

Министерство угольной промышленности СССР
Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й
МАКЕЕВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
по безопасности работ в горной промышленности
Ма к Н И И

И Н С Т Р У К Ц И Я
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПЛОСКИХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ СЛАНЦЕВЫХ ШАХТ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ „ЭСТОНСЛАНЕЦ“

Макеевка—Донбасс
1 9 7 9

Министерство угольной промышленности СССР

Государственный

Макеевский ордена Октябрьской Революции научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности

СОГЛАСОВАНО

с Госгортехнадзором
Эстонской ССР

25.04.1979 г.

УТВЕРЖДЕНО

Производственным объединением
"Эстонсланец"

26.04.1979 г.

И Н С Т Р У К Ц И Я

по определению пожаробезопасных параметров
плоских породных отвалов сланцевых шахт
производственного объединения "Эстонсланец"

1. ВВЕДЕНИЕ

Согласно Инструкции по предупреждению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов (Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. М., "Недра", 1976) формирование плоских отвалов сланцевых шахт должно осуществляться слоями. Толщина слоя на индивидуальном шахтном отвале не должна превышать 2 м; на отвале, общем для шахты и обогатительной фабрики - 1,5 м и на отвале обогатительной фабрики - 1 м. Отвальная масса в отсыпаемых слоях должна уплотняться и переслаиваться по контуру отвала слоем негорючего материала толщиной 0,25-0,30 м при ширине полосы 3 м.

Перечисленные мероприятия не всегда эффективны, так как не учитывают различие свойств отвальной массы и не регламентируют степень ее уплотнения. Кроме того, они являются трудоемкими и дорогостоящими, поскольку для их выполнения требуется большой объем бульдозерных работ и значительный расход негорючего материала (грунта и др.).

Настоящая инструкция уточняет требования пунктов 8,9,10,14,15, и 16 упомянутой выше Инструкции применительно к плоским породным отвалам сланцевых шахт производственного объединения "Эстонсланец".

В Инструкции излагаются методика расчета пожаробезопасных параметров плоских породных отвалов и рекомендации по их формированию.

Инструкция разработана на основании исследований, проведенных МакНИИ и производственным объединением "Эстонсланец" в 1972-1977 гг., и может быть использована при проектировании и эксплуатации породных отвалов на шахтах ПО "Эстонсланец".

В составлении инструкции принимали участие инж В.К.Раскидин, инж.М.Н.Зенина, инж.М.А.Уйт (МакНИИ), к.т.н.Э.В.Парахонский (ПО "Эстонсланец").

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К пожаробезопасным параметрам плоских породных отвалов относятся: толщина отсыпаемого слоя отвальной массы H , высота яруса $H_я$, коэффициент воздухопроницаемости отвальной массы k_n , расстояние по горизонтали от откоса L , на котором отвальная масса подлежит уплотнению, толщина изолирующего покрытия (по горизонтали) на откосе B и ширина его на горизонтальной поверхности яруса $L_я$.

Основными исходными данными для расчета пожаробезопасных параметров плоских отвалов являются насыпная γ и объемная ρ плотности, энергия активации E , показатель химической активности K , внешняя влага $W^{вн}$, эквивалентный диаметр d отвальной массы и содержание в ней условного горячего сланца Γ_y .

Насыпную плотность определяют непосредственно на отвале, остальные данные получают в лабораторных условиях по пробе, отобранной на отвале в месте свежей отсыпки или из потока.

Контроль процесса самонагрева отвальной массы производят по максимальной ее температуре и скорости роста температуры в отвале. Необходимо, чтобы максимальная температура в отвале не превышала критическую T_k , а фактическая скорость роста температуры - расчетного значения ψ .

Настоящей Инструкцией не регламентируется общая высота отвала. Последнюю устанавливают согласно п. 4 Инструкции к § 518 Правил безопасности.

В качестве примера в разделе 4 приведен расчет пожаробезопасных параметров для плоского породного отвала шахты "Эстония".

Пожаробезопасные параметры устанавливают в соответствии с разделом 5 настоящей инструкции "Рекомендации по предупреждению самовозгорания плоских породных отвалов сланцевых шахт", а при необходимости уточняют расчетом в соответствии с разделом 5 "Методика определения пожаробезопасных параметров плоских породных отвалов сланцевых шахт". Значения рассчитанных по Методике параметров могут быть больше рекомендованных в разделе 5.

3. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОСКИХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ СЛАНЦЕВЫХ ШАХТ

3.1. Расчет пожаробезопасных параметров плоских породных отвалов

Толщину отсыпаемого слоя отвальной массы рассчитывают по формуле

$$H = \sqrt{\frac{3\lambda(T_k - 293)}{Q_T - Q_0} \left[1 - \frac{Q_0}{Q_T - Q_0} \ln \frac{Q_T}{Q_0} \right]}, \text{ м, (1)}$$

где λ - теплопроводность отвальной массы, Вт/(м·К);
 T_k - критическая температура самонагрева, К;
 Q_0 и Q_T - скорость генерации тепла за счет окисления отвальной массы соответственно при температурах $T_0 = 293\text{К}$ и T_k , Дж/(м³·с).

