 &- a z c \sin \frac{C_2 - x_0}{R}) + \frac{C_2 + z_2' - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (C_2 + z_2' - x_0)^2} - \\
 &- \frac{C_2 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (C_2 - x_0)^2} + h_g z_2' + J z_2' \left[\frac{B}{2} + (H - h_g)m \right],
 \end{aligned}
 \tag{37}$$

где C_2 изменяется от $(x_0 + MD_1)$ до $[(K-1)z_2' + x_0 + MD_1]$ с шагом $z_2' = \frac{DB}{K}$.

Площадь секторов 7, 8, 9, лежащих в пределах BC , опре-

деляют по формулам:

а) для части сектора, лежащего выше линии депрессии DGE

$$F_{7,8,9}^{-1} = (H-h_g)z'_3; \quad (38)$$

б) для части сектора, лежащего ниже линии депрессии DGE

$$F_{7,8,9}^+ = Hz'_3 - y_0 z'_3 + \frac{R^2}{2} \left(\arcsin \frac{c_3 + z'_3 - x_0}{R} - \arcsin \frac{c_3 - x_0}{R} \right) + \\ + \frac{c_3 + z'_3 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_3 + z'_3 - x_0)^2} - \frac{c_3 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_3 - x_0)^2} - \\ - (H-h_g)z'_3, \quad (39)$$

где c_3 изменяется от $NB = AK + MD_1 + D_1B$ до $(\kappa - 1)z'_3 + NB$
с шагом $z'_3 = \frac{BC}{\kappa}$.

9. Определяют углы $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$, образуемые осью Oy и радиусом, проходящим через точку пересечения направления действия силы P_i с кривой скольжения,

а) для секторов, лежащих слева от оси,

$$\alpha_1 = \kappa \phi_1 - \frac{2S-1}{2} \phi_1, \quad (40)$$

где S - изменяется от единицы до κ ;

$$\phi_1 = \arcsin \frac{z'_0 - x_0}{R} + \arcsin \frac{x_0}{R},$$

$$z'_0 = \frac{AK}{\kappa};$$

б) для секторов 3, 4, лежащих справа от оси Oy , в пределах расстояния MD_1 ,

$$\alpha_2 = \frac{1}{2} \phi_2 - (s-1) \phi_2, \quad (41)$$

где $\phi_2 = \arcsin \frac{z'_1}{R}$,

$$z'_1 = \frac{MD_1}{\kappa};$$

в) для секторов 5, 6, лежащих справа от оси Oy_1 в пределах расстояния D_1B ,

$$\alpha_3 = \frac{1}{2} \phi_3 - (s-1)\phi_3 + \kappa \phi_2, \quad (42)$$

где $\phi_3 = \arcsin \frac{z'_2}{R},$

$$z'_2 = \frac{D_1B}{\kappa};$$

г) для секторов 7, 8, 9, лежащих в пределах BC ,

$$\alpha_4 = \kappa \phi_4 + \frac{1}{2} \phi_4 + (s-1)\phi_4, \quad (43)$$

где $\phi_4 = \arcsin \frac{z'_3 - x_0 + MD_1 + D_1B}{R} - \arcsin \frac{MD_1 + D_1B - x_0}{R},$

$$z'_3 = \frac{BC}{\kappa}.$$

Ю. Определяют плечо гидравлического давления S_m относительно центра кривой скольжения (см. рис.7)

$$S_m = y_0 - \frac{1}{2} \left[\frac{B}{2} + mH - (\kappa_1 - 0,5)z_1 \right] \frac{h_0}{mH + \frac{B}{2}} \quad (44)$$

где κ_1 - количество секторов, для нашего случая (рис.7)

$$\kappa_1 = 1; 2; 3; \dots 9.$$

z_1 - соответственно ширина сектора, равная для секторов, лежащих слева от оси Oy_1 ; $z_1 = z'_0$;

для секторов, лежащих справа от оси Oy_1 в пределах MD_1 ; $z_1 = z'_1$ и т.д.

II. Находят длину кривой скольжения ℓ_1 в пределах сухого грунта ($\ell_1 = GC$ - рис.7)

$$\ell_1 = (H - h_0) + \left(\frac{B}{2} - BC \right) \gamma \quad (45)$$

12. Находят длину кривой скольжения ℓ_2 в пределах водонасыщенного грунта ($\ell_2 = GA$, рис.7)

$$c_2 = R \left(\arcsin \frac{NC - x_0}{R} + \arcsin \frac{x_0}{R} \right) - (H - h_0) - \left(\frac{B}{2} - BC \right) J. \quad (46)$$

13. Определяют коэффициент устойчивости

$$K = \frac{R \operatorname{tg} \varphi_N \sum_{n=1}^k F_n \delta \cos \alpha_n + R \operatorname{tg} \varphi_M \sum_{m=1}^k F_m \delta_{2\beta} \cos \alpha_m + \frac{(c_1 \rho_1 + c_2 \rho_2) R}{g}}{R \sum_{n=1}^k \delta F_n \sin \alpha_n + R \sum_{m=1}^k F_m \delta_{2\beta} \sin \alpha_m + \sum J F_m \delta_{\beta}^* S_m}, \quad (47)$$

где R - радиус кривой скольжения, м;

F_n - площадь секторов, расположенных выше линии депрессии DGE (рис.7), в нашем случае сектор 5, 6, 7, 8, 9;

F_m - то же, ниже линии депрессии DGE , сектора 1, 2, 3, ... 9;

α_n, α_m - углы, образуемые осью Oy , и лучом, проходящим через точку пересечения направления действия сил P (рис. 7), соответственно для сухого и водонасыщенного грунта, определяемые в соответствии с формулами (40-43);

φ_N, φ_M - угол внутреннего трения, соответственно сухого и водонасыщенного грунта, град;

$\delta, \delta_{2\beta}$ - объемная масса сухого и водонасыщенного грунта, т/м³;

c_1, c_2 - удельное сцепление, соответственно сухого и водонасыщенного грунта, кН/м²;

J - гидравлический градиент;

δ_{β}^* - удельная масса воды, т/м³;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

S_m - плечо гидравлического давления относительно центра кривой скольжения, м.

5.5. Насыпь высотой более 6 м, с переменным заложением откосов (рис.8).

Расчет устойчивости насыпи с переменным заложением откосов производят в два этапа:

I-й этап. Определяют устойчивость верхней части насыпи (рис.8), расположенной выше 6 м, аналогично изложенному (см.5.1 и 5.2).

2-ой этап. Определяют устойчивость нижней части насыпи (рис.8), заменив верхнюю часть насыпи дополнительной нагрузкой. Расчет ведут в следующей последовательности:

1. Заменяют трапециевидное сечение верхней части насыпи прямоугольным (рис.9). Для этого определяют высоту равновеликого прямоугольника

$$h = \frac{(B+m_1H_1)H_1}{2m_1H_1+B} \quad (48)$$

2. Расчет устойчивости нижней части насыпи ведут аналогично изложенному (см. 5.1 и 5.2) с учетом следующего:

Если обрушение происходит по круглоцилиндрической поверхности обрушения, то площадь секторов, расположенных в пределах BC должна быть определена не по формуле (13), а по следующей:

$$F_3 = \left[H_2 - \frac{(B+m_1H_1)H_1}{2m_1H_1+B} \right] z_3 - y_0 z_3 + \frac{R^2}{2} \left(\alpha z c \sin \frac{c_2+z_3-x_0}{R} - \alpha z c \sin \frac{c_2-x_0}{R} \right) + \frac{c_2+z_3-x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_2+z_3-x_0)^2} - \frac{c_2-x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_2-x_0)^2} \quad (49)$$

где c_2 изменяется от $(NC-BC)$ до $(\kappa-1)z_3 + NC - BC$
с шагом $z_3 = \frac{BC}{\kappa}$.

