Министерство угольной промышленности СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МАКЕЕВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
по безопасности работ в горной промышленности
МакНИИ

ИНСТРУКЦИЯ
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОСКИХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ СЛАНЦЕВЫХ ШАХТ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ „ЭСТОНСЛАНЕЦ“

Макеевка—Донбасс
1979

gost.e-ecolog.ru

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 Й

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

Макеевка-Донбасс
1979

I. В В Е Д Е Н И Е

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.Раскидкин , 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 $k_п$, 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 горючего сланца $Г_у$.

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 самонагревания отвальной массы производят по максимальной ее температуре и скорости роста температуры в отвале. Необходимо, чтобы максимальная температура в отвале не превышала критическую $T_к$, а фактическая скорость роста температуры - расчетного значения φ.

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 3 "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.I. Расчет пожаробезопасных параметров плоских породных отвалов

Толщину отсыпаемого слоя отвальной массы рассчитывают по формуле

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

где λ - теплопроводность отвальной массы, Вт/(м·К);

$T_к$ - критическая температура самонагревания, К;

Q_0 и $Q_т$ - скорость генерации тепла за счет окисления отвальной массы соответственно при температурах T_0 =293К и $T_к$, Дж/(м^3·с).

Коэффициент воздухопроницаемости отвальной массы $k_п$, требуемый для предупреждения ее самовозгорания, вычисляют по формуле

$$k_п = \frac{4{,}523\cdot10^{-5}\,GH^2}{ab}\left[e^{b\left(\frac{0{,}7}{tg\alpha}+\frac{0{,}5}{\sin\alpha}\right)} - e^{\frac{0{,}7b}{tg\alpha}}\right], \text{м}^2, \quad (2)$$

где G - скорость сорбции кислорода рядовой отвальной массой, кмоль/ (м^3·с);

a, b - постоянные безразмерные величины, равные соответственно I2,I7 и I,68 для угла откоса 20^0 и 2,29 и I,88 для угла откоса 40^0;

α - угол откоса отвала, град.

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

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

где k_0, $k_н$ - коэффициент воздухопроницаемости соответственно отвальной массы и изолирующего материала, м^2;

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

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

$$L \geq m H_я \text{ , м, (4)}$$

где m - коэффициент, зависящий от отношения $H_я/H$ (табл.I).

Таблица I

Значения коэффициента m

Угол откоса, град	Значение m при $H_я$ /H равном				
	2	3	4	5	6
20	3,00	2,35	2,05	I,90	I,85
40	I,50	I,20	I,I0		0,95

Ширина изолирующей полосы из суглинка (глины) по контуру яруса $L_я$ должна быть не менее $H_я$. Толщина изолирующей полосы должна быть не менее 0,25 м.

Время $\Delta\tau_к$, необходимое для самонагревания отвальной массы до критической температуры, вычисляют по формуле

$$\Delta\tau_к = \frac{1{,}157 \cdot 10^{-5} C_п \gamma (T_к - 293)}{Q_т - Q_0} \ell n \frac{Q_т}{Q_0}, \text{сут, (5)}$$

где $C_п$ - удельная теплоемкость отвальной массы, Дж/ (кг·К);

γ - насыпная плотность отвальной массы в воздушно-сухом состоянии, кг/м^3.

Скорость роста температуры отвальной массы φ находят по формуле

$$\varphi = \frac{T_к - 293}{\Delta\tau_к} \text{ , } {}^{\circ}\text{С/сут.(6)}$$

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

Критическую температуру самонагревания рассчитывают по формуле

$$T_к = 60{,}137 \cdot 10^{-6} E \left(1 - \sqrt{1 - 9{,}751 \cdot 10^{6}/E}\right), K \quad (7)$$

где E – энергия активации процесса окисления отвальной массы кислородом воздуха, Дж/кмоль.

