

РАСЧЕТ БУЛЬДОЗЕРНОГО СПОСОБА РАЗРАБОТКИ

Пример расчета

Исходные данные:

1. Объем сезонной добычи металла, $Q_{сез} = 50$ кг.
2. Среднее содержание металла в песках, $c = 450$ мг/м³.
3. Коэффициент разрыхления пород (для торфов и песков), $K_p = 1,2$.
4. Углы наклона поверхности:
 - продольный уклон – 0,02;
 - уклон левого увала – 0,02;
 - уклон правого увала – 0,04.
5. Ширина контура балансовых запасов, $B = 40$ м.
6. Ширина левого увала – 50 м.
7. Ширина правого увала – 70 м.
8. Мощность песков, $H_n = 2,5$ м.
9. Мощность торфов, $H_m = 3,0$ м.
10. Продолжительность сезона, $T = 160$ сут.
11. Мощность талого слоя за сутки, $t_{сл} = 12$ см.
12. Среднее содержание глины в песках – 20 %.
13. Гранулометрический состав песков:

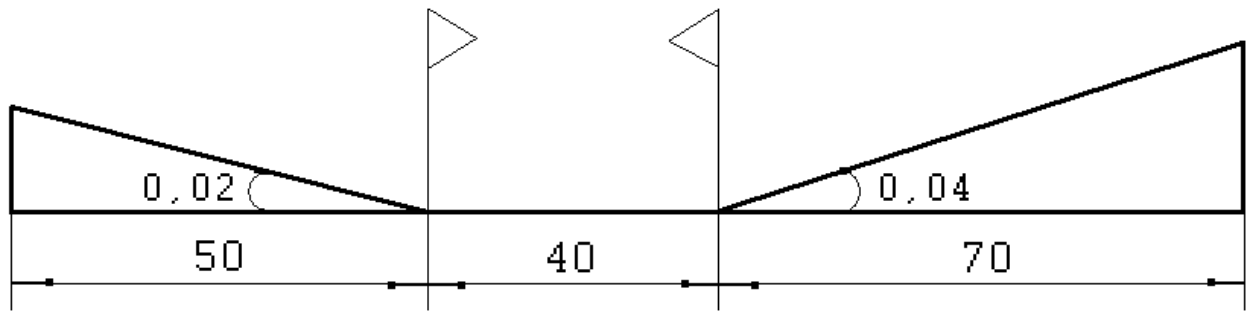
d , мм	+100	-100+80	-80+60	-60+30	-30+18	-18
Выход, %	7	10	12	12	20	49
ИТОГО						100

14. Ситовой анализ металла:

d , мм	+2	-2+1	-1+0,5	-0,5+0,3	-0,3
Выход, %	2	3	15	20	60
ИТОГО					100

Определить: сезонную производительность по пескам и торфам, выбрать тип выемочного оборудования, определить его производительность и количество, выбрать систему разработки на вскрышных и добычных рабо-

тах, выбрать тип промывочного прибора, выполнить расчеты параметров шлюзов.



Расчет:

1. Определяем годовой и суточный объемы промывки песков:

$$V_n^{cez} = \frac{Q_{cez} \times 10^6}{c} = \frac{50 \times 10^6}{450} = 111000 \text{ м}^3,$$

$$V_n^{cym} = \frac{111000}{160} = 693,75 \text{ м}^3.$$

2. Определяем коэффициент слоевой вскрыши

$$K_{\epsilon} = \frac{H_m}{H_n} = \frac{3,0}{2,5} = 1,2.$$

3. Определяем годовой и суточный объемы вскрытых торфов

$$V_m^{cez} = V_n^{cez} * K_{\epsilon} ; \quad V_m^{cym} = \frac{V_m^{cez}}{T}, \text{ где}$$

V_n^{cez} - годовой объем промывки песков, м^3 ;