Если обрушение происходит по "плоской" поверхности скольжения (см. рис.5), то площадь оползающего клина грунта должна быть определена не по формуле (24), а по следующей:

$$F = \frac{H\sqrt{1+m^2}}{2} \sqrt{[mH+(B-x)]^2 + H^2} \cdot \sin \left\{ \alpha z c t g \left(\frac{1}{m} \right) - \alpha z c t g \left[\frac{H}{mH+(B-x)} \right] \right\} + \frac{(B+m_1H_1)H_1}{2m_1H_1+B} (B-x), \quad (50)$$

где x - текущая координата, которая изменяется от 0 до $(B+2m_1H_1)$.

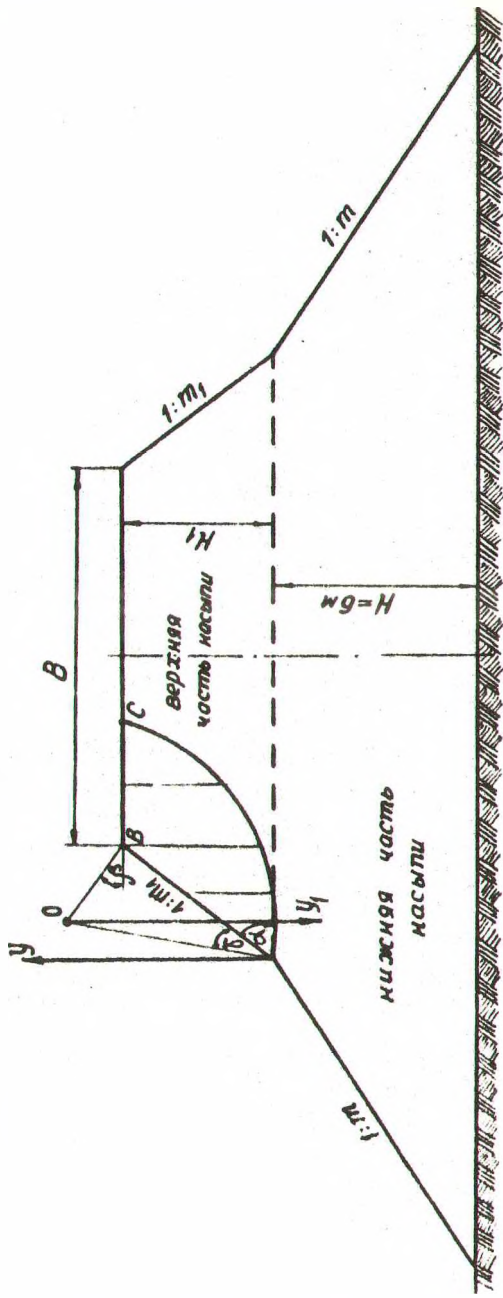


Рис. 8. Насыпь с переменным заложением откосов

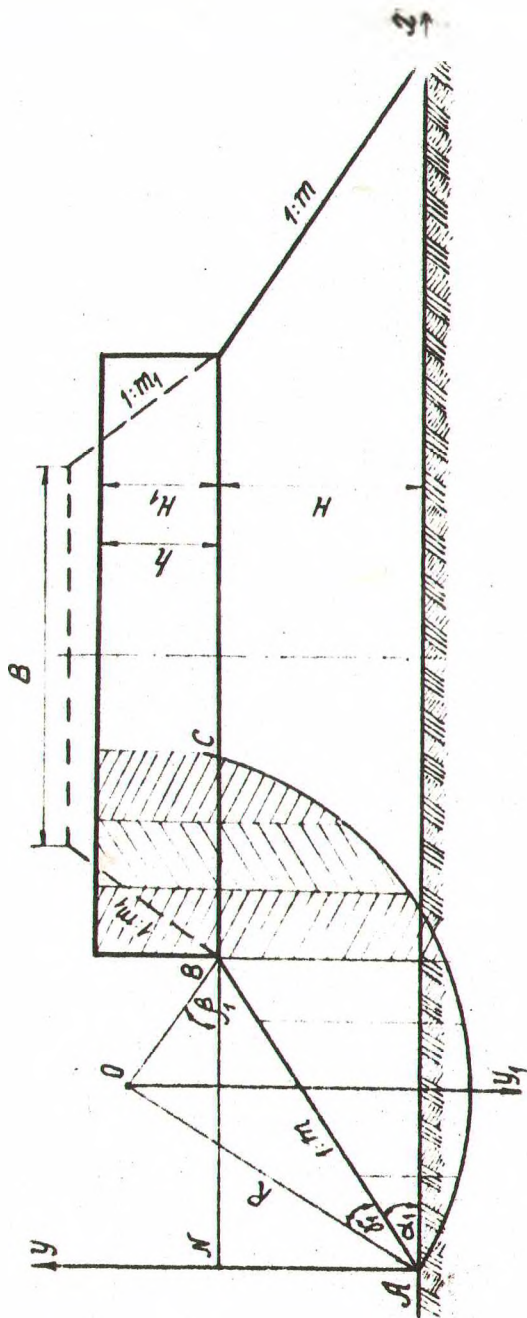


Рис. 9. Расчетная схема для насыпи с переменным заложением откосов

5.6. Расчет устойчивости откосов высоких насыпей с учетом воздействия внешней нагрузки (рис.10).

Расчет устойчивости откосов высоких насыпей с учетом воздействия внешней нагрузки ведут следующим образом:

I. Заменяют внешнюю нагрузку равнодействующим слоем грунта высотой h , которая определяется по формуле:

$$h = \frac{P_a}{\delta g BC} \text{ м,} \quad (51)$$

где P_a - вес автопоезда, кН;

BC - см.рис.10, м;

δ - объемная масса грунта, т/м³;

g - ускорение свободного падения, м/с².

2. Расчет устойчивости ведут аналогично изложенному (см. 5.1 или 5.2) с учетом следующего:

Если обрушение происходит по круглоцилиндрической поверхности скольжения, то площадь секторов, расположенных в пределах BC , должна быть определена не по формуле (13), а по следующей:

$$F_3 = \left[H + \frac{P_a}{\delta g BC} \right] z_3 - y_0 z_3 + \frac{R^2}{2} \left(\arcsin \frac{c_2 + z_3 - x_0}{R} - \arcsin \frac{c_2 - x_0}{R} \right) + \frac{c_2 + z_3 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_2 + z_3 - x_0)^2} - \frac{c_2 - x_0}{2} \sqrt{R^2 - (c_2 - x_0)^2}, \quad (52)$$

где c_2 изменяется от $(NC - BC)$ до $(\kappa - 1)z_3 + NC - BC$

с шагом $z_3 = \frac{BC}{\kappa}$.

Если обрушение происходит по "плоской" поверхности скольжения (см. рис.5), то площадь оползающего клина грунта должна быть определена не по формуле (24), а по следующей формуле:

$$F = \frac{HV\sqrt{1+m^2}}{2} \sqrt{[mH + (B-x)]^2 + H^2} \cdot \sin \left\{ \arctg \left(\frac{1}{m} \right) \right\} \quad (53)$$

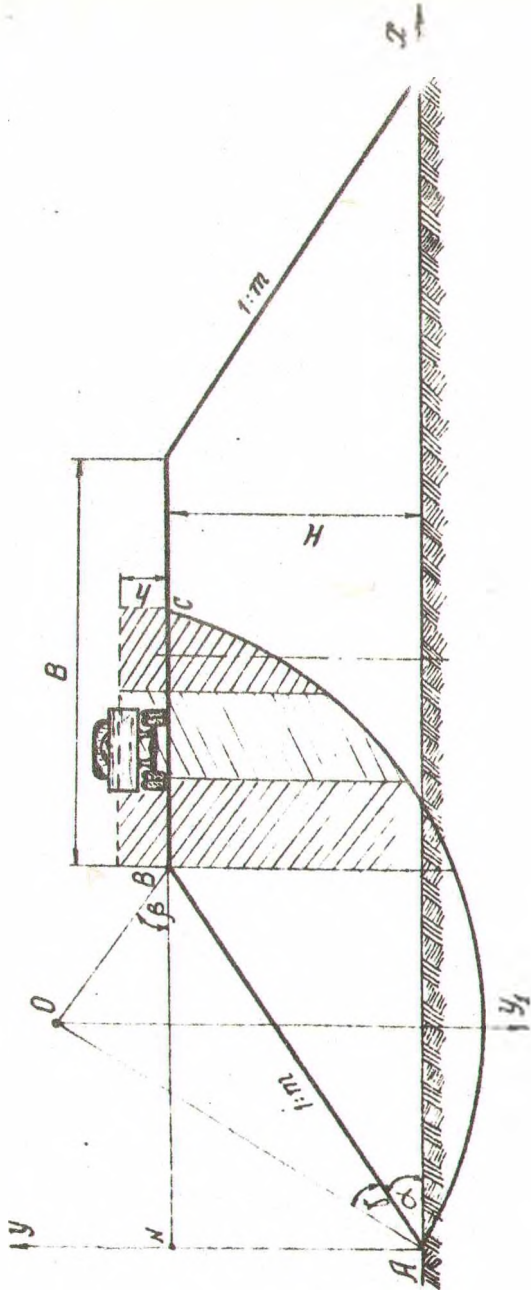


Рис. 10. Расчетная схема для насыпи с внешней нагрузкой

$$- \alpha \operatorname{ctg} \left[\frac{H}{mH + (B-x)} \right] + \frac{P_a}{\delta g BC} (B-x),$$

где x — текущая координата, которая изменяется от 0 до B .