Значения остальных величин равны

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

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

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

$$n = 0{,}984 б_{0-1} + 0{,}96 б_{1-3} + 0{,}745 б_{3-6} + 0{,}477 б_{6-13} + 0{,}351 б_{13-25} + 0{,}143 б_{25-50} + 0{,}073 б_{50-100} + 0{,}019 б_{100-500}; \quad (11)$$

$$\lambda = \frac{(1 - 0{,}01 П)[235 (1 - 0{,}01 Г_у) + 16{,}19 Г_у]}{1820 + 6{,}30 Г_у}, \frac{Вт}{м \cdot К}, \quad (12)$$

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

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

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

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

где k - коэффициент, зависящий от гранулометрического состава отвальной массы;

K_0, $K_т$ - показатели химической активности отвальной массы соответственно при температурах 293К и $T_к$, $\frac{кмоль}{(м^3 \cdot с)}$;

$б_i$ - доля отвальной массы i -того класса крупности;

$Г_у$ - 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.I. 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 обогатительных фабрик - I0 кг. Порции отбирают на всей горизонтальной поверхности зоны свежей отсыпки по квадратной сетке. Для этого горизонтальную поверхность в зоне отсыпки за I0 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 наотвал, т/сут;
γ - насыпная плотность отвальной массы, т/м^3;
H - высота слоя отсыпки, м;
B_3 - ширина зоны отсыпки, м;
n_0 - количество частичных проб.

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

Количество точек в ряду определяют из соотношения

$$n_1 = \frac{n_0}{N}. \qquad (I8)$$

Шаг сетки отбора проб находят по формуле

$$t = \frac{B_3}{n_1}. \qquad (I9)$$

Из потока пробы (порции) отбирают непосредственно с конвейерных лент или в местах перегрузки в течение I0 дней по 3 пробы в сутки (I 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 ссыпают 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 герметическиеёмкости.

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 м^3 в зависимости от крупности породы. Породу, вынутую из лунки, взвешивают. Дно лунки закрывают мягкой бумагой и

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

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

где G - вес породы, вынутой из лунки, кг;
V - объем песка, заполнившего лунку, м^3.

Определение насыпной плотности производят не менее, чем в 10 точках по двум нормалям к откосу отвала на расстоянии 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

$$G_i = \frac{q_i}{G}, \qquad (21)$$

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

Эквивалентный диаметр кусков отвальной массы рассчитывают по формуле

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

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 $W^{вн}$ определяют как разницу рабочей $W^{р}$ и воздушно-сухой $W^{а}_{вс}$ влаги по ГОСТ 11014-70.

Содержание условной органической массы Ку рассчитывают по формуле

$$К_{у} = 100 - А^{с} - (CO_2)^{с}_{к} \quad , \%, \quad (23)$$

где $А^{с}$ - содержание золы в отвальной массе по ГОСТ 11022-75, %;

$(CO_2)^{с}_{к}$ - содержание двуокиси углерода карбонатов в отвальной массе по ГОСТ 7752-74,%.

Если известна удельная теплота сгорания отвальной массы, то содержание условной органической массы $К_{у}$ может быть рассчитано и по формуле

$$К_{у} = 0,0115\ Q^{с}_{б} \quad , \%, \quad (24)$$

где $Q^{с}_{б}$ - удельная теплота сгорания отвальной массы по ГОСТ 147-74, ккал/кг.

Содержание условного горючего сланца $Г_{у}$ вычисляют по формуле

$$Г_{у} = 2,825\ К_{у} \quad , \%. \quad (25)$$

3.3.5. Энергия активации и показатель химической активности

Энергия активации ($Е$) и показатели химической активности $К_{о}$ и $К_{т}$ 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.XXП). Она представляет собой ультратермостат (1), в который помещены два окислительных сосуда (4, 5) диаметром 108 и высотой 198 мм. В сосуды загружают по 1000 $см^{3}$ предварительно взвешенной отвальной мас-

