Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г В Плеханова, т LXI, вып. 1, 1972 г.

ДАВЛЕНИЕ СЫПУЧЕЙ ПОРОДЫ НА ЩИТОВОЕ ПЕРЕКРЫТИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ СТЕНОК

А. Г Васильев

Значительное распространение как в угольной, так и рудной промышленности получают щитовые и гибкие перекрытия, для выбора рациональных и надежных конструкций которых необходимо знать воздействующие на них нагрузки.

Определению величины давления сыпучих материалов (на горизонтальную или наклонную площадку) посвящены работы М. М. Протодьяконова [2], К. В. Руппенейта [3], Е. Я. Махно [1] и др. В этих работах определена нагрузка на щитовое перекрытие для двух случаев его нагружения: при отсутствии ограждающих стенок и при наличии двух параллельных стенок.

При решении первой задачи установлено, что величина давления на щит зависит от ширины площадки, возрастает с увеличением объемного веса породы и не зависит от высоты столба обрушенных пород. Одна из расчетных формул, по Е. Я. Махно [1], для этого случая имеет вид

$$P = k\gamma m^2, \tag{1}$$

где P — величина давления обрушенной породы, приходящейся на 1 *м* длины щита, *т/м*; γ — объемный вес породы, *т/м*^{3}; m — ширина щита, *м*; k — коэффициент, учитывающий сопротивление породы перемещению в результате действия внутреннего трения и распора (определяется опытным путем).

Вторая задача относится к определению давления сыпучей породы на щит при наличии параллельных ограждающих стенок, расстояние между которыми соответствует ширине щита, и известна под названием задачи Янсена. Она имеет приближенное решение как при вертикальных, так и при наклонных параллельных стенках. Расчетная формула в случае вертикальных стенок, по Янсену, имеет вид

$$P = \frac{\gamma m^2}{2f\xi}, \tag{2}$$

где ξ — коэффициент бокового распора; f — коэффициент внутреннего трения сыпучей породы.

В одинаковых горногеологических условиях давление обрушенных пород при наличии ограждающих стенок в 2—3 раза превосходит давление на щит без ограждающих стенок.

В практике работы часто встречаются случаи, когда требуется определить давление на щит при наличии ограждающих стенок, расположенных непараллельно друг другу. Определение давления обрушенных пород на щит в этих условиях является целью данной работы.

Для решения задачи использован лабораторный метод исследования на моделях. Модель представляла собой ящик, в дне которого сделан вырез. Ширина выреза для двух серий опытов принята постоянной и равной 134 *мм*. Боковые стенки модели сделаны таким образом, что их можно устанавливать под любым углом к плоскости щита. Торцевые стенки для уменьшения влияния граничных условий были футерованы листами стекла, а деревянные боковые стенки оклеены песком. Вырез в дне ящика перекрывался горизонтальным щитом, подвешенным на двух тягах к тензометрическим динамометрам

Обрушенные породы имитировались дробленым апатитом с объемным весом 1,60—1,65 $т/м^3$ и коэффициентом внутреннего трения $f=0{,}6 \div 0{,}7$ Гранулометрический состав обрушенных пород:

Размер кусков породы, *мм*	0—3	3—6	6—12	12—25	25
Количество по отношению к общему объему, %	18	27	40	15	0

Динамометры перед каждым опытом и после него тарировались. Порядок проведения опытов следующий. Вначале на неподвижный щит засыпалась дробленая порода мерным ящиком. Высота засыпки породы в первой серии опытов 700 *мм*, во второй 800 *мм*. Вторым этапом каждого опыта было медленное опускание щита. Для перемещения щита и породы удлинялись тяги, на которых динамометры подвешены к раме. Третий этап опытов — определение давления обрушенных пород на остановленный щит.

Методика проведения опытов предусматривала фиксирование нагрузки при трех основных положениях щита: а) при засыпке неподвижного щита; б) при медленном опускании щита; в) при остановке щита после опускания.

Таким образом, опыты отражали все характерные состояния щита, которые имеют место в шахтной практике. Было проведено две серии опытов: 1) при наклоне ограждающих стенок в противоположные стороны на одинаковый угол; 2) при одной вертикальной ограждающей стенке, а второй наклонной.

В первой серии проведено девять опытов. Первые два проводились без ограждающих стенок, следующие четыре — при ограждающих стенках, наклоненных в разные стороны под углами 30° (два опыта) и 60° (два опыта); три опыта этой серии проводились при ограждающих стенках, расположенных параллельно друг другу под углом 90° Анализ результатов этих опытов показывает, что при жестком щитовом перекрытии нагрузка на него при отсутствии ограждающих стенок растет по гидростатическому закону; при опускании щита нагрузка на него резко падает и при остановке щита несколько возрастает и стабилизируется. При наличии ограждающих стенок, наклоненных в разные стороны под одинаковым углом, общая закономерность изменения давления обрушенных пород на щит остается в общем той же, только величина максимального давления на неподвижный щит с увеличением угла уменьшается, а величина минимального давления при опускании

* Методика измерений давлений сыпучего на щит заимствована Е. Я. Махно.