6. Расчет коэффициента устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок ЭВМ "Мир-2"

6.1. Подготовка исходных данных для расчетов на ЭВМ "Мир-2"

На основании материалов инженерно-геологических изысканий принимают значения угла внутреннего трения, удельного сцепления, а по проектным данным — высоту насыпи, заложения откоса и другие характеристики, которые приведены на с.6–9. Далее с учетом положений, указанных на с.10–12, устанавливают, по какой поверхности скольжения будет происходить обрушение грунта, и в соответствии с принятой поверхностью скольжения выбирают соответствующий алгоритм и программу для расчета коэффициента устойчивости откоса.

Для ускорения работы на ЭВМ и исключения ошибок все исходные данные целесообразно заранее подготовить в том виде и в том порядке, как они будут вводиться в машину. В связи с этим исходные данные необходимо выписать на отдельный лист бумаги по форме, приведенной в соответствующей таблице (см. графа "Исходные данные" в конце каждой программы), т.е. надо подготовить рабочую информативу. При этом необходимо помнить, что все исходные данные должны быть обязательно обозначены так, как это предусмотрено программой и указано ниже.

6.2. Порядок работы на ЭВМ "Мир-2"

6.2.1. Включение машины

1. Включить на пульте устройства отображения тумблер "отладка". Пишущую машинку включить. Фотосчитыватель $FS - 1501$ выключить (тумблер находится на задней стенке). Включить на блоке питания машины тумблеры "деблокировка".

Включить тумблеры "охлаждение". Их два. Один расположен

на пульте отладки, второй – на пульте устройства отображения.

2. Нажать клавишу "ВКЛ." на щитке питания машины.

3. Одновременно нажать клавиши "ВКЛ." и "НАЧ.УСТ." на пульте отладочном процессора. Если раздается звонок – выключить, нажав клавишу "ВЫКЛ."

4. Выключить тумблеры "ДЕБЛОКИРОВКА".

5. Выключить тумблер "ОТЛАДКА" на пульте отображения и рядом с ним последовательно нажать две клавиши: "НАЧ.УСТ." и "ПУСК".

6. Выключить пишущую машинку.

7. Выключить фотосчитыватель (по необходимости).

6.2.2. Приведение ЭВМ в исходное положение

Приведение машины в исходное положение обязательно производится перед вводом в память машины новой программы. Для этого необходимо:

1. Убедиться, что лампочка подсветки клавиши "СЕРВОС РЕЖИМА" не горит. В противном случае нажатием необходимо погасить ее.

2. Последовательно нажать клавиши на пульте: "СТОП ОБМЕНА", "СТОП АВАРИЙНОЙ", "СТОП" и "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА". Клавиши необходимо нажимать строго в порядке, указанном выше.

После нажатия всех клавиш должна погаснуть подсветка клавиши "СТОП АВАРИЙНОЙ". Если она горит, то необходимо нажать клавиши "ОЧИСТКА ПРОЦЕССОРА" и "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА". Вместо нажатия двух последних клавиш можно нажать клавишу "ВКЛ." на пульте отладочном.

6.2.3. Очистка памяти машины

1. Очистка процессора. Нажать на пульте клавиши: "ОЧИСТКА ПРОЦЕССОРА", при этом должна гореть лампочка подсветки клавиши. Нажать клавишу "ПУСК". Лампочки подсветки обеих клавиш должны погаснуть. В счетчик ИМ (С2 ИМ) заносится код 0134.

2. Очистка буфера. Нажать на пульте клавиши "ОЧИСТКА БУФЕРА". Лампочка подсветки клавиши горит. Нажать клавиши "ПУСК ОБМЕНА". Лампочки подсветки должны погаснуть. В счетчик ИМ (С2 ИМ) заносится код 0134.

3. Очистка экрана. Нажать на пульте клавиши: "ОЧИСТКА ЭК-

РАНА". Лампочка подсветки горит. Нажать клавиши "ПУСК". Лампочка подсветки обеих клавиш должны погаснуть.

4. Включить тумблер 2 на пульте ЭВМ и нажать клавишу 3 на устройстве отображения.

6.2.4. Ввод программы

6.2.4.1. Ввод программы с пишущей машинки

Исходные данные, отпечатанные на пишущей машинке, могут быть отперфорированы или непосредственно использованы для расчетов по программе.

1. Для ввода информации с пишущей машинки в процессор необходимо последовательно нажать следующие клавиши на пульте оператора: "МАШИНКА ПИШУЩАЯ", "ПРОЦЕССОР", "ПУСК ОБМЕНА". В счетчик МИ (Сг МИ) заносится код I6655. Нажатием клавишей пишущей машинки ввести в ЭВМ исходные данные. При этом они одновременно отпечатываются на бумаге. Информация вводится путем нажатия соответствующих клавиш пишущей машинки. При нажатии на клавишу производится печать символа. Формируется его код, который поступает в ЭВМ.

2. При работе на машинке необходимо руководствоваться следующим:

- все исходные данные должны обозначаться так, как это принято в программе (см. табл. после каждой программы);
- буквы русского и латинского алфавита расположены на верхнем регистре, для их печатания необходимо нажать клавишу переключателя регистра (клавиатура поднимается);
- все цифры, знаки и другие символы расположены на нижнем регистре;
- целая часть чисел отделяется от дробной точкой;
- одно число отделяется от другого внутри массива запятой;
- один массив от другого отделяется знаком точка с запятой;
- если напечатан не тот символ, то для исправления ошибок непосредственно при вводе используется символ * (звездочка). При исправлении ошибки необходимо нажать клавишу столько раз, сколько введено ошибочных символов и правильных после них (производится "затирание" звездочкой). После этого следует продол-

жить ввод, начиная с первого затертого символа

3. Печать (ввод) заканчивается после ввода символа "КОНЕЦ ТЕКСТА" (Ф). При этом канал включается, и гаснут подсветки клавиш "ПИШУЩАЯ МАШИНКА", "ПРОЦЕССОР" и "ПУСК ОБМЕНА".

4. Выполняют синтаксический контроль. Для этого необходимо нажать последовательно клавиши "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА", "СЧЕТ", "ПУСК". Если в информативе нет синтаксических ошибок, то на лампочном индикаторе в СЗМИ загорается код 5406₈.

0 101 100 000 110

1 - горит лампочка;

0 - не горит лампочка.

6.2.4.2. Подготовка перфоленты с исходными данными на ЭВМ

1. После ввода исходных данных с пишущей машинки нажать клавиши "ПРОЦЕССОР" (левая), "ПЕРФОРАТОР" (правая), "ВЫВОД ПРОГРАММЫ", "ПУСК ОБМЕНА".

2. По окончании перфорации оторвать перфоленту. Сразу на перфоленте отметить начало, свой шифр и другие необходимые данные и свернуть перфоленту.

6.2.5. Порядок решения задачи

1. Подготовка ЭВМ к работе. Нажать клавиши на пульте: "СТОП ОБМЕНА", "СТОП АВАРИЙНЫЙ", "СТОП" и "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА". Клавиши необходимо нажимать строго в порядке, указанном в инструкции.