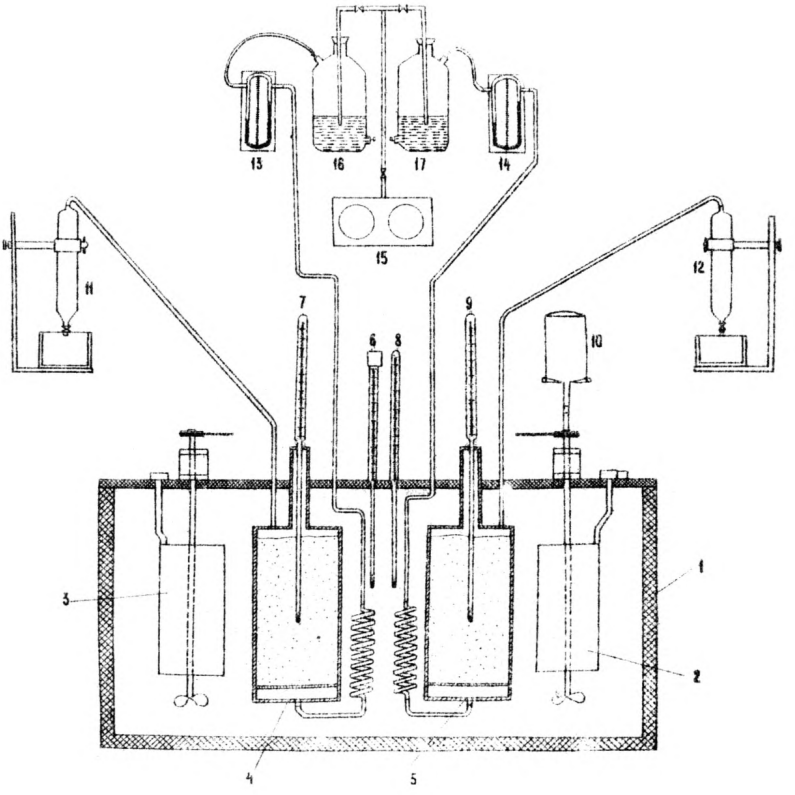

Рис.I. Установка для определения химической активности отвальной массы:
I - термостат; 2 и 3 - нагреватели; 4 и 5 - окислительные сосуды; 6 - контактный термометр; 7,8 и 9 - ртутные термометры; 10 - мешалка; II и 12 -бюретки; I3 и 14 - реометры; I5 - компрессор; I6 и I7-емкости для увлажнения воздуха

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°С. 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 (T) 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

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

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 $T_к$ 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

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

где K - показатель химической активности, кмоль/(см^3·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