Коэффициент воздухопроницаемости отвальной массы k_n , требуемый для предупреждения ее самовозгорания, вычляют по формуле

$$k_n = \frac{4,523 \cdot 10^{-5} G H^2}{\alpha \beta} \left[e^{\beta \left(\frac{0,7}{\text{tg}\alpha} + \frac{0,5}{\text{sin}\alpha} \right)} - e^{\frac{0,7\beta}{\text{tg}\alpha}} \right] \text{ м}^2, (2)$$

где G - скорость сорбции кислорода рядовой отвальной массой, кмоль/(м³·с);

α, β - постоянные безразмерные величины, равные соответственно 12,17 и 1,68 для угла откоса 20° и 2,29 и 1,88 для угла откоса 40°;

α - угол откоса отвала, град.

В том случае, когда коэффициент воздухопроницаемости отвальной массы k_0 на расстоянии L от откоса выше k_n , дополнительно рассчитывают толщину изолирующего покрытия B по формуле

$$\frac{k_0}{k_n} = \frac{k_0 B}{k_n L} + 1 - \frac{B}{L}, \quad (3)$$

где k_0, k_n - коэффициент воздухопроницаемости соответственно отвальной массы и изолирующего материала, м²;

B - толщина изолирующего покрытия (по горизонтали), м.

Расстояние по горизонтали от откоса, на котором коэффициент воздухопроницаемости отвальной массы должен быть не более k_n , определяют по формуле

$$L \geq m H_{\text{я}}, \quad \text{м, (4)}$$

где m - коэффициент, зависящий от отношения $H_{\text{я}}/H$ (табл. I).

Таблица I

Значения коэффициента m

Угол откоса, град	Значение m при $H_{\text{я}}/H$ равном				
	2	3	4	5	6
20	3,00	2,35	2,05	1,90	1,85
40	1,50	1,20	1,10		0,95

Ширина изолирующей полосы из суглинка (глины) по контуру яруса $L_{\text{я}}$ должна быть не менее $H_{\text{я}}$. Толщина изолирующей полосы должна быть не менее 0,25 м.

Время $\Delta T_{\text{к}}$, необходимое для самонагрева отвальной массы до критической температуры, вычисляют по формуле

$$\Delta T_{\text{к}} = \frac{1,157 \cdot 10^{-5} C_{\text{п}} \gamma (T_{\text{к}} - 293)}{Q_{\text{т}} - Q_{\text{о}}} \ln \frac{Q_{\text{т}}}{Q_{\text{о}}}, \text{сут. (5)}$$

где $C_{\text{п}}$ - удельная теплоемкость отвальной массы, Дж/(кг·К);
 γ - насыпная плотность отвальной массы в воздушно-сухом состоянии, кг/м³.

Скорость роста температуры отвальной массы ψ находят по формуле

$$\psi = \frac{T_{\text{к}} - 293}{\Delta T_{\text{к}}}, \quad \text{°C/сут. (6)}$$

3.2. Расчет величин, входящих в формулы для определения пожаробезопасных параметров

Критическую температуру самонагрева рассчитывают по формуле

$$T_K = 60,137 \cdot 10^{-6} E (1 - \sqrt{1 - 9,751 \cdot 10^6 / E}) \text{ К}, \quad (7)$$

где E - энергия активации процесса окисления отвалной массы кислородом воздуха, Дж/кмоль.

Значения остальных величин равны

$$G = \frac{1,128 n \gamma K_0}{\rho}; \quad (8)$$

$$Q_0 = \frac{1,1236 \cdot 10^{-8} n \gamma K_0}{\rho}; \quad (9)$$

$$Q_T = \frac{0,6182 \cdot 10^{-8} n \gamma K_T}{\rho}; \quad (10)$$

$$n = 6,984 G_{0-1} + 0,96 G_{1-3} + 0,745 G_{3-6} + 0,477 G_{6-13} + 0,351 G_{13-25} + \quad (11)$$

$$+ 0,143 G_{25-50} + 0,073 G_{50-100} + 0,019 G_{100-500};$$

$$\lambda = \frac{(1-0,01n)[2351(1-0,01\Gamma_y) + 16,19\Gamma_y]}{1820 + 6,30\Gamma_y}, \frac{B_T}{\text{М} \cdot \text{К}}, \quad (12)$$

$$\rho = \frac{2450}{1 + 0,00346\Gamma_y}, \text{ кг/м}^3; \quad (13)$$

$$C_n = [8,80(100-\Gamma_y) + 10,90\Gamma_y] (1 - 0,01 W^{B_n}) + 41,87 W^{B_n}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \quad (14)$$

$$k = 5,755 \cdot 10^{-11} d^2 \Pi^4, \quad \text{м}^2; \quad (15)$$

$$\Pi = 100 \left(1 - \frac{\gamma}{p} \right) \quad \%, \quad (16)$$

где Π - коэффициент, зависящий от гранулометрического состава отвальной массы;
 K_0, K_T - показатели химической активности отвальной массы соответственно при температурах 293К и $T_K, \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$;

b_i - доля отвальной массы i -того класса крупности;
 Γ_y - содержание условного горючего сланца, %;
 $W_{вн}$ - внешняя влага отвальной массы, %;
 d - эквивалентный диаметр отвальной массы, м.