2. Очистка памяти машины. Нажать на пульте клавиши: "ОЧИСТКА ПРОЦЕССОРА", "ПУСК".

3. Очистка буфера. Нажать на пульте клавиши: "ОЧИСТКА БУФЕРА", "ПУСК ОБМЕНА".

4. Очистка экрана. Нажать на пульте клавиши: "ОЧИСТКА ЭКРАНА", "ПУСК".

5. Включить тумблер 2 на пульте ЭВМ и нажать клавишу 3 на устройстве отображения.

6. Ввод стандартной информации с перфоленты в буфер:

а) заправить перфоленту в фотосчитыватель;

б) нажать на пульте клавиши: "СЧИТЫВАТЕЛЬ" (левая), "БУФЕР" (правая), "ПУСК ОБМЕНА". На пульте управления имеется двойной

набор клавиш с одинаковым названием. Чтобы их различить, будем говорить "левая или правая клавиша". Соответственно надо нажать клавишу в левом вертикальном ряду клавиш или в правом вертикальном ряду. Произойдет ввод перфоленты, и программа внесется в буфер. На экране будет виден текст введенной программы.

7. Занесение стандартной информативы в процессор. Нажать клавиши "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА", "БУФЕР" (левая), "ПРОЦЕССОР" (правая), "ПУСК ОБМЕНА".

8. Синтаксический контроль стандартной информативы. Нажать клавиши: "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА", "СЧЕТ", "ПУСК". Если в информативе нет синтаксических ошибок, то на лампочном индикаторе в **С₂** МИ загорится код 5406₈.

0 IOI IOO OOO IOO

- I - горит лампочка;
- O - не горит лампочка.

В этом случае надо переходить к выполнению пункта IO. Если на лампочном индикаторе горит другой код, необходимо перейти к выполнению пункта 9.

9. Исправление ошибок:

а) нажать клавиши "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА" и клавишу I на устройстве отображения. На экране миганием будет отмечаться или неверный символ, или место, где отсутствует необходимый символ;

б) нажать клавиши: "МАШИНА ПИШУЩАЯ" (левая), "ПРОЦЕССОР" (правая), "ПУСК ОБМЕНА";

в) на пишущей машинке набрать следующее предложение:

"BM" <α> "ЗАП" <β> ,

<α> - неверное сочетание символов (которое есть в программе);

<β> - правильное сочетание символов (которое должно быть).

Сочетание символов надо выбирать таким образом, чтобы оно один раз встречалось в программе;

г) нажать клавиши: "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА", "СЧЕТ", "ПУСК".

Если на лампочном индикаторе горит код 5406₈, то перейти к выполнению п. IO. Если горит другой код, то надо найти следующую ошибку (обозначается миганием на экране) и исправить ее. Для этого повторить подпункты (а...б) пункта 9. Процесс исправления ошибок повторяют до тех пор, пока на лампочном индикаторе не

загорится код 5406₈.

10. Трансляция стандартной информативы. Нажать клавишу "ПУСК". На лампочном индикаторе в С₂МИ загорится код 0134₈.

0 000 001 011 100

Стандартная информатива будет оттранслирована полностью и следует перейти к выполнению пункта 11.

11. Ввод рабочей информации в буфер и процессор:

а) очистка буфера. Нажать клавиши "ОЧИСТКА БУФЕРА", "ПУСК ОБМЕНА", "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА";

б) выполнить п.6 и 7;

в) синтаксический контроль рабочей информации. Выполнить п.8;

г) трансляция рабочей информативы. Выполнить п.10.

12. Ввод директивы в буфер и процессор:

а) очистка буфера. Нажать клавиши "ОЧИСТКА БУФЕРА", "ПУСК ОБМЕНА", "НАЧ.УСТ.ПРОЦЕССОРА";

б) выполнить п.6 и 7;

в) синтаксический контроль директивы. Выполнить п.8.

13. Счет по отлаженной программе. Нажать клавишу "ПУСК". Выполняется счет по программе, составленной из трех предложений (стандартной информативы, рабочей информативы и директивы).

6.2.6. Выключение машины

1. Включить тумблер "ОТЛАДКА" на пульте устройства отображения.

2. Выключить машинку пишущую и фотосчитыватель.

3. Включить два тумблера "ДЕБЛОКИРОВКА" на блоке питания.

4. Нажать клавишу "ВЫКЛ.".

5. Выключить сеть.

7. Рабочие программы для расчета устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок

7.1. Насыпь расположена на горизонтальном участке, а обрушение откоса происходит по круглоцилиндрической поверхности скольжения (программа ПКС).

Стандартная информатива

"ПУСТЬ" ПКС. ГО=ГО×π/180; ГШ=ГШ×π/180; ГК=ГК×π/180; ВО=ВО×π/180; ВШ=ВШ×π/180; ВК=ВК×π/180; А=ARCTG(1/М); АГ=А×180/π; "БЫВ" Φ, АГ, Н, Ц, Д, М; Φ=Φ×π/180; "ДЛ" В=ВО"Ш" ВШ" ДО" ВК" ВЫШ" ("ДЛ" Г=ГО"Ш" ГШ" ДО" Г"К" ВЫШ" (R=Н×√(1+М12)×SIN(В+А)/SIN(В+А+Г); ХО=R×COS(А+Г); УО=R×SIN(А+Г); МВ=М×Н-R×COS(А+Г); NС=ХО+√(R12-(УО-Н)12); ВС=NС-М×Н; Х2=М×Н; Z1=ХО/К; Z2=МВ/К; Z3=ВС/К; J=0; "ДЛН" С=0"ШАГ" Z1" ДО" ((К-1)×Z1)" ВЫПОЛНИТЬ" (J=J+1; F1[J]=1/(2×М)×((С+Z1)12-C12)-УО×Z1+R12/2×(ARCSIN(((С+Z1)-ХО)/R)-ARCSIN((С-ХО)/R))+((С+Z1)-ХО)/2×√(R12-((С+Z1)-ХО)12)-(С-ХО)/2×√(R12-(С-ХО)12)); J=0; "ДЛН" С1=ХО"ШАГ" Z2" ДО" ((К-1)×Z2+ХО)" ВЫПОЛНИТЬ" (J=J+1; F2[J]=1/(2×М)×((С1+Z2)12-C112)-УО×Z2+R12/2×(ARCSIN(((С1+Z2)-ХО)/R)-ARCSIN((С1-ХО)/R))+((С1+Z2)-ХО)/2×√(R12-((С1+Z2)-ХО)12)-(С1-ХО)/2×√(R12-(С1-ХО)12)); J=0; "ДЛН" С2=Х2"ШАГ" Z3" ДО" ((К-1)×Z3+NС-ВС)" ВЫПОЛНИТЬ" (J=J+1; F3[J]=Н×Z3-УО×Z3+R12/2×(ARCSIN(((С2+Z3)-ХО)/R)-ARCSIN((С2-ХО)/R))+((С2+Z3)-ХО)/2×√(R12-((С2+Z3)-ХО)12)-(С2-ХО)/2×√(R12-(С2-ХО)12)); Φ1=ARCSIN((Z1-ХО)/R)+ARCSIN(ХО/R); Φ2=ARCSIN((Z2)/R); Φ3=ARCSIN((Z3-ХО+Х2)/R)-ARCSIN((Х2-ХО)/R); J=0; "ДЛН" S=1"ШАГ" 1" ДО" К" ВЫПОЛНИТЬ" (J=J+1; A1[J]=К×Φ1-(2×S-1)/2×Φ1; A2[J]=Φ2/2+(S-1)×Φ2; A3[J]=R×Φ2+Φ3/2+(S-1)×Φ3); L=R×(ARCSIN((NС-ХО)/R)+ARCSIN(ХО/R)); КОЭФ=(Д×TG(Φ)×Σ(J=1, К, F1[J]×COS(A1[J]))+F2[J]×COS(A2[J]))+F3[J]×COS(A3[J]))+Ц/9.81×L)/(Д×Σ(J=1, К, F3[J]×SIN(A3[J]))+F2[J]×SIN(A2[J]))-F1[J]×SIN(A1[J])); "ФОРМАТ" 2; ВГ=В×180/π; ΦГ=Φ×180/π; ГГ=Г×180/π; "БЫВ" "ТАБЛ" 1, ВГ, ΦГ, ГГ, КОЭФ; "СТЕРЕТЬ" "ВГ, АГ, ΦГ, ГГ; "ВЗЯТЬ" 0; "СРАВ" 0, !1-; X=X)" КОНЕЦ" Φ

