

## **УЧЁТ ВЛИЯНИЯ ПЕСЧАНИКОВ И ИЗВЕСТНЯКОВ НА МАКСИМАЛЬНОЕ ОСЕДАНИЕ ПОДРАБОТАННОЙ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Выемка пластов угля и других залежей полезных ископаемых вызывает образование в недрах земли пустот значительных размеров. Породы, залегающие в кровле очистных забоев, под действием горного давления и силы тяжести приходят в движение, обуславливая развитие процесса сдвижения всей толщи, включая земную поверхность.

Продолжительные наблюдения за подработкой объектов показали, что при соблюдении определенных условий возможна подработка объектов без нарушения их нормальной эксплуатации. Такими условиями являются: значительная глубина разработки, специально разработанные способы выемки полезных ископаемых, оборудование объектов перед подработкой специальными конструктивными мероприятиями и др.

Правильный и научно обоснованный подход к выбору мер охраны зданий и сооружений требует всестороннего изучения проявлений и установления закономерностей развития процесса сдвижения подработанной толщи пород и земной поверхности.

Нормативная методика дает значительную погрешность прогноза, и в настоящее время причины расхождений изучены не достаточно. По этой причине важно исследовать влияние на точность прогноза отдельных факторов, среди которых — наличие крепких породных слоев в подрабатываемом массиве.

Цель работы состоит в повышении точности прогноза максимальных ожидаемых оседаний земной поверхности при залегании в подработанном очистными работами горном массиве крепких пород — песчаника и известняка — и с учетом варьирования их процентного содержания в массиве.

Методом исследования выбрано численное моделирование, позволяющее осуществить полный учет исходной информации о горно-геологических и горнотехнических условиях разработки месторождения. Вычисления проводились с помощью программного вычислительного комплекса «Ли́ра», реализующего метод конечных элементов. Процесс оседания земной толщи моделировался по мере выемки выемочного столба, когда поведение пород максимально приближено к упругопластическому деформированию. Подвигание очистного забоя моделировалось с шагом выемки от 5 м до 30 м.

Базовая расчетная модель с размерами 3000 м по простиранию и 1200 м по глубине разбивалась на прямоугольные элементы с параметрами 5 м на 0,2–7 м. Подработанная толща в модели представлена чередующимися слоями горных пород (уголь, аргиллит, алевролит, песчаник, известняк), отличающимися деформационными и прочностными характеристиками. Так в зависимости от типа породы модуль упругости изменяется в пределах  $E = 0,5 \cdot 10^3 - 2,5 \cdot 10^4$  МПа, коэффициент Пуассона  $\mu = 0,2 - 0,3$ , сила сцепления  $C = 5 - 8$ , угол внутреннего трения  $\varphi = 30 - 37^\circ$ .

В ранее опубликованных работах [1–4] для учета влияния крепких пород на оседание земной поверхности были получены коэффициенты  $K_k$ , позволяющие скорректировать рассчитанную по нормативной методике [5] максимальную величину оседаний  $\eta$ . Указанные коэффициенты  $K_k$  устанавливались по результатам численного моделирования процесса оседания земной поверхности в горно-геологических условиях:

– № 35 восточной лавы пласта  $h_8$ . Железная дорога расположена диагонально линии подвигания очистного забоя [1];

– 8-й западной лавы, линия подвигания очистного забоя которой располагалась параллельно железной дороге, и проходила по её середине ш. им. М. В. Фрунзе ш/у «Ясиновское» ООО ДТЭК «Ровенькиантрацит» [2];

– лавы № 352 пласта  $i_3$  шахты № 5 ш/у «Ворошиловское» [3]. Нивелировка железной дороги выполнялась перпендикулярно линии подвигания очистного забоя;

– 4 восточной лавы пласта  $l_1$  шахты им. XIX съезда КПСС [4]. Подрабатываемый участок железной дороги частично совпадает с направлением линии подвигания лавы и частично располагается под углом к нему;

– лавы № 62 пласта  $h_8$  шахты им. «Володарского», где железная дорога располагалась перпендикулярно линии подвигания очистного забоя.

