

УДК 622.272

А.Э. Адигамов, М.М. Хайрутдинов

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНОГО
МАТЕРИАЛА ПО ТРУБАМ**

Семинар № 15

Скорость движения растворов при самотечной транспортировке должна быть не менее 0,25 м/сек. Уменьшение скорости приводит к расслоению раствора в трубопроводе и образованию пробок. Нормальной скоростью считается 0,4–0,5 м/сек, а при пневматической транспортировке – 1,8–2,2 м/сек.

Транспортабельность закладочной смеси характеризуется пластичностью. Рациональная пластичность свежеприготовленной смеси, определяемая по величине погружения стандартного металлического конуса (СтройЦНИИЛа), должна составлять 8-12 см при транспортировке по трубам и 4-5 см (жесткие смеси) при доставке другими видами транспорта (в вагонетках, конвейерами, под действием силы тяжести и т.д.) Регулируется пластичность главным образом количеством воды, вяжущих веществ, а иногда применением специальных добавок – пластификаторов.

Одним из критериев транспортабельности является транспортная концентрация, под которой понимается соотношение фракции + 0,15 мм и – 0,15 мм.

Физическая сущность данного критерия заключается в том, что даже при наиболее плотной упаковке, частицы смеси должны иметь

возможность перемещения относительно своих осей и друг друга. Смесь должна иметь определенный коэффициент раздвижки зерен заполнителя. Пространство между зернами заполнителя заполняется несущей средой.

Насыщение объема смеси крупными частицами характеризуется коэффициентом транспортной концентрации K_T (1), который определяется из выражения:

$$K_T = \frac{V_k}{V_c}, \quad (1)$$

где V_k - суммарный объем частиц крупнее 0,15 мм, m^3 ; V_c - суммарный объем смеси, m^3 .

Выражение (1.) можно записать:

$$K_T = \frac{V_k}{V_k + (V_m + V_v)} = \frac{V_k}{V_k + V_{н.с.}}, \quad (2)$$

где V_m , V_v , $V_{н.с.}$, - соответственно, объемы мелкой фракции, воды и несущей среды, m^3 .

С учетом пористости объем несущей среды составляет $V_{н.с.} = 0,89 m^3$, а объем крупных частиц $V_k = 0,56 m^3$. Подставляя в формулу значения, входящих в нее величин получим $K_T = 0,386$

По условиям удобоукладываемости транспортная концентрация должна быть в пределах $K_T = 0,26 + 0,37$

Задача подбора транспортабельных закладочных смесей имеет смысл в том случае, если соблюдается нормативная прочность закладочного массива. В связи с этим должны выдерживаться следующие требования, предъявляемые к смесям:

- минимальное, необходимое для гидратации вяжущего, содержание воды, в 1 м^3 ;
- определенное соотношение фракционного состава материала.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что рассматриваемый состав смеси является не самым рациональным с точки зрения транспортирования и удобоукладываемости и нуждается в дополнительной корректировке соотношения фракций $+ 0,15 \text{ мм}$ и $- 0,15 \text{ мм}$.

Состав несущей среды подбираем исходя из наличия на месте приготовления твердеющей закладочной смеси тонкодисперсных материалов. Для взвешивания крупных частиц в перемешивающемся потоке несущая среда должна обладать определенными реологическими свойствами. Критерием этих свойств, служит предельное напряжение сдвига несущей среды τ_0 , которое должно отвечать условиям:

$$\tau_0 \geq \frac{d_{\max} (\gamma_n + \gamma_{nc}) q}{6K}, \quad (3)$$

где γ_n , γ_{nc} – плотность твердого и несущей среды соответственно, кг/м^3 ; d_{\max} – максимальный размер частиц заполнителя, м; K – эмпирический коэффициент, равный 0,6 для применяемой породы; q – ускорение свободного падения.

В данном случае $\tau_0 = 19 \text{ Па}$

Плотность несущей среды $\gamma_{nc} = 1372 \text{ кг/м}^3$.

Рекомендуемая плотность несущей среды составляет $\gamma_{nc} = 1500-1600 \text{ кг/м}^3$.

Таким образом, три рассматриваемые реологические константы не удовлетворяют условиям оптимального режима транспортирования, и, если при дальностях транспортирования 600-700 м, смесь еще удовлетворяет условиям транспортабельности, то при дальнейшем увеличении дальности подачи необходимо производить добавление в закладочную смесь дополнительного количества фракции – 0,15 мм.

Как было сказано выше, предельное напряжение сдвига несущей среды, по данным лабораторных исследований, недостаточно для образования не расслаивающейся структурной смеси. Это обстоятельство предполагает повышенную критическую скорость транспортирования. При диаметре трубопровода $D=140 \text{ мм}$ и производительности закладочного комплекса $Q = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$ скорость транспортирования в режиме самотека составляет:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi d^2}, \quad (4)$$

В нашем случае $v = 0,46 \text{ м/сек}$.

Критическую скорость транспортирования определяем по формуле Смолдырева для твердеющей закладки:

$$v_{кр} = c \sqrt{faqS_0 D}, \quad (5)$$

где c – эмпирический коэффициент, равный 7-9; f – обобщенный коэффициент трения, $f = 0,6$ для дробленых скальных пород; q – ускорение свободного падения, м/с^2 ; S_0 , α – коэффициенты, учитывающие плотность составляющих закладки;

$$\alpha = \frac{\gamma_n - \gamma_{nc}}{\gamma_{nc}}, \quad (6)$$

$$S_0 = \frac{\gamma_{nc} - \gamma_v}{\gamma_n - \gamma_v}, \quad (7)$$

где γ_{nc} – плотность несущей среды, $\gamma_{nc} = 1,4 \text{ г/см}^3$; γ_n – плотность породы, $\gamma_n = 2,6 \text{ г/см}^3$; γ_v – плотность воды, $\gamma_v = 1 \text{ г/см}^3$.

В данных условиях критическая скорость составит 3,37 м/сек. Для достижения критической скорости необходимо увеличить производительность закладочной установки и транспортировать смесь по трубам меньшего диаметра. Например, трубопровода $D = 100 \text{ мм}$. При $D = 100 \text{ мм}$ критическая скорость составит 3,2 м/с, что тоже не соответствует возможной максимальной производительности закладочной установки.

Расчетная критическая скорость значительно превышает действительную, что является причиной нестабильного транспортирования закла-

дочной смеси. Для увеличения надежности транспортирования закладочной смеси на расстояние $L \geq 600-700 \text{ м}$ необходимо увеличить взвешивающую способность несущей среды повышением плотности за счет домала крупного материала и увеличения в смеси фракции – 0,15 мм.

При производительности закладочной установки $Q = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$, дальности транспортирования до 600-700 м при диаметре трубопровода $D = 100 \text{ мм}$ необходимо соблюдение следующих реологических параметров.

Коэффициент транспортабельности $K_T = 0,30$. Плотность несущей среды $\gamma_{nc} = 1550 \text{ кг/м}^3$. Предельное напряжение сдвига $\tau_o = 16-18 \text{ Па}$. При этом удельный расход воздуха для транспортирования закладочной смеси должен быть не менее $Q_v = 30 \text{ м}^3/\text{м}^3/\text{км}$.

Для обеспечения требований по приготовлению закладочной смеси осуществляется контроль за этим процессом. **ИАС**

Коротко об авторах

Адигамов А.Э. – кандидат технических наук, доцент,
Хайрутдинов М.М. – кандидат технических наук, доцент,
Московский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 15 симпозиума «Неделя горняка-2008».
Рецензент д-р техн. наук, проф. Е.В. Кузьмин.