Рабочая информатива
(для контрольного примера)

"ПУСТ" М=1.5; Н=5; Ц=9.81; Φ=24; ВО=35; ВШ=3; ВК=42; ГО=26; ГШ=3; ГК=61; Д=1.95; К=5; F1[5]; F2[5]; F3[5]; A1[5]; A2[5]; A3[5]" КОН" Φ

Директива

"ВЫШ" "НА" ПКС" КОН" Φ

Φ=24ΔГ=.336895_ю 2Н=5Ц=.981000_ю LΔ=.195000_ю LΔ=.150000_ю I Φ

Результат контрольного примера

БГ ФГ ГГ Коэф
 .349994_ю 2 .239995_ю 2 .259994_ю 2 .215044_ю I \diamond

Условные обозначения, принятые при составлении программы "ПКС", т.е. когда насыпь расположена на горизонтальном участке, а обрушение откоса происходит по круглоцилиндрической поверхности скольжения, даны в табл. II.

Таблица II

Условные обозначения для программы "ПКС"

Показатели	Ед. изм.	Принятые обозначения		Исходные данные
		в алгоритме	в программе	
1. Ширина земляного полотна	м	B	B	
2. Высота насыпи (глубина выемки)	м	H	H	
3. Заложение откоса	-	<i>m</i>	M	
4. Начальное положение вспомогательного угла, необходимого для нахождения критического центра кривой скольжения	град	β_0	BO	
5. Шаг изменения угла	"	$\beta_{ш}$	BШ	
6. Конечное положение угла	"	β_k	BK	
7. Начальное положение вспомогательного угла	"	δ_0	ГО	
8. Шаг изменения угла	"	$\delta_{ш}$	ГШ	
9. Конечное положение угла	"	δ_k	ГK	
10. Угол внутреннего трения	"	φ	Ф	
11. Удельное сцепление грунта	кН/м ²	<i>c</i>	Ц	
12. Объемная масса грунта	т/м ³	δ	Д	
13. Ускорение свободного падения	м/с ²	<i>g</i>	G	
14. Коэффициент устойчивости насыпи	-	K	коэф	

7.2. Насыпь расположена на горизонтальном участке, а обрушение откоса происходит по "плоской" поверхности скольжения (программа ПКС).

7.3. Насыпь расположена на косогоре (программа "Косогор")

Стандартная программа

$$\begin{aligned} & \text{"ПУСТ" КОСОГОР. } \Phi = \Phi \times l / 180; \Phi_1 = \Phi_1 \times l / 180; F = (B \times H + M \times N / 2 + 0.25 \times M \times B / 2) / (1 - M / 3); \\ & P = F \times D \times G; L = (B / 2 + M \times H) \times 2 \times N \times \sqrt{(N / 2 + 1) / (N / 2 - M / 2)}; K = (P \times \cos(\Phi) \times \text{TC}(\Phi_1) + C \times L / 9.81) / (P \times \sin(\Phi)); \\ & \text{"ВЫВ" К" КОГ" } \end{aligned}$$

Рабочая информатива

(для контрольного примера)

$$\text{"ПУСТ" Н=4.5; B=8; M=1; N=2; } \Phi=24; \Phi_1=26; C=9.81; D=1.95; G=9.81 \text{ КО } \diamond$$

Директива

Результат контрольного примера

"ВЫП" "НА" КОСОГОР "КОГ" \diamond

K=.113600₁ \diamond

Условные обозначения, принятые при составлении программы "Косогор", даны в табл. I3.

Таблица I3

Условные обозначения для программы "Косогор"

Показатели	Ед. изм.	Принятые обозначения		Исходные данные
		в алгоритме	в программе	
1. Ширина земляного полотна	м	B	B	
2. Высота земляного полотна	м	H	H	
3. Заложение откосов насыпи	-	<i>m</i>	M	
4. Заложение косогора	-	<i>n</i>	N	
5. Объемная масса грунта	т/м ³	<i>б</i>	Д	
6. Ускорение свободного падения	м/с ²	<i>g</i>	G	
7. Угол внутреннего трения	град	<i>φ</i>	ΦI	
8. Угол наклона местности	град	<i>ψ</i>	Φ	
9. Удельное сцепление грунта	кН/м ²	c	C	
10. Коэффициент устойчивости насыпи	-	K	K	

7.4. Подтопляемая насыпь (программа "подтоп")

Стандартная информатива

"ПУСТ"ПОДТОП. А=А*Л/180; Б=Б*Л/180; Г=Г*Л/180; R=H*√(1+M²)×SIN(Б+А)/SIN(Б+А+Г); ХО=R×COS(А+Г); УО=R×SIN(А+Г); МД1=(НВ-І×(В/2+(Н-НВ)×М))×М-ХО; ВС=ХО+√(R²-(УО-Н)²)-М×Н; у=В/2+М×Н-ХО-МД1; у1=(Н-НВ+У×І)×М; Z1=ХО/R; Z2=МД1/R; Z3=У1/R; Z4=ВС/R; P2=НВ/(М×Н+В/2); J=0; "ДЛЯ" "С=0" "Ш" Z1 "ДО" ((R-1)×Z1) "ВЫП" (J=J+1; F1[J]=1/(2×M)×((C+Z1)²-C²)-УО×Z1+R²/2×(ARCSIN(((C+Z1)-ХО)/R)-ARCSIN((C-ХО)/R))+(C+Z1-ХО)/2×√(R²-(C+Z1-ХО)²)-(C-ХО)/2×√(R²-(C-ХО)²); S1[J]=УО-(J-0.5)×Z1×P2; J=0; "ДЛ" C1=ХО "Ш" Z2 "ДО" ((R-1)×Z2+ХО) "ВЫП" (J=J+1; F2[J]=1/(2×M)×((C1+Z2)²-C1²)-УО×Z2+R²/2×(ARCSIN(((C1+Z2)-ХО)/R)-ARCSIN((C1-ХО)/R))+(C1+Z2-ХО)/2×√(R²-(C1+Z2-ХО)²)-(C1-ХО)/2×√(R²-(C1-ХО)²); S2[J]=УО-(K×Z1+(J-0.5)×Z2)×P2; J=0; "ДЛ" C2=ХО+МД1 "Ш" Z3 "ДО" ((R-1)×Z3+ХО+МД1) "ВЫП" (J=J+1; F3[J]=1/(2×M×(1+І×M))×((C2+Z3)²-C2²)-НВ×Z3-І×(В/2+(Н-НВ)×М)×Z3; FN3[J]=І/(2×(1+І×M))×((C2+Z3)²-C2²)-УО×Z3+R²/2×(ARCSIN((C2+Z3-ХО)/R)-ARCSIN((C2-ХО)/R))+(C2+Z3-ХО)/2×√(R²-(C2+Z3-ХО)²)-(C2-ХО)/2×√(R²-(C2-ХО)²)+НВ×Z3+І×Z3×(В/2+(Н-НВ)×М); S3[J]=УО-(K×(Z1+Z2)+(J-0.5)×Z3)×P2; J=0; "ДЛ" C3=М×Н "Ш" Z4 "ДО" М×Н+(K-1)×Z4 "ВЫП" (J=J+1; F4[J]=H×Z4-УО×Z4+R²/2×(ARCSIN((C3+Z4-ХО)/R)-ARCSIN((C3-ХО)/R))+(C3+Z4-ХО)/2×√(R²-(C3+Z4-ХО)²)-(C3-ХО)/2×√(R²-(C3-ХО)²)-(Н-НВ)×Z4; FB4[J]=(Н-НВ)×Z4; S4[J]=УО-(K×(Z1+Z2+Z3)+(J-0.5)×Z4)×P2; Ф1=ARCSIN((Z1-ХО)/R)+ARCSIN(ХО/R); Ф2=ARCSIN(Z2/R); Ф3=ARCSIN((МД1+Z3)/R)-ARCSIN(МД1/R); Ф4=ARCSIN((М×Н+Z4-ХО)/R)-ARCSIN((М×Н-ХО)/R); J=0; "ДЛ" S=1 "Ш" 1 "ДО" R "ВЫП" (J=J+1; A1[J]=K×Ф1-(2×S-1)/2×Ф1; A2[J]=Ф2/2+(S-1)×Ф2; A3[J]=K×Ф2+Ф3/2-(S-1)×Ф3; A4[J]=K×Ф3+Ф4/2+(S-1)×Ф4); L1=Н-НВ+(В/2-ВС)×І; L2=K×R×(Ф1+Ф2+Ф3+Ф4)-L1; ФN=ФN*Л/180; ФM=ФM*Л/180; КО=(DFB×TG(ФM)×Σ(J=1, K, F1[J]×COS(A1[J])+F2[J]×COS(A2[J])+FN3[J]×COS(A3[J])+F4[J]×COS(A4[J]))+DFΓ×TG(ФN)×Σ(J=1, K, F3[J]×COS(A3[J])+FB4[J]×COS(A4[J]))+(L1×L1+L2×L2)/9.81)/(DFB×Σ(J=1, K, -F1[J]×SIN(A1[J])+F2[J]×SIN(A2[J])+FN3[J]×SIN(A3[J])+F4[J]×SIN(A4[J]))+DΓ×Σ(J=1, K, F3[J]×SIN(A3[J])+FB4[J]×SIN(A4[J]))+FB×І/R×Σ(J=1, K, F1[J]×S1[J]+F2[J]×S2[J]+FN3[J]×S3[J]+F4[J]×S4[J])); "ВЫВ" КО "КОИ" 0