В данной работе были обобщены результаты работ [1–4] и предложены зависимости для расчета коэффициента  $K_k$  в зависимости от процентного содержания крепких пород в подработанной толще ( $C$ ):

– при глубине разработки 500–750 м

$$K_k = (0,008 \cdot C + 1,43) \cdot \left(\frac{D}{H}\right)^{-(0,001 \cdot C - 0,42)} ; \quad (1)$$

– при глубине разработки 750–1000 м

$$K_k = (0,004 \cdot C + 0,78) \cdot \left(\frac{D}{H}\right)^{-(0,00009 \cdot C^2 - 0,0009 \cdot C - 0,39)} , \quad (2)$$

где  $C$  — процентное содержание слоев песчаников и известняков в подработанной толще, %;

$D$  — ширина выработанного пространства, м;

$H$  — глубина разработки, м.

Рассмотрим пример в условиях шахты № 5 ш/у «Ворошиловское». Лава № 352 отрабатывает пласт  $i_3$  мощностью 1,0 м, угол падения пласта 2–4°, глубина разработки 500 м, процентное содержание песчаников и известняков в горном массиве 29 %. При соотношении ширины выработанного пространства к глубине разработки  $D / H = 0,96$  фактические максимальные оседания земной поверхности составили  $\eta = 128$  мм, а рассчитанные по нормативной методике [5] — 259 мм. Погрешность нормативного метода 102,3 %.

По формуле (1) рассчитаем корректировочный коэффициент

$$K_k = (0,008 \cdot 29 + 1,43) \cdot (0,96)^{-(0,001 \cdot 29 - 0,42)} = 1,64 .$$

При корректировании формулы расчета максимальных оседаний, приведенной в нормативной методике, на коэффициент  $K_k$  получим

$$\eta_{кор} = \frac{q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N_1 \cdot N_2}{K_k} = \frac{259}{1,64} = 158 \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $q_0$  — показатель, зависящий от марки угля [5];

$N_1$  и  $N_2$  — коэффициенты, определяемые в зависимости от отношения расчётной ширины выработанного пространства  $D$  к глубине разработки  $H$  [5].

С учетом коэффициента  $K_k$  погрешность снизилась до 23,4 %. Соответственно точность прогноза выросла более чем в 4 раза.

Выводы:

– нормативная методика [5] прогноза максимальных оседаний земной поверхности не учитывает наличие крепких породных слоев в подрабатываемом массиве, что значительно увеличивает ошибку прогноза;

– при наличии крепких пород в подработанном массиве предлагается использовать коэффициент  $K_k$ , что позволит более точно прогнозировать ожидаемые оседания (погрешность не превышает 25 %);

– величина оседаний земной поверхности уменьшается с ростом процентного содержания песчаников и известняков в подрабатываемом массиве.

### Список литературы

1. Корецкая, Е. Г. Моделирование оседаний земной поверхности в условиях подработки лавой № 35<sup>вост.</sup> пл.  $h_8$  шахты им. М. В. Фрунзе / Е. Г. Корецкая // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2017. — № 55. — С. 58–64.

2. Аверин, Г. А. Влияние крепких пород на максимальные оседания земной поверхности в условиях шахты им. М. В. Фрунзе / Г. А. Аверин, В. Г. Ларченко, Е. Г. Корецкая // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2016. — № 47. — С. 40–44.

3. Влияние крепких пород на максимальные оседания земной поверхности в условиях шахты № 5 ш/у «Ворошиловское» / Г. А. Аверин, Н. К. Клишин, Е. С. Смекалин, Е. Г. Корецкая // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2018. — № 52. — С. 29–35.

4. Прогнозирование максимальных оседаний земной поверхности при различном содержании крепких породных слоев подработанного массива / Г. А. Аверин, В. Г. Ларченко, Е. Г. Корецкая, О. Г. Доценко // Уголь Украины. — 2016. — № 8. — С. 4–7.

5. ДСТУ 101,00159226,001–2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом / Мінпаливенерго України. — К., 2004. — 128 с.