3.3. Экспериментальное определение исходных данных, необходимых для расчета пожаробезопасных параметров

3.3.1. Отбор и обработка первичной пробы отвальной массы

Отбор первичной пробы отвальной массы производят на поверхности отвала в зоне свежей отсыпки или из потока.

Отбор пробы производят вручную штыковой лопатой или другими приспособлениями. Количество отбираемых частичных проб (порций) должно быть не менее 30. Масса порций для шахтных отвалов не менее 20 кг, а обогащительных фабрик - 10 кг. Порции отбирают на всей горизонтальной поверхности зоны свежей отсыпки по квадратной сетке. Для этого горизонтальную поверхность в зоне отсыпки за 10 дней параллельными линиями делят на равные квадраты (мысленно, наложением сетки или другими способами).

Число рядов, параллельных откосу, рассчитывают по формуле

$$N = \sqrt{\frac{10 Q n_0}{\gamma H B_3^2}}, \quad (17)$$

где Q - количество породы, поступающей на отвал, т/сут;
 γ - насыпная плотность отвальной массы, т/м³;
 H - высота слоя отсыпки, м;
 B_3 - ширина зоны отсыпки, м;
 n_0 - количество частичных проб.

Первый ряд точек располагают на расстоянии 0,5-1,0 м от кромки откоса.

Количество точек в ряду определяют из соотношения

$$n_1 = \frac{n_0}{N}. \quad (18)$$

Шаг сетки отбора проб находят по формуле

$$t = \frac{B_3}{n_1}. \quad (19)$$

Из потока пробы (порции) отбирают непосредственно с конвейерных лент или в местах перегрузки в течение 10 дней по 3 пробы в сутки (1 проба в смену) массой, указанной выше. Отбор проб производят вручную или с помощью приспособления (рамы), внедряемого в отвальную массу до транспортирующей поверхности перпендикулярно направлению движения потока.

Частичные пробы сыпают в кучу, тщательно перемешивают, в результате чего получают среднюю первичную пробу. Из средней первичной пробы квартованием отбирают половину для определения ее гранулометрического состава (ситовой анализ). Оставшуюся пробу измельчают до крупности не более 25 мм и квартованием отбирают порцию в 20 кг, измельчают до крупности не более 0,50 мм и из нее выделяют класс крупности 0,35-0,50 мм для определения энергии активации, показателя химической активности, зольности, двуокиси углерода карбонатов.

Внешнюю влагу определяют по пробам, набранным в точках замера насыпной плотности в герметические ёмкости.

3.3.2. Насыпная плотность

Насыпную плотность отвальной массы на породном отвале определяют методом "лунки", который заключается в следующем. На горизонтальной поверхности отвала выкапывают лунку объемом 0,03-0,05 м³ в зависимости от крупности породы. Породу, вынутую из лунки, взвешивают. Дно лунки закрывают мягкой бумагой и

заполняют лунку сухим песком, объем которого измеряют мерной емкостью. Насыпную плотность находят по формуле

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad \text{кг/м}^3, \quad (20)$$

где G - вес породы, вынутой из лунки, кг;
 V - объем песка, заполнившего лунку, м³.

Определение насыпной плотности производят не менее, чем в 10 точках по двум нормальям к откосу отвала на расстояниях 3,5, 10, 15 и 20 м от откоса. По результатам всех определений вычисляют среднее значение насыпного веса для данного отвала.

3.3.3. Эквивалентный диаметр кусков отвальной массы

Эквивалентный диаметр кусков отвальной массы определяют по гранулометрическому составу на основании данных ситового анализа по ГОСТ 2093-69 средней первичной пробы.

При ситовом анализе следует выделять следующие классы крупности: ≥ 150 , 100-150, 50-100, 25-50, 13-25, 6-13, 3-6, 1-3 и 0-1 мм.

Содержание i - того класса крупности определяют по формуле

$$G_i = \frac{g_i}{G}, \quad (21)$$

где G_i - доля частиц i -того класса крупности;
 g_i - вес кусков i -того класса крупности, кг;
 G - общий вес рассеиваемой пробы, кг.

Эквивалентный диаметр кусков отвальной массы рассчитывают по формуле

$$\frac{1}{d} = \sum \frac{G_i}{d_i}, \quad (22)$$

где $d_i = \frac{d_i' + d_i''}{2}$ - средний размер частиц i -того класса крупности, м;
 d_i' - размер ячеек верхнего сита, м;
 d_i'' - размер ячеек сита, на котором отобрана проба, м.

3.3.4. Внешняя влага, условная органическая масса, условный горючий сланец

Внешнюю влагу отвальной массы W^{6H} определяют как разницу рабочей W^P и воздушно-сухой W_{6C}^a влаги по ГОСТ 11014-70.

Содержание условной органической массы K_y рассчитывают по формуле

$$K_y = 100 - A^c - (CO_2)_k^c, \%, \quad (23)$$

где A^c - содержание золы в отвальной массе по ГОСТ 11022-75, %;

$(CO_2)_k^c$ - содержание двуокиси углерода карбонатов в отвальной массе по ГОСТ 7752-74, %.

