

## МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ВЫРАБОТОК, СООРУЖАЕМЫХ СПОСОБОМ ВЗРЫВОУПЛОТНЕНИЯ И ОДНОВРЕМЕННОГО КРЕПЛЕНИЯ

Кологривко А.А. (БНТУ, г. Минск)

При сооружении горных выработок способом взрывоуплотнения и одновременного крепления между расширяющимися взрывными газами и связной породой размещается слой закрепляющего состава. Это изменяет условие деформирования породы. Внутренний слой (закрепляющий материал) воспринимает максимальное давление взрывной волны и получает максимальную деформацию, а внешний слой (связная порода) снижает давление взрывной волны и уменьшает деформацию породы за счет увеличения расстояния от центра взрыва. При этом увеличение закрепляющего слоя будет снижать деформацию породы и действующее на ней напряжение, что обеспечивает регулирование радиуса выработки.

На границе раздела двух сред при переходе ударной волны из одной среды в другую происходит скачкообразное изменение ее параметров [1]. В зависимости от акустической жесткости среды в них может возникнуть либо отражение ударной волны, либо волна разряжения. Для оценочных расчетов амплитуд прямой и отраженной волны через границу двух сред можно использовать формулы акустического приближения [2].

Необходимость учета многих факторов, влияющих на рассматриваемый процесс формирования монолитной крепи энергией взрыва, не позволяет в настоящее время описать явление сугубо теоретическим путем. Более того, результаты такого решения в любом случае можно получить только численными методами, и использовать их в практических целях сложно и громоздко. Поэтому, для определения параметров процесса взрывоуплотнения и одновременного крепления необходим учет реальных физико-механических свойств пород и закрепляющих составов, поскольку при неизменном количестве взрывчатого вещества (ВВ) наличие закрепляющего состава будет давать увеличенный радиус выработки по сравнению с проектным. В этой связи представляется целесообразным иметь инженерный метод расчета, связывающий основные расчетные параметры процесса, чтобы диаметр выработки имел проектное значение.

По геологическим данным участка сооружения выработки определяется глубина ее заложения. Исходя из ее назначения обосновывается необходимость крепления по критерию устойчивости, в котором взаимосвязаны напряжение с прочностью породы на одноосное сжатие или с удельным сцеплением породы, который более широко используется в механике горных пород. Если безразмерный параметр превышает установленный критерий, то выработка для поддержания ее в устойчивом состоянии должна быть закреплена. Толщина крепи должна рассчитываться для всего сечения и проверяться по условию формирования оболочки взрывом и несущей способности крепи.

Далее необходимо установить зависимость между радиусом первоначальной скважины  $R_C$ , проектируемой толщиной крепи  $\delta$  и проектируемым радиусом выработки  $R_{ПВ}$ . В расчете необходимо учесть количество заряда ВВ. Размер заряда  $R_3$  в свою очередь определяется коэффициентом простреливаемости  $\Pi_{ПР}$  и плотностью ВВ  $\rho_{ВВ}$ .

При условии  $R_C = R_3$ :

$$R_{ПВ} = K_{СЖ} \sqrt{Q}, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $K_{СЖ}$  – коэффициент сжимаемости породы;  $Q$  – масса заряда на 1м скважины, кг/м.

С учетом влияния закрепляющего состава:

$$R_{ПВ} = \lambda_A K_{СЖ} \sqrt{Q}, \text{ м} \quad (2)$$

где  $\lambda_A$  – коэффициент влияния физических свойств закрепляющего состава на радиус выработки.

Исходя из цилиндрической симметрии и решения уравнения относительно  $R_C$  имеем:  $R$

$$R_C = \sqrt{\frac{R_{ПВ}^2}{\Pi_{ПВ} P_{ВВ}} + 2R_{ПВ} \delta + \delta^2}. \quad (3)$$

Поскольку закрепляющие составы с разными свойствами по-разному оказывают влияние на  $R_{ПВ}$ , представляется целесообразным задаться такими параметрами  $R_C$  и  $R_3$ , чтобы диаметр выработки имел проектное значение. Исходя из этих соображений, рассчитываем измененное количество ВВ:

$$Q = \frac{Q}{\lambda_A}, \quad (4)$$

отсюда

$$R_C' = \sqrt{(R_3')^2 + 2R_{ПВ} \delta + \delta^2}. \quad (5)$$

Далее рассчитываем измененный объем скважины и  $\lambda_A'$ . Проводим проверку:

$$R_{ПВ}' = \lambda_A' K_{СЖ} \sqrt{Q}. \quad (6)$$

Если правая и левая части уравнения тождественно равны, то расчет выполнен верно и за конечный результат принимаем  $R_3$ ,  $R_C$  и  $Q$ .

Если тождества нет, то далее расчет проводим аналогичным образом до получения равенства, которое, как правило, получаем уже на втором или третьем приближении в зависимости от размеров заряда и первоначальной скважины.

Метод последовательных приближений в конечном счете позволяет получить экономию ВВ и принять оптимальные параметры выработки.

### Литература

1. Ляхов Г.М. Основы динамики взрыва в грунтах и жидких средах. – М.: Недра, 1964.
2. Краткий справочник по прострелочно-взрывным работам / Под ред. Н.Г. Григоряна. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 198 с.