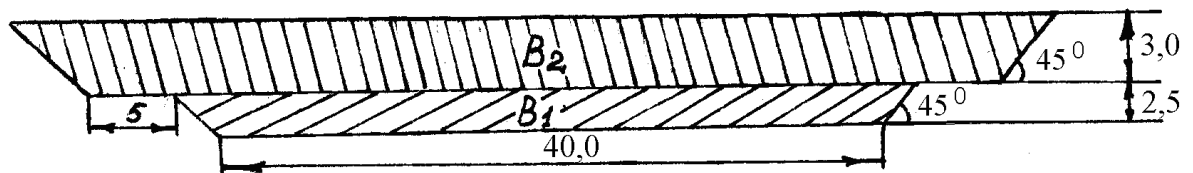
K_{ϵ} - коэффициент вскрыши;

T – продолжительность сезона, сут.

$$V_m^{cez} = V_n^{cez} \times K_{\epsilon} = 111000 \times 1,2 = 133200 \text{ м}^3$$

$$V_m^{cym} = \frac{V_m^{cez}}{T} = \frac{133200}{160} = 832,5 \text{ м}^3.$$

4. Определяем площадь поперечного сечения пласта торфов с учетом угла откоса вскрышного и добычного уступов



$$B_1 = B + 2 \times H_n + 2 \times C,$$

где C – ширина предохранительной площадки, $C = 5$ м.

$$B_1 = 40 + 2 \times 2,5 + 2 \times 5 = 55 \text{ м.}$$

$$B_2 = B_1 + 2 \times H_m$$

$$B_2 = 55 + 2 \times 3,0 = 61 \text{ м.}$$

$$S_B = \frac{B_1 + B_2}{2} \times H_m$$

$$S_B = \frac{55 + 61}{2} \times 3,0 = 174 \text{ м}^2.$$

5. Принимаем двустороннее отвалообразование.

Площадь отвала равна

$$S_{отв} = \frac{K_p \times S_B}{2} = \frac{1,3 \times 159}{2} = 113 \text{ м}^2$$

где K_p – коэффициент разрыхления.

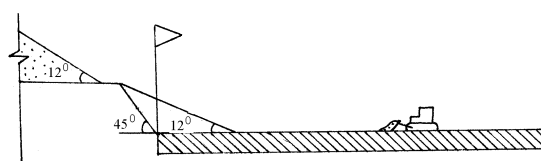


Схема вскрышных работ параллельными выездами бульдозера со сплошным разносом бортов и подработкой откосов скользящими выездами

6. Определяем высоту отвала. Принимаем способ отвалообразования – сбрасывание с гребня

$$h_{отв} = \sqrt{\frac{2 \times S_{отв} \times (tg \alpha_0 + tg \alpha) \times (tg \alpha_в)^2}{(tg \alpha_в^2 - tg \alpha) \times (tg \alpha_0 + tg \alpha_в)}},$$

где α_0 – угол естественного откоса торфов, $\alpha_0 = 45^\circ$;

α – угол наклона поверхности увала;

$\alpha_в$ – угол выезда бульдозера на отвал, $\alpha_в = 22^\circ$.

$$h_{отв}^{лев} = \sqrt{\frac{2 \times 174 \times (1 + 0,02) \times 0,4^2}{(0,4^2 - 0,02) \times (1 + 0,4)}} = 20,1 \text{ м.}$$

$$h_{отв}^{np} = \sqrt{\frac{2 \times 174 \times (1 + 0,04) \times 0,4^2}{(0,4^2 - 0,04) \times (1 + 0,4)}} = 18,5 \text{ м.}$$

7. Определяем ширину основания отвала

$$B_o = \frac{h_{отв} \times (tg \alpha_0 + tg \alpha_в)}{tg \alpha_в \times (tg \alpha_0 + tg \alpha)},$$

отсюда ширина основания левого отвала равна:

$$B_o^{лев} = \frac{20,1 \times (1 + 0,4)}{0,4 \times (1 + 0,02)} = 68,9 \text{ м}$$

$68,9 < 50$ – это неверно, т.е. отвал не вмещается на левом увале.