Если известна удельная теплота сгорания отвальной массы, то содержание условной органической массы K_y может быть рассчитано и по формуле

$$K_y = 0,0115 Q_B^c, \%, \quad (24)$$

где Q_B^c - удельная теплота сгорания отвальной массы по ГОСТ 147-74, ккал/кг.

Содержание условного горючего сланца Γ_y вычисляют по формуле

$$\Gamma_y = 2,825 K_y, \%. \quad (25)$$

3.3.5. Энергия активации и показатель химической активности

Энергия активации (E) и показатели химической активности K_0 и K_T определяют по данным лабораторных испытаний проб отвальной массы крупностью 0,35-0,50 мм. Установка для проведения лабораторных испытаний, принципиальная схема которой показана на рис.1, детально описана в трудах МакНИИ (Безопасность труда в угольных шахтах. Недра, М., 1972, т.ХХП). Она представляет собой ультратермостат (1), в который помещены два окислительных сосуда (2-5) диаметром 108 и высотой 198 мм. В сосуды загружают по 1000 см³ предварительно взвешенной отвальной мас-

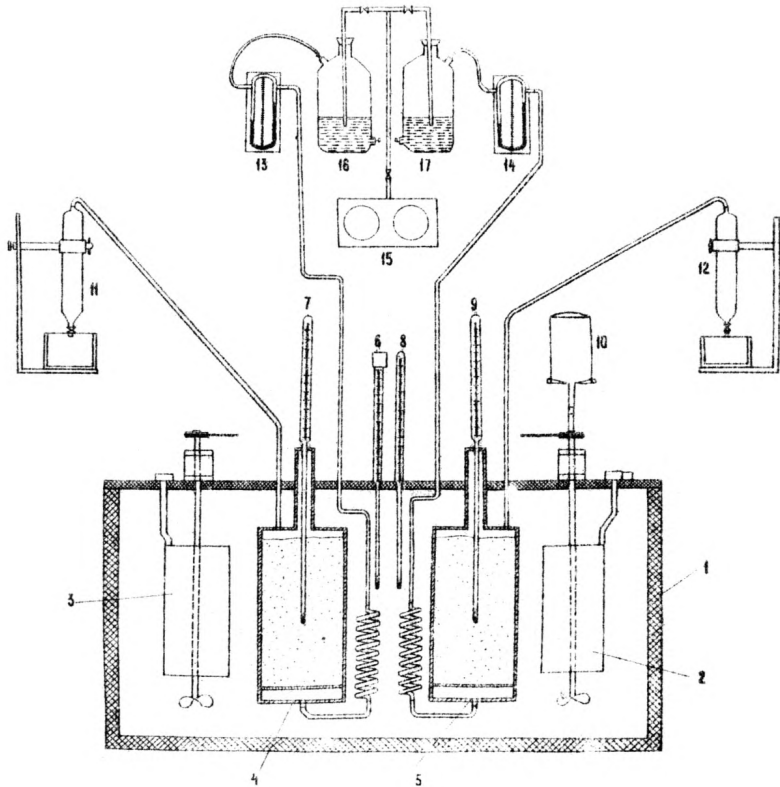


Рис. I. Установка для определения химической активности
отвальной массы:
I - термостат; 2 и 3 - нагреватели; 4 и 5 - окисли-
тельные сосуды; 6 - контактный термометр; 7, 8 и 9 -
ртутные термометры; 10 - мешалка; 11 и 12 - бюретки;
13 и 14 - реометры; 15 - компрессор; 16 и 17 - емко-
сти для увлажнения воздуха

сы и герметически закрывают их пробками с термометрами. Воздух от компрессора (15) через емкости (16,17), необходимые для его увлажнения и регулирования расхода, и реометры (13,14) поступает в окислительные сосуды. Режим испытания принят следующий. Расход воздуха равен 1 л/ч, отбор проб газа производят в бюретки (11,12) при температурах отвальной массы 30,45,60 и 75°C. Нагревание термостата ведут ступенчато т.е. в течение 10 мин нагревают до заданной температуры, а затем в течение 100 мин выдерживают при указанных выше температурах для достижения равномерного нагревания пробы в окислительном сосуде. Регулировку температуры производят с помощью контактного термометра (6) и термометра (8) с ценой деления 0,2 градуса.

По содержанию кислорода в пробах газа (O_2) в процентах вычисляют значения $\ln \ln \frac{20,9}{O_2}$, а по соответствующим им температурам (Т) в К - значения $\frac{300}{T}$. Полученные значения наносят на график в этих же координатах и проводят прямую (рис.2). Энергию активации рассчитывают по формуле

$$E = 2,947 \cdot 10^6 \frac{\ln \ln \frac{20,9}{O_2''} - \ln \ln \frac{20,9}{O_2'}}{\frac{300}{T'} - \frac{300}{T''}}, \quad (26)$$

где E - энергия активации, Дж/кмоль.