Рабочая информатива
(для контрольного примера)

"ПУСТ" А=33.5; Г=26; I=0.02; Н=5; НВ=3; М=1.5; В=8; Б=35; К=3; Ц1=9.81; Ц2=5; ГВ=1; ФН=24; ДГВ=1.8; ДГ=1.95; ФМ=10; F1[3]; F2[3]; F3[3]; FN3[3]; A1[3]; A2[3]; A3[3]; A4[3]; F4[3]; FB4[3]; S1[3]; S2[3]; S3[3]; S4[3]" КОН" ◊

Директива
"ВЫП" "НА" ПОДТОП" КОН" ◊

Результат контрольного примера
КО= . I70678 I ◊
IO

Условные обозначения, принятые при составлении программы "подтоп", т.е. подтопляемая насыпь, даны в табл. I4.

Таблица I4

Условные обозначения для программы
"подтоп"

Показатели	Ед. изм.	Обозначения, принятые в		Исходные данные
		алгоритме	программе	
1. Ширина земляного полотна	м	В	В	
2. Высота насыпи	м	Н	Н	
3. Заложение откоса	-	т	М	
4. Угол наклона откоса	град	α	А	
5. Вспомогательный угол, необходимый для нахождения положения центра кривой скольжения	град	β	Б	
6. Вспомогательный угол, необходимый для нахождения положения центра кривой скольжения	град	δ	Г	
7. Гидравлический градиент	-	J	I	
8. Глубина воды	м	h _в	НВ	
9. Объемная масса грунта выше линии депрессии	т/м ³	δ_r	ДГ	
10. Объемная масса грунта ниже линии депрессии	т/м ³	$\delta_{гв}$	ДГВ	
11. Угол внутреннего трения выше линии депрессии	град	φ_N	ФН	
12. Угол внутреннего трения ниже линии депрессии	град	φ_M	ФМ	

Показатели	Ед. изм.	Обозначения, принятые в		Исходные данные
		алгоритме	программе	
13. Удельное сцепление грунта выше линии депрессии	кН/м ²	C ₁	Ц1	
14. Удельное сцепление грунта ниже линии депрессии	кН/м ²	C ₂	Ц2	
15. Удельная плотность воды	т/м ³	γ _в	ГВ	
16. Коэффициент устойчивости откоса насыпи	-	K	КО	

7.5. Насыпь высотой более 6 м с переменным заложением откосов (программа ПКСП).

Стандартная информатива

"ПУСТЬ" ПЕСИ. A=ARCTG(1/M); AG=A*180/L; "ВЫВ" Ф, АГ, Ц, Д, ВП, М, М1, Н, Н1; Г
 0=Г0*Л/180; ГШ=ГШ*Л/180; ГК=ГК*Л/180; В0=В0*Л/180; ВШ=ВШ*Л/180; ВК=ВК
 *Л/180; Ф=Ф*Л/180; "ДЛ" Д=В0*Ш"ВШ"ДО"ВК"ВЫП"("ДЛ"Г=Г0"Ш"ГШ"ДО"ГК"ВЫ
 П"(R=H*√(1+M12)*SIN(B+A)/SIN(B+A+Г); Х0=R*СOS(A+Г); У0=R*СIN(A+Г);
 МВ=М*Н-R*СOS(A+Г); NС=Х0+√(R12-(У0-Н)12); ВС=NС-М*Н; Х2=М*Н; Z1=Х0/К
 ; Z2=МВ/К; Z3=ВС/К; J=0; "ДЛЯ" С=0"ШАГ" Z1"ДО"((K-1)*Z1)"ВЫПОЛНИТЬ"(J=
 J+1; F1[J]=1/(2*М)*((С+Z1)12-С12)-У0*Z1+R12/2*(ARCSIN(((С+Z1)-Х0)
 /R)-ARCSIN((С-Х0)/R))+((С+Z1)-Х0)/2*√(R12-((С+Z1)-Х0)12)-(С-Х0)/
 2*√(R12-(С-Х0)12)); J=0; "ДЛЯ" С1=Х0"ШАГ" Z2"ДО"((K-1)*Z2+Х0)"ВОПОЛН
 ИТЬ"(J=J+1; F2[J]=1/(2*М)*((С1+Z2)12-С112)-У0*Z2+R12/2*(ARCSIN(((С1+Z2)-Х0)/R)-ARCSIN((С1-Х0)/R))+((С1+Z2)-Х0)/2*√(R12-((С1+Z2)-Х0)12)-(С1-Х0)/2*√(R12-(С1-Х0)12)); J=0; "ДЛЯ" С2=Х2"ШАГ" Z3"ДО"((K-1)*Z3+NС-ВС)"ВЫПОЛНИТЬ"(J=J+1; F3[J]=(Н+((ВП+М1*Н1)*Н1)/(2*М1*Н1+ВП))*Z3-У0*Z3+R12/2*(ARCSIN(((С2+Z3)-Х0)/R)-ARCSIN((С2-Х0)/R))+((С2+Z3)-Х0)/2*√(R12-((С2+Z3)-Х0)12)-(С2-Х0)/2*√(R12-(С2-Х0)12)); Ф1=ARCSIN((Z1-Х0)/R)+ARCSIN(Х0/R); Ф2=ARCSIN((Z2)/R); Ф3=ARCSIN((Z3-Х0+Х2)/R)-ARCSIN((Х2-Х0)/R); J=0; "ДЛЯ" S=1"ШАГ" 1"ДО"K"ВЫПОЛНИТЬ"(J=J+1; A1[J]=K*Ф1-(2*S-1)/2*Ф1; A2[J]=Ф2/2+(S-1)*Ф2; A3[J]=K*Ф2+Ф3/2+(S-1)*Ф3; L=R*(ARCSIN((NС-Х0)/R)+ARCSIN(Х0/R)); КОЭФ=(Д*ТG(Ф)*Σ(J=1, R, F1[J]*СOS(A1[J])+F2[J]*СOS(A2[J])+F3[J]*СOS(A3[J]))+Ц*Л/9.81)/(Д*Σ(J=1, R, F3[J]*SIN(A3[J])+F2[J]*SIN(A2[J])-F1[J]*SIN(A1[J]))); "ФОРМАТ" 2; ВГ=В*180/Л; ГГ=Г*180/Л; "РВВ" ТАБЛ" 1, ВГ, ГГ, КОЭФ; "СТЕРЕТЬ" ВГ, АГ, ФГ, ГГ; "ВЗЯТЬ" 0; "СПРАВ" 0, 11-; X=X)) "КОНЕЦ" 0