8. Произведем расчет для правого увала:

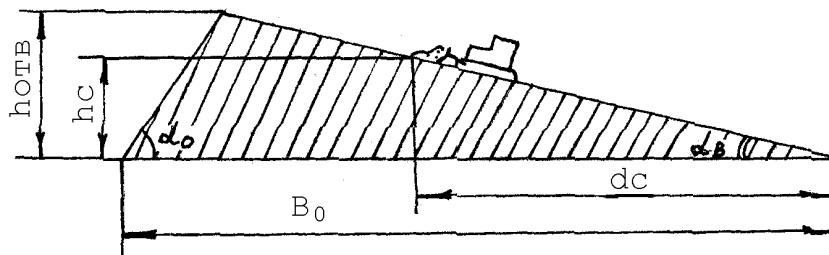
$$B_o^{np} = \frac{18,5 \times (1 + 0,4)}{0,4 \times (1 + 0,04)} = 62,2 \text{ м}$$

$62,2 < 70$ – это верно, т.е. отвал вмещается на правом увале.

Отсюда следует, что часть породы левого увала перемещают на правый увал.

9. Принимаем способ отвалообразования – сбрасывание с гребня. Для перемещения торфов в отвал используем бульдозер Д-434 на базе трактора Т-100.

10. Определяем среднее расстояние перемещения бульдозера в пределах отвала d_c и среднюю высоту подъема h_c .

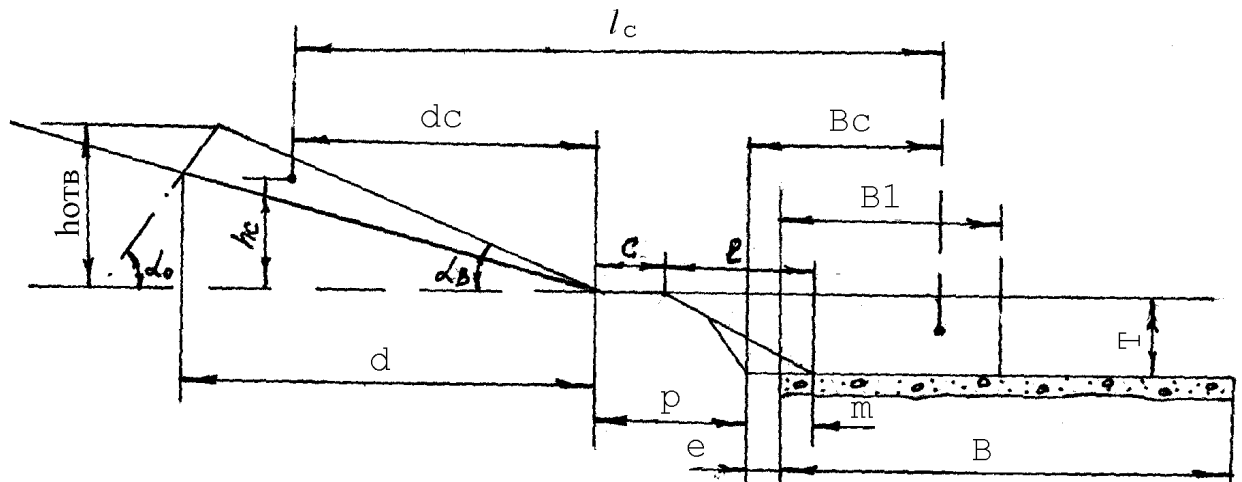


$$d_c = \frac{h_c}{i}, \quad h_c = 0,707 \times h_{отв}, \quad \text{где } i = \operatorname{tg} \alpha_0 = \operatorname{tg} 45^\circ = 1$$

- для левого: $h_c = 0,707 \times 20,1 = 14 \text{ м}; d_c = \frac{14}{1} = 14 \text{ м};$

- для правого: $h_c = 0,707 \times 18,5 = 13 \text{ м}; d_c = \frac{13}{1} = 13 \text{ м}.$

11. Определяем среднее расстояние горизонтального перемещения бульдозера в пределах разреза.



Принимаем угловую систему вскрышных работ.

$$B_c = 0,5 \times \Delta' \times B + 0,5 \times L + c, \text{ м},$$

где Δ' - часть ширины россыпи, с которой подаются торфа в данный отвал, $\Delta' = 0,5$;

B – ширина россыпи, м;

L – длина участка россыпи по восстанию или по падению от оси вскрывающей выработки.