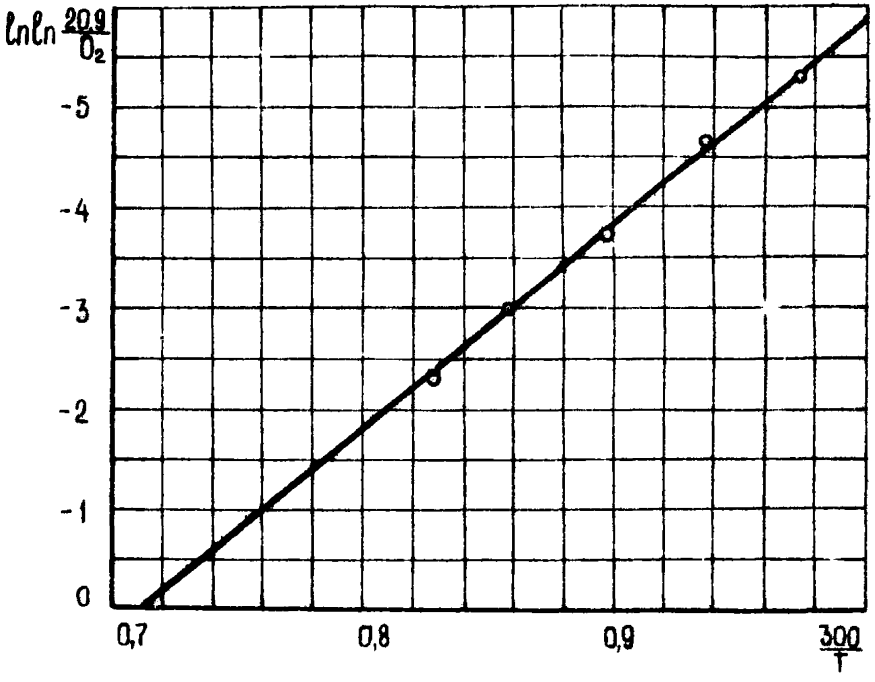

Рис.2. Зависимость $\ln\ln\frac{20,9}{O_2}$ от $\frac{300}{T}$

химической активности рассчитать по формулам

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

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

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 γ^{P} = 2130 кг/м^3 пересчитываем на воздушно-сухое состояние при W^{BH} = 4,3%.

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

Аналогично вычисляем γ и для неокисленной отвальной массы - I690 кг/м^3.

4.I.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 (I8)

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

Шаг сетки рассчитываем по формуле (I9)

$$t = \frac{200}{5} = 40\ м.$$

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

4.I.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 (2I), (табл.3).

Таблица 3

Гранулометрический состав отвальной массы

Состояние отвальной массы	Выход, %								
	Классы крупности, мм								
	> I50	I00-I50	50-I00	25-50	I3-25	6-I3	3-6	I-3	0-I
Неокисленная	20,0	27,2	3I,6	I2,8	4,0	2,0	0,4	I,3	0,7
Выветрившаяся	6,5	9,3	33,7	2I,5	I2,0	7,5	2,3	4,3	2,9

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

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

4.I.4. Содержание условной органической массы рассчитываем по формуле (23) на основании результатов технического анализа отвальной массы $A^c = 57{,}6\%$; $(CO_2)^c_к = 3I{,}6\%$.

$$K_у = I00-57{,}6-3I{,}6 = I0{,}8\%.$$

4.I.5. Содержание условного органического сланца находим по формуле (25)

$$Г_у = 2{,}825 \cdot I0{,}8 = 30{,}5\%.$$

4.I.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 термостате, $T_м$, К	Температура отвальной массы, $T_п$, К	Содержание кислорода на исходящей струе, O_2, %	$\frac{800}{T}$	$\ln \ln \frac{20,9}{O_2}$
I	2	3	4	5	6
I20	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 $T_н$ и $T_к$.

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 $E = \frac{(51,09+51,80+49,49)}{3} =$

$= 50,36 \cdot 10^6$ 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 $m_п$ = 1,08 кг.

Критическую температуру рассчитываем по формуле (7)

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

Значения $\ln \ln \frac{20,9}{O_2}$ для T_0 =293К и $T_к$ =308,7К 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 $T_к$.

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

$$= 0,969 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{2215}{1,08} \cdot 4,96 \cdot 10^{-3} = 9,873 \cdot 10^{-8} \text{кмоль/(м}^3 \cdot \text{с)};$$

$$= \frac{(3,282+3,267+3,876) \cdot 10^{-3}}{3} = 3,475 \cdot 10^{-8} \text{кмоль/(м}^3 \cdot \text{с)};$$

$$= \frac{(9,873+9,785+10,124) \cdot 10^{-8}}{3} = 9,927 \cdot 10^{-8} \text{кмоль/(м}^3 \cdot \text{с)}.$$

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).