величины $\ln \ln \frac{20,9}{O_2'}$ и $\ln \ln \frac{20,9}{O_2''}$ берут из графика (рис.2) для двух точек прямой, соответствующих температурам T' и T'' . Для $T_0 = 293$ и T_K по графику определяют величины $\ln \ln \frac{20,9}{O_2}$, а затем вычисляют значения $\ln \frac{20,9}{O_2}$, которые используют для расчета показателя химической активности по формуле

$$K = 0,969 \cdot 10^8 \frac{p}{m_n} \ln \frac{20,9}{O_2}, \quad (27)$$

где K - показатель химической активности, кмоль/(см³·с);

m_n - масса испытываемой пробы, кг.

Проводят не менее 3 определений, по которым определяют средние значения E, K_0 и K_T .

При ориентировочных расчетах можно принять значение энергии активации, равное $48,95 \cdot 10^6$ Дж/кмоль, а показатель

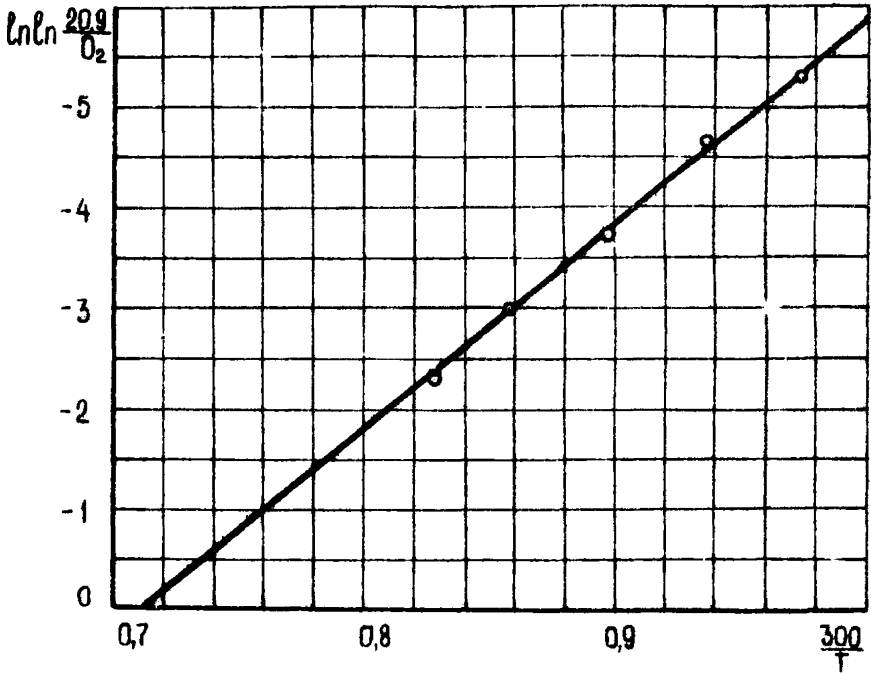


Рис. 2. Зависимость $\ln \ln \frac{20.9}{O_2}$ от $\frac{300}{T}$

химической активности рассчитать по формулам

$$K_0 = 0,317 \cdot 10^{-8} K_y ; \quad (28)$$

$$K_T = 0,912 \cdot 10^{-8} K_y . \quad (29)$$

При расчете пожаробезопасных параметров вновь проектируемых породных отвалов в качестве исходных могут быть приняты экспериментальные данные, полученные на эксплуатируемых в аналогичных условиях породных отвалах.

4. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОСКОГО ПОРОДНОГО ОТВАЛА ШАХТЫ "ЭСТОНИЯ"

4.1. Исходные экспериментальные данные для расчета пожаробезопасных параметров

4.1.1. Насыпную плотность выветрившейся, находящейся в отвале не менее года, и неокисленной (в месте свежей отсыпки) отвальной массы рассчитываем как среднее значение 10 определений на отвале методом "лунки". Данные по выветрившейся отвальной массе приведены в таблице 2.

Таблица 2

Насыпная плотность выветрившейся отвальной массы

Расстояние до точки замера от кромки откоса, м	Объем песка, м ³	Масса породы, кг	Насыпная плотность при W^p , кг/м ³
3,0	0,0410	80	1950
3,0	0,0390	80	2050
5,0	0,0381	80	2100
5,0	0,0367	80	2180
10,0	0,0381	80	2100
10,0	0,0383	80	2090
15,0	0,0398	80	2010
15,0	0,0359	80	2230
20,0	0,0364	80	2200
20,0	0,0365	80	2190

Полученное среднее значение $\gamma^P = 2130 \text{ кг/м}^3$ пересчитываем на воздушно-сухое состояние при $W^{6H} = 4,3\%$.

$$\gamma = \gamma^P (1 - 0,01 W^{6H}) = 2110 (1 - 0,01 \cdot 4,3) = 2020 \text{ кг/м}^3.$$

Аналогично вычисляем γ и для неокисленной отвальной массы - 1690 кг/м^3 .

4.1.2. Отбор первичной пробы производим на горизонтальной поверхности отвала в месте отсыпки по квадратной сетке.

Исходя из того, что годовая подача породы в плоский отвал на шахте "Эстония" составляет 2400 тыс. м^3 , ширина зоны отсыпки - 200 м , а высота слоя в зоне отсыпки - 2 м , рассчитываем число рядов.

$$N = \sqrt{10 \cdot \frac{2400000}{300} \cdot \frac{30}{2 \cdot 200^2}} = 5,48. \quad (17)$$

Округляя, получаем $N = 6$.