В нашем случае величина L определяется из условия суточного оттаивания торфов. Необходимая площадь ежесуточной зачистки торфов составит:

$$S_m^{сум} = \frac{V_m^{сум}}{h_{сум}}, \text{ м},$$

где $h_{сум}$ – мощность талого слоя за сутки, м.

$$S_m^{sym} = \frac{832,5}{0,12} = 6937,5 \text{ м}^2.$$

Средняя ширина вскрышного горизонта равна:

$$L = \frac{S_m^{sym}}{B_{\epsilon}}, \text{ м};$$

где $B_{\epsilon} = \frac{B_1 + B_2}{2}, \text{ м}$

$$B_{\epsilon} = \frac{55 + 61}{2} = 58 \text{ м.}$$

$$L = \frac{6937,5}{58} = 120 \text{ м.}$$

Отсюда $B_c = 0,5 \times 0,5 \times 40 + 0,5 \times 120 + 3 = 73 \text{ м.}$

12. Определяем длину выезда бульдозера из разреза на запасную площадку:

$$l = \frac{H_m}{\sin \alpha_{\epsilon}}, \text{ м}$$

$$l = \frac{3}{\sin 22} = \frac{3}{0,37} = 2,6 \text{ м.}$$

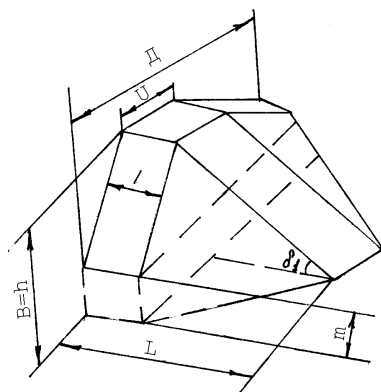
13. Ширину запасной площадки принимаем $C = 5 \text{ м.}$ Отсюда общая длина выезда бульдозера из разреза и подъема на отвал составит:

$$l_{общ} = B_c + l + C + d_c, \text{ м}$$

- для левого: $l_{общ} = 73 + 2,6 + 5 + 14 = 94,6 \approx 95 \text{ м};$

- для правого: $l_{общ} = 73 + 2,6 + 5 + 13 = 93,6 \approx 94 \text{ м.}$

14. Объем вала, который может разместиться перед ножом бульдозера, но теоретическим уравнением определяется приближенно, т.к. очертания вала сложные и непрерывно меняются в зависимости от условий выемки и перемещения.



В общем виде объем подсчитывается по уравнению И. Шаповаловой:

$$E = l \times [h \times U + 0,5 \times (D - U) \times (h + m)] + 0,167 \times h \times (L - l) \times (D + 2 \times U), \text{ м}^3$$

где D – длина ножа, м;

l – продольная длина гребня, м;

h – высота вала, м;

U – величина горизонтального гребня, м;

m – глубина борозды, м;

L – расстояние, занимаемое валом впереди ножа, м.

$$h = \frac{0,5 \times D}{\sigma}; \quad U = D - 2 \times (B - m) \times \sigma$$

$$L = \omega \times [\varepsilon + \xi \times (55 - \delta_1)] \times D^x; \quad l = L - \text{ctg} \sigma \times h$$

где $\sigma = \text{ctg} \beta$ – коэффициент заложения бокового откоса вала, $\beta = 32 \dots 40^\circ$,

$\sigma = \text{ctg} 36 = 1,37$;

B – высота ножа, м;

δ_1 – средний угол откоса в передней части вала, град, $\delta_1 = 37 \dots 45^\circ = 40^\circ$;

ε, ξ – опытные коэффициенты, $\varepsilon = 0,6$; $\xi = 0,01$;

ω – коэффициент борозды, $\omega = 1$;

x – степенной показатель, $x = 0,5$.

$$h = \frac{0,5 \times 3,06}{1,37} = 1,1 \text{ м}; \quad U = 3,06 - 2 \times (1,2 - 0,3) \times 1,37 = 0,6 \text{ м};$$

$$L = 1 \times [0,6 + 0,01 \times (55 - 40)] \times 3,06^{0,5} = 1,3 \text{ м}; \quad l = 1,3 - 0,7 \times 1,1 = 0,5 \text{ м}.$$

$E = 0,5 \times [1,1 \times 0,6 + 0,5 \times (3,06 - 0,6) \times (1,1 + 0,3)] + 0,167 \times 1,1 \times (1,3 - 0,5) \times (3,06 + 2 \times 0,6) = 2,5 \text{ м}^3$.