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

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

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

$$\Pi_0 = 100 \left(1 - \frac{1690}{2215}\right) = 23,7\%;$$

$$\Pi_0' = 100 \left(1 - \frac{2020}{2215}\right) = 8,8\%;$$

$$n = 0,984 \cdot 0,007 + 0,930 \cdot 0,013 + 0,745 \cdot 0,004 + 0,477 \cdot 0,020 + 0,351 \cdot$$
$$\cdot 0,040 + 0,143 \cdot 1,28 + 0,073 \cdot 0,316 + 0,019 \cdot 0,472 = 0,0959;$$

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

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

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

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

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

$$C_n = [8,80 \ (100-30,5) + 10,90 \cdot 30,5](1-0,01 \cdot 4,3) + 41,87 \cdot 4,3 =$$

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

Коэффициенты воздухопроницаемости свежеотсыпанной k_0 и выветрившейся k_0' отвальной массы находим по формуле (15)

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

$$k_0' = 5{,}755 \cdot 10^{-11} \cdot 0{,}0106^2 \cdot 8{,}8^4 = 3{,}88 \cdot 10^{-11}\ м^2.$$

4.2. Расчет пожаробезопасных параметров плоского отвала

4.2.1. Толщину отсыпаемого слоя вычисляем по формуле (1),

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

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

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

Коэффициент воздухопроницаемости свежеотсыпанной отвальной массы k_0 значительно выше требуемого для предупреждения самовозгорания $k_п$ ℓ, а отвальной массы, выветрившейся в течение одного года k_0' ниже $k_п$. Следовательно, при использовании выветрившейся отвальной массы можно предупредить самовозгорание без применения изолирующего покрытия.

4.2.3. Для высоты яруса $H_я$ принимаем максимальное значение равное 20 м.

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

$$L = 1{,}2 \cdot 20 = 24\ м.$$

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°С) рассчитываем по формуле (5)

$$\Delta\tau_к = \frac{1{,}157\cdot10^{-5}\cdot1083\cdot2020\,(308{,}7-293)}{0{,}5367-0{,}3415}\,\ln\frac{0{,}5367}{0{,}3415} =$$

$$= 921 \text{ сут.}$$

4.2.6. Скорость роста температуры определяем по формуле (6)

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

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°С, а скорость роста температуры - 0,017 °С/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-

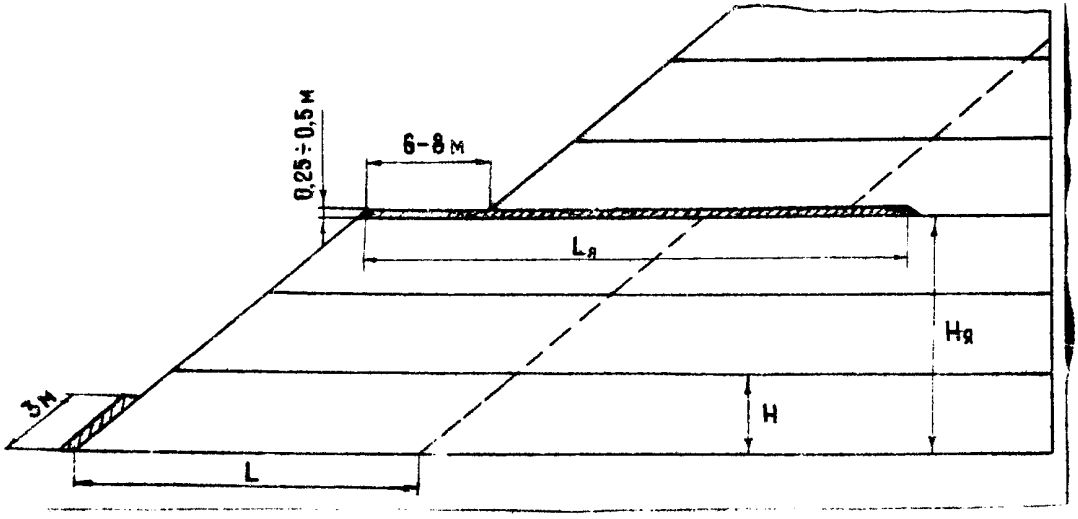

Рис.3. Схема плоского породного отвала с мероприятиями по профилактике самовозгорания

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 оконту[illegible]ивать 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[illegible] 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. В.Л.Божко

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

Зав.лабораторией борьбы с
горением породных отвалов
МакНИИ 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.

gost.e-ecolog.ru