Количество точек в ряду вычисляем по формуле (18)

$$n_1 = \frac{30}{6} = 5.$$

Шаг сетки рассчитываем по формуле (19)

$$t = \frac{200}{5} = 40 \text{ м}.$$

Отбираем 30 частичных проб по 20 кг и получаем среднюю первичную пробу весом 600 кг.

4.1.3. Эквивалентный диаметр неокисленной и выветрившейся отвальной массы определяем на основании данных ее гранулометрического состава.

Отбираем квартованием половину первичной пробы, проводим ситовой анализ ее, рассчитывая содержание каждого класса крупности по формуле (21), (табл.3).

Таблица 3

Гранулометрический состав отвальной массы

Состояние отвальной массы	Выход, %								
	Классы крупности, мм								
	> 150	100-150	50-100	25-50	13-25	6-13	3-6	1-3	0-1
Неокис- лен ная	20,0	27,2	31,6	12,8	4,0	2,0	0,4	1,3	0,7
Выветрив- шаяся	6,5	9,3	33,7	21,5	12,0	7,5	2,3	4,3	2,9

Вычисляем по формуле (22) эквивалентный (средний) диаметр кусков неокисленной и выветрившейся отвальной массы

$$d_0 = 0,0295 \text{ м}; \quad d_0' = 0,0093 \text{ м.}$$

4.1.4. Содержание условной органической массы рассчитываем по формуле (23) на основании результатов технического анализа отвальной массы $A^c = 57,6\%$; $(CO_2)_c = 31,6\%$.

$$K_y = 100 - 57,6 - 31,6 = 10,8\%.$$

4.1.5. Содержание условного органического сланца находим по формуле (25)

$$\Gamma_y = 2,825 \cdot 10,8 = 30,5\%.$$

4.1.6. Энергию активации и показатели химической активности определяем по результатам трех лабораторных испытаний (данные одного из испытаний приведены в табл.4).

Таблица 4.

Данные лабораторных испытаний для определения E и K

Время с начала опыта, мин	Температура масла в термометре, T_m, K	Температура отвальной массы, T_n, K	Содержание кислорода на исходящей струе, $O_2, \%$	$\frac{300}{T}$	$\ln \ln \frac{20,9}{O_2}$
1	2	3	4	5	6
120	36	34	20,8	0,974	-5,3
200	50	46	20,7	0,935	-4,6

Продолжение табл.4

1	2	3	4	5	6
300	65	59	20,4	0,896	-3,7
390	80	75	19,9	0,856	-3,0
480	95	86	18,8	0,825	-2,2

Значения T в табл.4 рассчитаны как среднеарифметические T_n и T_n .

Значения $\ln \ln \frac{20,9}{O_2}$ и $\frac{300}{T}$ наносим на график в этих же координатах и проводим прямую (см.рис.2), необходимую для определения E и K_T .

Находим по формуле (26) энергию активации

$$E_1 = 2,492 \cdot 10^6 \left[\frac{-1,8 - (-3,65)}{0,9 - 0,8} \right] = 51,09 \cdot 10^6 \text{ Дж/кмоль.}$$

Аналогично вычисляем E_2 и E_3 . По E_1 , E_2 и E_3 рассчитываем среднее значение $E = \frac{(51,09 + 51,80 + 49,49)}{3} = 50,36 \cdot 10^6 \text{ Дж/кмоль.}$

Объемную плотность вычисляем по формуле (13)

$$\rho = \frac{2450}{1 + 0,00346 \cdot 30,5} = 2215 \text{ кг/м}^3$$

Массу пробы определяем взвешиванием $m_n = 1,08 \text{ кг.}$
Критическую температуру рассчитываем по формуле (?)

$$T_k = 60,137 \cdot 10^{-6} \cdot 50,36 \cdot 10^6 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{9,751 \cdot 10^6}{50,36 \cdot 10^6}} \right] = 308,7 \text{ К}$$

Значения $\ln \ln \frac{20,9}{O_2}$ для $T_0 = 293 \text{ К}$ и $T_k = 308,7 \text{ К}$ находим по графику (см.рис.2). Они равны соответственно 6,40 и 5,30, а $\ln \frac{20,9}{O_2}$ составляет $1,65 \cdot 10^{-3}$ и $4,96 \cdot 10^{-3}$.