15. Выбираем бульдозер на базе трактора Т-100.

Продолжительность заезда бульдозера определяется по формуле:

$$t = \frac{l_z}{v_z} + \frac{l_n}{v_n} + t_1 + t_2, \text{ мин},$$

где t_1 – время заполнения ножа бульдозера, включая время остановки для переключения на рабочий ход, $t_1 = 2,15$ мин;

t_2 – время остановки для переключения на порожний ход, $t_2 = 0,2$ мин;

v_z, v_n - соответственно скорость груженого и порожнего бульдозера, $v_z = 40$ м/мин; $v_n = 90$ м/мин;

l_z, l_n - соответственно длина груженого и порожнего хода, принимаем $l_z = l_n = l_{общ}$.

$$t = \frac{95}{40} + \frac{95}{90} + 2,15 + 0,2 \approx 6 \text{ мин}$$

16. Число заездов, которые совершает машина за смену:

$$N = \frac{60 \times T}{t} \times \eta_{и},$$

где T – продолжительность смены, $T = 8$ ч;

t – продолжительность заезда, мин;

$\eta_{и}$ – коэффициент использования рабочего времени.

$$N = \frac{60 \times 8}{6} \times 0,8 = 64 \text{ заезда.}$$

17. Объем породы перемещаемый бульдозером за один заезд равен:

$$q = \frac{E}{\rho} \times \eta_n,$$

где E – объем вала впереди ножа, м³;

ρ - коэффициент разрыхления породы, $\rho = 1,2$;

η_n – коэффициент заполнения ковша, $\eta_n = 0,8$;

$$q = \frac{2,5}{1,2} \times 0,8 = 1,6 \text{ м}^3.$$

18. За смену один бульдозер переместит $1,6 \times 64 = 102,4$ м³, а за сутки – $102,4 \times 3 = 307,2$ м³.

Так как суточный объем торфов составляет $V_m^{сут} = 832,5$ м³, то понадобится $\frac{832,5}{307,2} = 3$ бульдозера.

Отсюда, получаем, что потребуется три бульдозера Д-434 на базе трактора Т-100, суточная производительность которого составляет 307,2 м³/сут.

19. Добычные работы.

К добычным работам относят: очистную выемку песков, вспомогательные работы, транспортирование и промывку песков на промывной установке, укладку хвостов промывки в отвалы.

Выемка песков производится бульдозерами и скреперами теми же способами, что и выемка торфов. Поскольку пески состоят из более крупнозернистых пород (речников) повышенной крепости, имеющих небольшую мощность, и залегают на скальном плотике, выемку их бульдозерами чаще всего производят бороздовым способом.

Системы разработки при добыче песков такие же, как на вскрышных работах. Поэтому принимаем угловую систему разработки.

20. Промывка песков.

Для промывки песков примем, исходя из суточного объема промывки $V_n^{сум} = 693,75 \text{ м}^3$ шлюзовой промприбор типа ПГШ-1-50, суточная производительность которого составляет $500 \dots 1000 \text{ м}^3$.

Характеристика промприбора типа ПГШ-1-50

- высота гидравлического подъема – $11 \dots 17 \text{ м}$;
- наибольший размер пропускного камня – 125 мм ;
- расход воды – 300 л/сек ;
- потребляемая мощность – $190/\text{л.с.}$

Выбираем один промприбор, т.к. суточная производительность по пескам невысока.

Устанавливаем на краю разреза, подачу песков осуществляем бульдозером Д-434 на основе трактора Т-100. В резерв можно взять второй промприбор.

21. Породы за сутки оттаивают на $0,12 \text{ м}$. Суточная производительность по пескам составляет $V_n^{сум} = 693,75 \text{ м}^3$.