щита и последующей остановке возрастает. Впервые данная закономерность при исследовании давления обрушенных пород на щит установлена Е. Я. Махно.

На основании этих опытов были построены кривые изменения давления на щит в зависимости от углов наклона ограждающих стенок (рис. 1). Наибольший практический интерес представляет величина давления на щит после его остановки (кривая *3*) Закономерность изменения этого давления в зависимости от угла наклона боковых стенок может быть выражена, при спрямлении кривой, формулой вида

$$P=\gamma m^2(k+0{,}014\,\alpha), \qquad (3)$$

где k — для применяемой в опыте породы равно 0,58; α — угол наклона ограждающих стенок, *град*.

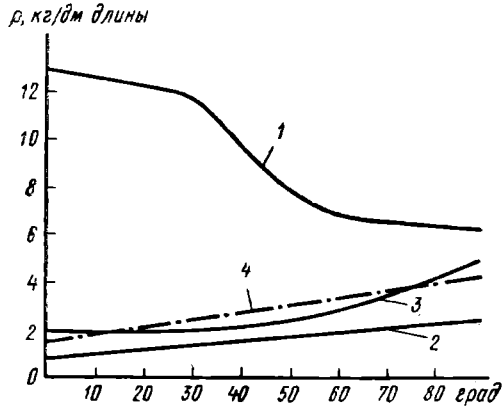


Рис. 1. Давление сыпучей породы на щитовое перекрытие при непараллельных стенках
1 — на неподвижный щит; *2* — на опускающийся; *3* — на остановившийся; *4* — расчетное

Сравнение опытных и расчетных данных по формуле (3) показывает, что максимальная ошибка расчета не превышает 22%.

Во второй серии было проведено шесть опытов. Два опыта — при одной вертикальной стенке и второй горизонтальной. Следующие четыре — при одной вертикальной стенке и второй наклонной к плоскости щита под углом 30° (два опыта) и 60° (два опыта). Анализ результатов этих опытов подтвердил общие закономерности давления обрушенных пород на щитовое перекрытие, описанные ранее. В отличие от опытов первой серии давление пород на щит при ограждающих стенках, расположенных под углами 90 и 0°, возрастает не по гидростатическому закону, а значительно более монотонно. При остальных положениях ограждающих стенок по отношению к щиту давление обрушенных пород при опускании и последующей остановке было больше, чем отмеченное в первой серии опытов. Предельное наибольшее значение давления обрушенных пород после остановки щита в этом случае, как и в первом, имело место при вертикальных боковых стенках.

Графики изменения давления обрушенных пород на щит при трех основных состояниях показаны на рис. 2. Зависимость давления обрушенных пород от угла наклона ограждающей стенки (кривая *3*) при аппроксимации ее прямой линией может быть выражена формулой вида

$$P=\gamma m^2(k_1+0{,}012\,\alpha), \qquad (4)$$

где k_1 — коэффициент, определяемый из опыта для применяемых пород (дробленый апатит), $k_1=0{,}85$.

Сравнение опытных данных с рассчитанными по формуле (4) показывает, что максимальная ошибка расчета при одной вертикальной, а второй наклонной стенках не превышает 19%.

Проведенные исследования давления обрушенных пород на щит при непараллельных ограждающих стенках показали, что фактическое

колебание нагрузок на щит в одинаковых условиях достигает 20—30%, поэтому приведенная точность расчетов по формулам (3), (4) достаточна для инженерных расчетов.

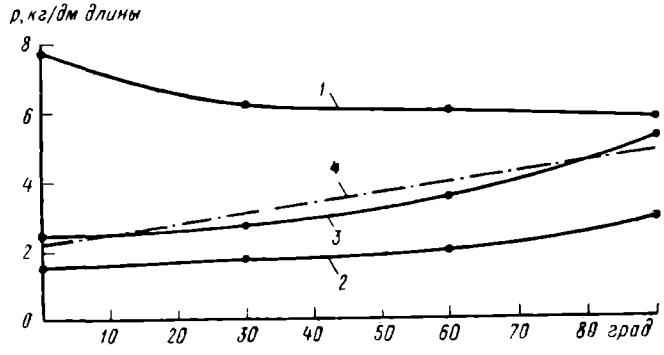


Рис. 2. Давление сыпучей породы на щитовое перекрытие при одной вертикальной, а второй наклонной стенках
Значения кривых те же, что на рис. 1

Полученные в формулах (3), (4) эмпирические коэффициенты характерны для пород с коэффициентом внутреннего трения $f=0{,}6 \div 0{,}7$, для пород с другим углом внутреннего трения и гранулометрическим составом эти коэффициенты должны быть определены дальнейшими исследованиями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махно Е. Я. Вопросы разработки крутопадающих пластов угля применением щитовой крепи. Углетехиздат, 1957.
2. Протодьяконов М. М. Давление горных пород и рудничное крепление. Гостехиздат, 1933.
3. Руппенейт К. В. Некоторые вопросы механики горных пород. Углетехиздат, 1954.