Вычислим по формуле (27) показатели химической активности при температурах T_0 и T_k .

$$K_0 = 0,969 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{2215}{1,08} \cdot 1,65 \cdot 10^{-3} = 3,282 \cdot 10^{-8} \text{ кмоль/(м}^3 \cdot \text{с);}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,969 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{2215}{1,08} \cdot 4,96 \cdot 10^{-3} = 9,873 \cdot 10^{-8} \text{ кмоль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}); \\
 &= \frac{(3,282+3,267+3,876) \cdot 10^{-8}}{3} = 3,475 \cdot 10^{-8} \text{ кмоль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}); \\
 &= \frac{(9,873+9,785+10,124) \cdot 10^{-8}}{3} = 9,927 \cdot 10^{-8} \text{ кмоль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с}).
 \end{aligned}$$

Для ориентировочных расчетов можно принять $E = 48,95 \cdot 10^6$ Дж/кмоль, а K_0 и K_T определить по формулам (28) и (29).

$$K_0 = 0,317 \cdot 10^{-8} \cdot 10,8 = 3,426 \cdot 10^{-8} \text{ кмоль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с});$$

$$K_T = 0,912 \cdot 10^{-8} \cdot 10,8 = 9,855 \cdot 10^{-8} \text{ кмоль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с});$$

4.1.7. Остальные исходные данные рассчитываем соответственно по формулам 16,11,12,8,9,10.

$$n_0 = 100 \left(1 - \frac{1690}{2215}\right) = 23,7\%;$$

$$n_0^i = 100 \left(1 - \frac{2020}{2215}\right) = 8,8\%;$$

$$\begin{aligned}
 n &= 0,984 \cdot 0,007 + 0,930 \cdot 0,013 + 0,745 \cdot 0,004 + 0,477 \cdot 0,020 + 0,351 \cdot \\
 &\quad \cdot 0,040 + 0,143 \cdot 1,28 + 0,073 \cdot 0,316 + 0,019 \cdot 0,472 = 0,0959;
 \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{(1-0,01 \cdot 8,7) [2351 (1-0,01 \cdot 30,5) + 16,19 \cdot 30,5]}{1820 + 6,30 \cdot 30,5} =$$

$$= 0,965 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

$$G = \frac{1,28 \cdot 0,0959 \cdot 2020 \cdot 3,475 \cdot 10^{-8}}{2215} = 0,3890 \cdot 10^{-8} \text{ кмоль}/(\text{м}^3 \cdot \text{с});$$

$$Q_0 = \frac{1,1236 \cdot 10^8 \cdot 0,0959 \cdot 2020 \cdot 3,475 \cdot 10^{-6}}{2215} = 0,3415 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с});$$

$$Q_T = \frac{0,6182 \cdot 10^8 \cdot 0,0959 \cdot 2020 \cdot 9,927 \cdot 10^{-8}}{2215} = 0,5367 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с});$$

$$C_n = [8,80 (100-30,5) + 10,90 \cdot 30,5] (1-0,01 \cdot 4,3) + 1,87 \cdot 4,3 =$$

$$= 1083 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$$

Коэффициенты воздухопроницаемости свежесыпанной k_0 и выветрившейся k'_0 отвальной массы находим по формуле (15)

$$k_0 = 5,755 \cdot 10^{-11} \cdot 0,0295^2 \cdot 23,7^4 = 1580,06 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2;$$

$$k'_0 = 5,755 \cdot 10^{-11} \cdot 0,0106^2 \cdot 8,8^4 = 3,88 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2.$$

4.2. Расчет пожаробезопасных параметров плоского отвала

4.2.1. Толщину отсыпанного слоя вычисляем по формуле

$$(I) \quad H = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,965 (308,7 - 293)}{0,5367 - 0,3415} \left[1 - \frac{0,3415}{0,5367 - 0,3415} \right]} \cdot \left[\ln \frac{0,5367}{0,3415} \right] = 6,97 \text{ м}.$$

4.2.2. Коэффициент воздухопроницаемости, требуемый для предупреждения самовозгорания, находим по формуле (2)

$$k_n = \frac{4,523 \cdot 10^{-5} \cdot 0,389 \cdot 10^{-8} \cdot 6,97^2}{2,29 \cdot 1,88} \left[e^{1,88 \left(\frac{0,7}{\sin 40^\circ} + \frac{0,5}{\sin 40^\circ} \right)} - e^{\frac{0,7 \cdot 1,88}{\sin 40^\circ}} \right] = 3,19 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2.$$

Коэффициент воздухопроницаемости свежесыпанной отвальной массы k_0 значительно выше требуемого для предупреждения самовозгорания k_n , а отвальной массы, выветрившейся в течение одного года k'_0 ниже k_n . Следовательно, при использовании выветрившейся отвальной массы можно предупредить самовозгорание без применения изолирующего покрытия.

4.2.3. Для высоты яруса H_j принимаем максимальное значение равное 20 м.

При $H_j/H \approx 3$ по формуле (4) находим

$$L = 1,2 \cdot 20 = 24 \text{ м}.$$

Принимая во внимание безопасные условия движения автосамосвалов у кромки откосов, полученную величину L увеличиваем до 30 м.

4.2.4. Ширина изолирующей полосы по контуру яруса должна быть не менее 20 м.