Определим площадь, с которой подаются пески на промывку:

$$S = \frac{V_n^{сум}}{h}, \text{ м}^2$$

$$S = \frac{693,75}{0,12} = 5780 \text{ м}^2.$$

Ширина россыпи составляет 40 м, отсюда длина транспортирования равна:

$$L = \frac{S}{B}, \text{ м}$$

$$L = \frac{5780}{0,12} = 144 \text{ м.}$$

Определяем среднее расстояние горизонтального перемещения бульдозера в пределах разреза:

$$B_c = 0,5 \times \Delta' \times B + 0,5 \times L + c,$$

$$B_c = 0,5 \times 0,5 \times 40 + 0,5 \times 144 + 3 = 85 \text{ м.}$$

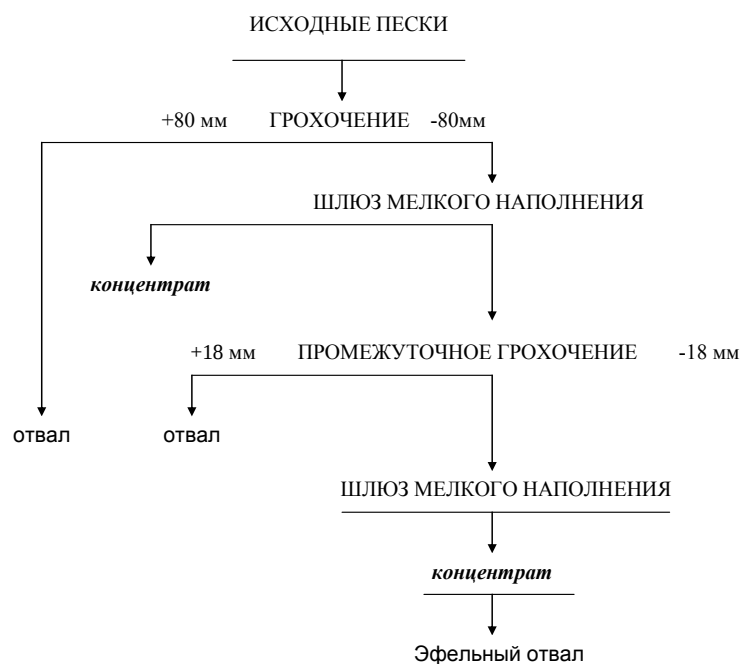
Для оттайки всего объема песков понадобится $\frac{H_n}{h_{om}} = \frac{2,5}{0,12} = 20$ суток.

За сезон промывочный прибор нужно переставить $\frac{T}{20} = \frac{160}{20} = 8$ раз, где T

– продолжительность сезона.

22. Расчет параметров шлюзов.

Схема обогащения



22.1. Расчет шлюза глубокого наполнения

Содержание полезного компонента $C = 17 \%$.

Производительность промывочного прибора по пескам составляет:

$$Q_n = \frac{V_n^{sym}}{t_{sym}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где V_n^{sym} - суточный объем промывки, м^3 ;

t_{sym} – время промывки в сутки, ч.

$$Q_n = \frac{693,75}{20} = 35 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Производительность по пескам в твердой массе на шлюзах глубокого наполнения составляет $23 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расход воды на промывочном приборе – $12 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Расход воды в час составляет $338 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Объем пульпы $V_{пул} = 338 + 23 = 361 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Минимальная высота потока пульпы:

$$h = a \times d,$$

где a – коэффициент, зависящий от размеров кусков материала; %

d – наибольший размер кусков, м.

$$h = 1,4 \times 0,1 = 0,14 \text{ м}.$$

Общая ширина шлюза

$$B = \frac{V_{пул}}{v \times h},$$

где $V_{пул}$ – объем пульпы или объемная производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$;

v – скорость потока пульпы, м/с.

$$B = \frac{361}{2 \times 0,14} = 1,2 \text{ м}.$$

Уклон шлюза

$$i = \frac{v^2}{c^2 \times R},$$

где c – коэффициент определяемый:

$$c = \frac{87}{\left(1 + \frac{\gamma'}{\sqrt{R}}\right)},$$

где γ' – коэффициент шероховатости, для трафареты из угловой стали $\gamma' = 0,397$;

R – гидравлический радиус

$$R = \frac{h}{1 + \frac{2 \times h}{B}}$$

$$R = \frac{0,14}{1 + \frac{2 \times 0,14}{1,4}} = 0,1$$

$$c = \frac{87}{1 + \frac{0,397}{\sqrt{0,1}}} = 38$$

$$i = \frac{2^2}{38^2 + 0,1} = 0,02$$

Минимальная длина шлюзов глубокого наполнения для обогащения золотосодержащих песков составляет 20 м.