Рабочая информатива
(для контрольного примера)

"ПУСТ" М=2; М1=1.5; ВН=8; Н1=4; П=9.81; Ф=24; В0=35; Н=6; ВШ=6; ВК=42; Г0=25; ГШ=6; ГК=61; Д=1.95; К=5; F1[5]; F2[5]; F3[5]; A1[5]; A2[5]; A3[5] "КОН"

Директива

"ВЫП" "НА" ПКСП "КОН" ◊

Ф=24АГ=.265647_ю Цц=.981000_ю Дд=.195000_ю ИВП=8М=2М1=.150000_ю П1=6Н1=4
"ТАБЛИЦА" I

Результат контрольного примера

ВГ	ГГ	КОЭФ
.349994 _ю 2	.249995 _ю 2	.175832 _ю I ◊

7.6. Насыпь высотой более 6 м с переменным заложением откосов, обрушение происходит по "плоской" поверхности скольжения (программа ПКСП)

Стандартная информатива

"ПУСТ" ПКСП. А=А×π/180; Ф1=Ф1×π/180; "ВЫВ" "ЗЛОЛ" "ТАБЛ" 1, X, K; "ДЛЯ" X=0 "Ш" X1 "ДО" В+2×М1×Н1 "ГЫП" (Ф=ARCTG(Н/(М×Н+В-X)); L=√((М×Н+В-X)²+Н²); F=П×√(М²+1)/2×L×SIN(A-Ф)+(В+М1×Н1)×Н1×(В-X)/(М1×2×П1+В); P=F×Д×G; N=P×COS(Ф); T=P×SIN(Ф); K=(N×TG(Ф1)+C×L/G)/T; "ВЫВ" "ТАБЛ" 1, X, K) "КОН"

Рабочая информатива
(для контрольного примера)

"ПУСТ" А=33; Д=2; Н=4; М=1.5; Ф1=18; G=1; G=9.81; В=10; X1=0.5; Н1=2; М1=1
"КОН" ◊

Директива "ВЫП" "НА" "ПКСП" "КОН" ♦	"ТАБЛИЦА" I X	Результат контрольного примера K φ
	0	.130930 ₀ 10
	.500000 ₀ 0	.126867 ₀ 10
	.100000 ₀ 1	.122796 ₀ 10
	.150000 ₀ 1	.118729 ₀ 10
	.200000 ₀ 1	.114664 ₀ 10
	.250000 ₀ 1	.110603 ₀ 10
	.300000 ₀ 1	.106538 ₀ 10
	.350000 ₀ 1	.102484 ₀ 10
	.400000 ₀ 1	.984271 ₀ 0
	.450000 ₀ 1	.943811 ₀ 00

Условные обозначения, принятые при составлении программы "ПКСП", т.е. для насыпи высотой более 6 м с переменными заложениями откосов, даны в табл. 15. Обрушение происходит по крутлоцилиндрической поверхности скольжения.

Таблица 15

Условные обозначения для программы "ПКСП"

Показатели	Ед. изм.	Обозначения, принятые в		Исходные данные
		алгоритме	программе	
<u>Нижняя часть насыпи:</u>				
1. Высота нижней части насыпи	м	H	H	
2. Заложение откосов	-	m	M	
3. Начальное положение вспомогательного угла, необходимого для нахождения положения критического центра кривой скольжения	град	β_0	BO	

Продолжение табл. 15

Показатели	Ед. изм.	Обозначения, принятые в		Исходные данные
		алгоритме	программе	
4. Шаг измерения угла	град	$\beta_{ш}$	ВШ	
5. Конечное положение угла	град	β_k	ВК	
6. Начальное положение вспомогательного угла, необходимого для нахождения положения критического центра кривой скольжения	град	δ_0	ГО	
7. Шаг изменения угла	град	$\delta_{ш}$	ГШ	
8. Конечное положение угла	град	δ_k	ГК	
9. Угол внутреннего трения грунта	град	φ	Φ	
10. Удельное сцепление грунта	кН/м ²	c	Ц	
11. Объемная масса грунта	т/м ³	δ	Д	
12. Ускорение свободного падения	м/с ²	g	С	
13. Коэффициент устойчивости	-	К	коэф	
<u>Верхняя часть насыпи:</u>				
1. Ширина земляного полотна	м	В	В	
2. Высота верхней части земляного полотна	м	H_I	HI	
3. Заложение откоса	-	m_1	MI	
4. Начальное положение вспомогательного угла, необходимого для нахождения положения критического центра кривой скольжения	град	β_0, δ_0	ВО; ГО	
5. Шаг изменения угла	град	$\beta_{ш}, \delta_{ш}$	ВШ; ГШ	
6. Конечное положение угла	град	β_k, δ_k	ВК; ГК	
7. Угол внутреннего трения угла	град	φ	Φ	
8. Объемная масса грунта	т/м ³	δ	Д	
9. Удельное сцепление грунта	кН/м ²	c	Ц	
10. Ускорение свободного падения	м/с ²	g	С	
11. Коэффициент устойчивости откоса насыпи		К	коэф	

Примечание. Условные обозначения для программы "ПНСП" аналогичны обозначениям для программы "ПКСП", только вводится дополнительно текущая координата X_I .

7.7. Расчет устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок с учетом воздействия внешней нагрузки.

7.7.1. Обрушение происходит по круглоцилиндрической поверхности скольжения (программа ПКСВН)

Стандартная информатива

"ПУСТЬ" ПКСВН, А=ARCTG(1/M); АГ=А×180/π; "ВЫВ" Φ, АГ, Ц, Д, ВП, М, М₁, Н, Н₁; Г₀=Г₀×π/180; Г₁=Г₁×π/180; Г_к=Г_к×π/180; В₀=В₀×π/180; В₁=В₁×π/180; В_к=В_к×π/180; Φ=Φ×π/180; "ДЛ" В=В₀; "ВН" ДО=В_к "ВЫП" ("ДЛ" Г=Г₀; "Г" ДО=Г_к "ВЫП" (R=Н×√(1+М²)×SIN(В+А)/SIN(В+А+Г); X₀=R×COS(А+Г); Y₀=R×SIN(А+Г); МВ=М×Н-R×COS(А+Г); NС=X₀+√(R²-(Y₀-Н)²); ВС=NC-М×Н; X₂=М×Н; Z₁=X₀/K; Z₂=MB/R; Z₃=BC/K; J=0; "ДЛ" C=0 "АГ" Z₁ "ДО" ((K-1)×Z₁) "ВЫПОЛНИТЬ" (J=J+1; F1[J]=1/(2×M)×((C+Z₁)²-C²)-Y₀×Z₁+R²/2×(ARCSIN(((C+Z₁)-X₀)/R)-ARCSIN((C-X₀)/R))+((C+Z₁)-X₀)/2×√(R²-(C+Z₁)-X₀)²)-(C-X₀)/2×√(R²-(C-X₀)²)); J=0; "ДЛ" C₁=X₀ "АГ" Z₂ "ДО" ((K-1)×Z₂+1) "ВЫПОЛНИТЬ" (J=J+1; F2[J]=1/(2×M)×((C₁+Z₂)²-C₁²)-Y₀×Z₂+R²/2×(ARCSIN(((C₁+Z₂)-X₀)/R)-ARCSIN((C₁-X₀)/R))+((C₁+Z₂)-X₀)/2×√(R²-(C₁+Z₂)-X₀)²)-(C₁-X₀)/2×√(R²-(C₁-X₀)²)); J=0; "ДЛ" C₂=X₂ "АГ" Z₃ "ДО" ((K-1)×Z₃+NC-BC) "ВЫПОЛНИТЬ" (J=J+1; F3[J]=(Н+РА/(BC×G×Д))×Z₃-Y₀×Z₃+R²/2×(ARCSIN(((C₂+Z₃)-X₀)/R)-ARCSIN((C₂-X₀)/R))+((C₂+Z₃)-X₀)/2×√(R²-(C₂+Z₃)-X₀)²)-(C₂-X₀)/2×√(R²-(C₂-X₀)²)); Φ₁=ARCSIN((Z₁-X₀)/R)+ARCSIN(X₀/R); Φ₂=ARCSIN((Z₂)/R); Φ₃=ARCSIN((Z₃-X₀+X₂)/R)-ARCSIN((X₂-X₀)/R); J=0; "ДЛ" S=1 "АГ" 1 "ДО" K "ВЫПОЛНИТЬ" (J=J+1; A1[J]=K×Φ₁-((2×S-1)/2×Φ₁; A2[J]=Φ₂/2+(S-1)×Φ₂; A3[J]=K×Φ₂+Φ₃/2+(S-1)×Φ₃; L=R×(ARCSIN((NC-X₀)/R)+ARCSIN(X₀/R)); КОЭΦ=(Д×TG(Φ)×Σ(J=1, K, F1[J]×COS(A1[J]))+F2[J]×COS(A2[J]))+F3[J]×COS(A3[J]))+Ц×L/9.81)/(Д×Σ(J=1, K, F3[J]×SIN(A3[J])+F2[J]×SIN(A2[J])+F1[J]×SIN(A1[J]))); "ФОРМАТ" 2; ВГ=В×180/π; ГГ=Г×180/π; "ВЫВ" "ТАБЛ" 1, ВГ, ГГ, КОЭФ; "СТЕРЕТЬ" ВГ, АГ, ФГ, ГГ; "ВЗЯТЬ" 0; "СПРАВ" 0, 1, 1-; X=λ) "КОНЕЦ"

