

Методика физического моделирования условий многократных подработок предохранительной водозащитной потолочины

В.В. Климович, В.Н. Дешковский
ОАО «Белгорхимпром», г. Минск

При отработке свиты пластов массив пород испытывает многократное техногенное воздействие. В связи с возрастающим техногенным воздействием на массив пород по причине вовлечения в отработку большего числа горизонтов актуален вопрос сохранения предохранительной потолочины водозащитных свойств.

С целью изучения возможных последствий многократных подработок выполняется физическое моделирование данного процесса. На первом этапе выполнена отработка методики исследований.

При повторной подработке развитие техногенных трещин происходит в уже нарушенных в результате первичной подработки слоях за счет накопления деформаций. Наихудшим случаем расположения границ выработанных пространств обрабатываемых пластов с точки зрения накопления деформаций является их полное совпадение в плане.

Для изучения механизма разрушения слоев, образования в них секущих трещин проведены лабораторные испытания образцов на изгиб с использованием стандартного оборудования ОАО «Белгорхимпром» и приспособления для испытания породных балок.

В качестве материала для испытаний использованы соляные породы Старобинского месторождения. Основная идея эксперимента заимствована из [1] с некоторой корректировкой программы испытаний и рекомендаций [2]. При этом изучалось влияние многократных приложений нагрузки на прочностные характеристики образцов (эффект Баушингера).

Для проведения экспериментов из монолитов соляных пород выпиливались призматические образцы (балки) квадратного сечения 50×50 мм. Размеры образцов выбирались с учетом структурного состава (зернистости) и других факторов, согласно [2]. Кроме размеров поперечного сечения, на величину прочности пород при изгибе оказывает влияние соотношение длины пролета балки к высоте ее сечения. При испытаниях горных пород на изгиб по трехточечной

схеме рекомендуется это соотношение сохранять в пределах от 3,5 до 10. Расстояние между опорами принято 187 мм, что удовлетворяет [2].

Часть образцов использовалась для определения мгновенных разрушающих характеристик: предела прочности на изгиб ($\sigma_{из}$) и критической деформации (прогиба) в центральной части балки ($h_{из}$).

Кривизну балки K определяем по формуле

$$K = 8 \cdot h_{из} / l^2, \quad (1)$$

где l – расстояние между опорами, м.

Средние значения мгновенных разрушающих характеристик: $\sigma_{из} = 2,36$ МПа, $K = 6,69 \cdot 10^{-5}$. Для полученных данных характерен большой размах значений. В выборке отклонения от средних значений характеристик достигают 35 %.

Программа нагружения балок сформирована исходя из горно-технических условий отработки трех горизонтов Старобинского месторождения (Первого, Второго и Третьего калийных горизонтов) и их влияния на оседание (прогиб в центральной части), кривизну ПВП (рисунок).

Величина прогиба ПВП в центральной ее части в результате отработки горизонта для условий Старобинского месторождения рассчитывалась по формуле, полученной В.Н. Новокшеновым

$$\Delta h = \begin{cases} 0,6m_b \frac{D}{H} - 0,19 & \text{при } \frac{D}{H} < 1,4, \\ 0,84m_b - 0,19 & \text{при } \frac{D}{H} \geq 1,4 \end{cases} \quad (2)$$

где m_b – вынимаемая мощность, м; D – ширина выработанного пространства, м; H – расстояние от обрабатываемого пласта до ПВП, м.

Кривизна ПВП в результате отработки горизонта определялась по формуле (1). По доле влияния отработки Первого, Второго и Третьего калийных горизонтов на кривизну ПВП (55, 36 и 9% соответственно) произведено распределение нагрузок на балку для проведения испытаний. Нагрузка на балку для условий отработки верхнего пласта принята $0,8\sigma_{из}$. Сформированы следующие программы нагружения:

1) нисходящий порядок отработки пластов I гор. → II гор. → III гор. (над границами выработанного пространства): $0,8\sigma_{из} \rightarrow 0,5\sigma_{из} \rightarrow 0,2\sigma_{из} \rightarrow \sigma_{из}$ (поэтапное уменьшение нагрузки на балку);