22.2. Шлюз мелкого наполнения

Содержание полезного компонента 49 % от содержания исходных песков.

Производительность по пескам: $35 \times 0,49 = 17 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расход воды в час: $8 \times 17 = 136 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Объем пульпы: $V_{\text{пуль}} = 136 + 17 = 153 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Минимальная высота потока пульпы

$$h = 2,1 \times 0,018 = 0,03 \text{ м}.$$

Общая ширина шлюза

$$B = \frac{153}{1,4 \times 0,03} = 1,5 \text{ м}.$$

Уклон шлюза

$$i = \frac{v^2}{c^2 \times R}$$

Гидравлический радиус

$$R = \frac{0,03}{1 + \frac{2 \times 0,03}{1,5}} = 0,02 \text{ м}$$

$$\text{Коэффициент } c = \frac{87}{\left(1 + \frac{\gamma'}{\sqrt{R}}\right)},$$

γ' – коэффициент шероховатости, для сукна с панцирной сеткой $\gamma' = 0,490$;

$$c = \frac{87}{1 + \frac{0,490}{\sqrt{0,02}}} = 19,3.$$

$$\text{Отсюда } i = \frac{1,4^2}{19,3^2 * 0,02} = 0,26.$$

Список литературы

1. Шорохов С.М. Технология и комплексная механизация разработки россыпных месторождений. М., Недра, 1973.
2. Справочник по обогащению руд. Основные процессы. М., Недра, 1983.

Варианты заданий

№ вари- анта	Объем сезонной добычи металла, $Q_{сез}$, кг	Содер- жание металла в пес- ках, c , мг/м ³	Коэф- фици- ент раз- рыхле- ния по- род, K_p	Углы наклона поверхности			Шири- на кон- тура балан- совых запасов, B , м	Шири- на ле- вого увала, м	Шири- на пра- вого увала, м	Мощ- ность песков, H_n , м	Мощ- ность торфов, H_m , м	Про- должи- тель- ность сезона, T , сут	Мощ- ность талого слоя в сутки, $h_{сут}$, см	Содер- жание глины в песках, %
				про- доль- ный	левый	правый								
1	55	450	1,3	0,02	0,02	0,04	50	55	70	2,2	3,1	160	12	9
2	50	430	1,2	0,02	0,02	0,03	48	50	72	2,5	3,0	170	10	5
3	53	470	1,1	0,03	0,03	0,035	45	60	75	2,3	3,2	170	10	7
4	60	455	1,2	0,025	0,025	0,04	52	63	75	2,2	3,1	160	8	9
5	62	460	1,3	0,025	0,025	0,03	46	56	70	2,1	3,3	170	12	5
6	60	465	1,4	0,018	0,018	0,035	50	52	80	2,5	3,2	160	9	7
7	58	470	1,1	0,02	0,02	0,035	48	72	75	2,3	3,1	160	11	6
8	55	452	1,3	0,02	0,02	0,04	52	70	75	2,5	3,3	160	10	9
9	65	450	1,2	0,025	0,025	0,041	53	53	78	2,2	3,2	160	8	10
10	63	458	1,2	0,018	0,018	0,04	50	50	80	2,1	3,0	170	8	12
11	52	465	1,3	0,02	0,02	0,035	51	66	70	2,3	3,4	170	10	3
12	50	460	1,1	0,02	0,02	0,035	53	50	75	2,0	3,0	160	9	12
13	60	430	1,4	0,025	0,025	0,04	49	60	75	2,1	3,1	170	12	15
14	58	445	1,2	0,019	0,019	0,041	50	70	70	2,2	3,2	160	8	10
15	56	470	1,3	0,02	0,02	0,035	51	56	73	2,1	3,1	170	8	9
16	60	463	1,1	0,02	0,02	0,04	51	50	77	2,0	3,0	170	8	6