Рабочая информатива
(для контрольного примера)

"ПУСТ" M=1.75; ВП=10; РА=50; Н=6; Ц=1; Φ=25; В₀=30; Г₀=6; В_к=42; Г₀=25; Г₁=6; Г_к=61; Д=1.95; K=5; F1[5]; F2[5]; F3[5]; A1[5]; A2[5]; A3[5] "КОНЕЦ"

Директива

"ВЫП" "НА" ПКСВН "КОН" ♦

Φ=25 АГ=.297442, ЗЦ=1Д=.195000, 1ВП=10М=.175000, 1М1=М1Н=6Н1=Н10

"ТАБЛИЦА" I

Результат контрольного примера

ВГ	ГГ	КОЭФ
.299994 ₂	2	.114959 ₂ 10
.299994 ₂	2	.114109 ₂ 10
.299994 ₂	2	.111142 ₂ 10
.299994 ₂	2	.106351 ₂ 10
.299994 ₂	2	.100209 ₂ 10
.299994 ₂	2	.935320 ₂ 00
.299994 ₂	2	.879159 ₂ 00

7.7.2. Обрушение происходит по "плоской" поверхности скольжения (программа ПКСВН).

Стандартная информатива

"ПУСТ" ПКСВН, А=А×π/180; Φ1=Φ1×π/180; "ВЫВ" "ЗАОЛ" "ТАБЛ=1, X, K; "ДН" X=0" "X1" ДО=В" ВЫП=(Φ=ARCTG(H/(M×H+B-X)); L=√((M×H+B-X)²+H²); F=H×√(M²+1)/2×L×SIN(A-Φ)+P×(B-X)/(B×G×Д); P=F×Д×G; N=×COS(Φ); T=P×SIN(Φ); K=(N×TG(Φ1)+C×L/G)/T; "ВЫВ" "ТАБЛ=1, X, K) "КОН" ♦

Рабочая информатива

(для контрольного примера)

"ПУСТ" А=33; Д=2; Н=4; М=1.5; Φ1=18; С=1; G=9.81; В=10; X1=0.5; PА=50 "КОН" ♦

Директива

"ВЫП" "НА" ПКСВН "КОН" ♦

X	KO
0	.203984 ₀ 0 0
.50000 ₀ 0	.127507 ₀ 1
.10000 ₀ 1	.123435 ₀ 10
.15000 ₀ 1	.119364 ₀ 10
.20000 ₀ 1	.115296 ₀ 10
.25000 ₀ 1	.111236 ₀ 10
.30000 ₀ 1	.107174 ₀ 10
.35000 ₀ 1	.103122 ₀ 10
.40000 ₀ 1	.990720 ₀ 00
.45000 ₀ 1	.950345 ₀ 00
.50000 ₀ 1	.910015 ₀ 00

Условные обозначения, принятые при составлении программы "ПКСВН", т.е. с учетом внешней нагрузки. Обрушение происходит по круглоцилиндрической поверхности скольжения (табл. I6).

Таблица I6
Условные обозначения для программы "ПКСВН"

Показатели	Ед. изм.	Обозначения, принятые в		Исходные данные
		алгоритме	программе	
1. Ширина земляного полотна	м	B	B	
2. Высота насыпи	м	H	H	
3. Заложение откоса	-	<i>m</i>	M	
4. Начальное положение вспомогательного угла, необходимого для нахождения положения критического центра кривой скольжения	град	β_0, γ_0	BO; GO	
5. Шаг изменения угла	град	β_w, γ_w	BW; GW	
6. Конечное положение угла	град	β_k, γ_k	BK; GK	
7. Угол внутреннего трения грунта	град	φ	Φ	
8. Удельное сцепление грунта	кН/м ²	C	Ц	
9. Объемная масса грунта	т/м ³	δ	Д	
10. Вес автомобиля (автопоезда)	кН	Pa	PA	

Продолжение табл. I6

Показатели	Ед. изм.	Обозначения, принятые в		Исходные данные
		алгоритме	программе	
I1. Коэффициент устойчивости насыпи	-	K	коэф	
I2. Текущая координата ^{ж)}	м	x	X	

ж) Данный показатель вводится при обрушении откоса по плоской поверхности скольжения (программа "ПКСВН").

Литература

1. Алгоритмический язык "Аналитик" и ЭВМ "Мир-2" (Методическое пособие). Ротапринт БТИ, 1976, с.94.
2. Леонович И.И., Вырко Н.П. Механика земляного полотна. Мн., "Наука и техника", 1975, с.232.
3. Указания по расчету устойчивости высоких насыпей и глубоких выемок автомобильных дорог. ПИИ. Совздор-проект. М., 1964, с.72.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов. М., "Высшая школа", 1973, с.280.

Содержание

1. Общие положения	3
2. Нагрузки и коэффициенты	4
3. Инженерно-геологические данные, необходимые для расчета устойчивости насыпей и выемок	6
4. Расчет устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок	10
5. Аналитический способ расчета устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок	12
6. Расчет коэффициента устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок ЭВМ "Мир-2"	31
7. Рабочие программы для расчета устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок	37
7.1. Насыпь расположена на горизонтальном участке, а обрушение откоса происходит по круглоцилиндрической поверхности скольжения (программа ПКС)	37
7.2. Насыпь расположена на горизонтальном участке, а обрушение откоса происходит по "плоской" поверхности скольжения (программа ППС)	39
7.3. Насыпь расположена на косогоре (программа "косогор")	41
7.4. Подтопляемая насыпь (программа "подтоп")	42
7.5. Насыпь высотой более 6 м, с переменным заложением откосов (программа ПКСП)	44
7.6. То же, обрушение происходит по "плоской" поверхности скольжения (программа ППСП)	45
7.7. Расчет устойчивости откосов высоких насыпей и глубоких выемок с учетом воздействия внешней нагрузки	48
Литература	52

Составители: Николай Павлович Вирко, Иван Иосифович Леонович,
Валентина Арсеньевна Гончарова и др.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО КУРСУ "ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ"

Редакторы: Р.М.Мазо, Л.Д.Круглякова. Корректор Т.Н.Астапенко.

Подписан в печать 28.12.78. АТ 06531. Формат 60x84/16.

Усл.печ.л. 2,5. Уч.-изд.л. 2,7. Тираж 500 экз.

Заказ 224. Цена 8 коп.

Отпечатано на ротапринте Минского заочного политехникума.
220690. Минск, Козлова, 55.