4.2.5. Время самонагревания отвальной массы до критической температуры ($35,7^{\circ}\text{C}$) рассчитываем по формуле (5)

$$\Delta T_{\text{к}} = \frac{1,157 \cdot 10^{-5} \cdot 1083 \cdot 2020 (308,7 - 293)}{0,5367 - 0,3415} \cdot \rho_n \frac{0,5367}{0,3415} = 921 \text{ сут.}$$

(6) 4.2.6. Скорость роста температуры определяем по формуле

$$\varphi = \frac{308,7 - 293}{921} = 0,017 \text{ }^{\circ}\text{C/сут.}$$

Таким образом для предупреждения самовозгорания плоского породного отвала шахты "Эстония" необходимо, чтобы толщина отсыпаемых слоев не превышала 7,0 м. Отсыпка второго и последующих слоев допустима после изоляции ранее отсыпанной отвальной массы. Для изоляции может быть использована выветрившаяся отвальная масса, уплотненная большегрузными автосамосвалами на расстоянии 30 м от откоса. Максимальная температура отвальной массы в процессе самонагревания не должна превышать $35,6^{\circ}\text{C}$, а скорость роста температуры - $0,017 \text{ }^{\circ}\text{C/сут.}$

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ САМОВОЗГОРАНИЯ ПЛОСКИХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ СЛАНЦЕВЫХ ШАХТ ПО "ЭСТОНСЛАНЕЦ"

Для предупреждения самовозгорания плоских породных отвалов сланцевых шахт необходимо при их формировании выполнять следующие мероприятия (рис.3).

1. Формирование плоских породных отвалов должно производиться слоями. Толщина отсыпаемого слоя не должна превышать 5 м на отвалах шахт, где нет механического обогащения; и 6,5 м - на отвалах шахт, где используется механическое обогащение.

2. Отвальная масса на расстоянии не менее 30 м от откосов должна быть тщательно уплотнена (например, с помощью большегрузных автосамосвалов при движении их по дорогам, расположенным вдоль откосов).

3. Отсыпку свежей отвальной массы следует проводить на поверхность отвала с выветрившейся в течение года породой.

4. Высота яруса не должна превышать 20 м. Горизонталь-

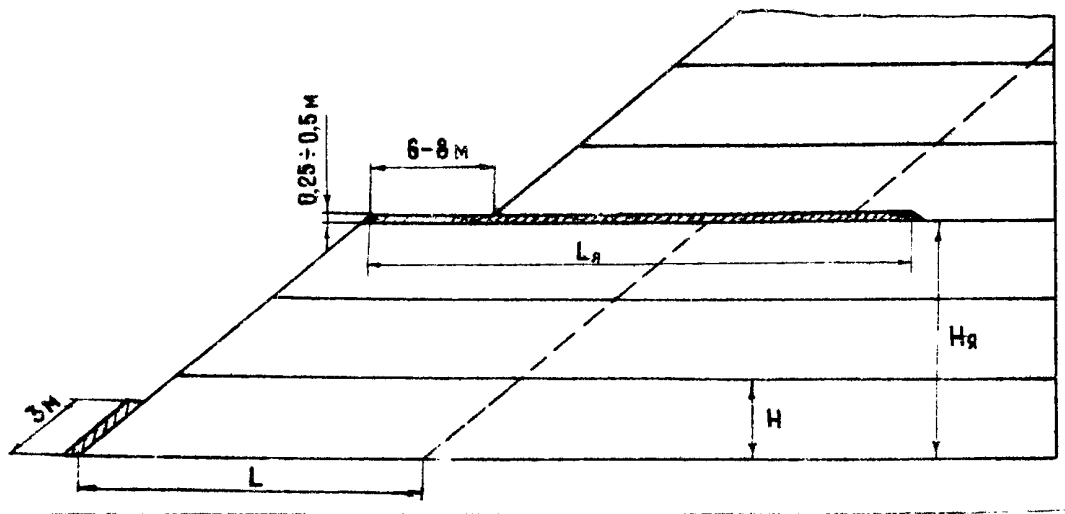


Рис.3. Схема плоского породного отвала с мероприятиями по профилактике самовозгорания

ную поверхность яруса на расстоянии 20 м от откоса следует покрывать грунтом толщиной 0,25 м.

5. Под грунтом следует понимать негорючие породы с содержанием не менее 10% кусков крупностью менее 3 мм.

6. Второй и все последующие ярусы требуется формировать с оставлением берм шириной не менее 6 м.

7. Для предупреждения возгорания отвальной массы от внешних источников необходимо отвал у основания оконтурить грунтом на высоту до 3 м.

8. По внешнему контуру отвала целесообразно складировать породу с минимальным содержанием условной органической массы (горючего сланца).

9. Контроль теплового состояния отвала следует проводить дважды в год, а именно в мае и октябре. Его осуществляют посредством визуального осмотра поверхности откосов и замера температуры на глубине 5 м в точках, расположенных на горизонтальной поверхности по контуру отвала через каждые 2,5 м на расстоянии 5 м от кромки откоса.

10. При обнаружении на отвале очагов самовозгорания необходимо провести в местах их расположения температурную съемку и разработать мероприятия по их локализации и ликвидации.

Зам.директора МакНИИ
по научной работе,
к.т.н.

Зав.отделом вентиляции и
газа МакНИИ, к.т.н.

Зав.лабораторией борьбы с
горением породных отвалов
МакНИИ

Божко В.Л.Божко

Бусыгин К.К.Бусыгин

Раскидкин Б.К.Раскидкин

Ответственный за выпуск Раскидкин В.К.
Ротапринт МакНИИ. Заказ № 478-70 экз.
Подп. к печати 26.06.79 г. БП 01903.
г.Макеевка Донецкой обл., Лихачева, 60.