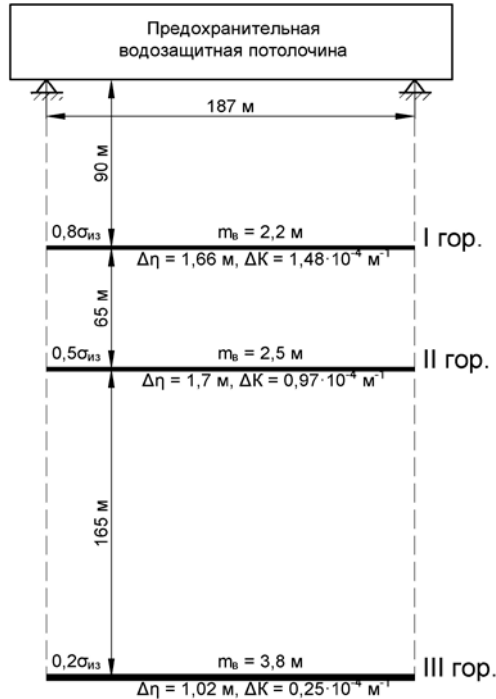


Рисунок. Схема для расчета нагрузок при многократной обработке ПВП

2) нисходящий порядок отработки пластов I гор. → II гор. → III гор. (в зоне полных сдвижений): $+0,8\sigma_{из} \rightarrow -0,8\sigma_{из} \rightarrow +0,5\sigma_{из} \rightarrow -0,5\sigma_{из} \rightarrow +0,2\sigma_{из} \rightarrow -0,2\sigma_{из} \rightarrow \sigma_{из}$ (поэтапное уменьшение знакопеременной нагрузки на балку);

3) восходящий порядок отработки пластов III гор. → II гор. → I гор. (над границами выработанного пространства): $0,2\sigma_{из} \rightarrow 0,5\sigma_{из} \rightarrow 0,8\sigma_{из} \rightarrow \sigma_{из}$ (поэтапное увеличение нагрузки на балку);

4) восходящий порядок отработки пластов III гор. → II гор. → I гор. (в зоне полных сдвижений): $+0,2\sigma_{из} \rightarrow -0,2\sigma_{из} \rightarrow +0,5\sigma_{из} \rightarrow -0,5\sigma_{из} \rightarrow +0,8\sigma_{из} \rightarrow -0,8\sigma_{из} \rightarrow \sigma_{из}$ (поэтапное увеличение знакопеременной нагрузки на балку);

5) комбинированный порядок отработки пластов II гор. → III гор. → I гор. (над границами выработанного пространства): $0,5\sigma_{из} \rightarrow 0,2\sigma_{из} \rightarrow 0,8\sigma_{из} \rightarrow \sigma_{из}$ (смешанная нагрузка на балку);

б) комбинированный порядок отработки пластов II гор. → III гор. → I гор. (в зоне полных сдвижений): $+0,5\sigma_{из}$ → $-0,5\sigma_{из}$ → $+0,2\sigma_{из}$ → $-0,2\sigma_{из}$ → $+0,8\sigma_{из}$ → $-0,8\sigma_{из}$ → $\sigma_{из}$ (смешанная знакопеременная нагрузка на балку).

При выполнении пробных экспериментов по изгибу соляных балок с многократным приложением нагрузки весьма затруднительно соблюдение режима нагружения. Фактическая прилагаемая нагрузка в центре балки оценена по разрушающей нагрузке на последнем шаге нагружения. Например, вместо требуемой нагрузки $0,8\sigma_{из}$ фактически приложена $0,55\sigma_{из}$. Погрешность определения мгновенного значения предела прочности соляных балок на изгиб ($\sigma_{из}$) существенно влияет на фактическую программу нагружения. Кроме того из 14 испытаний по программе нагружения 1 преждевременно разрушились 36% образцов, из 19 испытаний по программе нагружения 2 – 53%, из 16 испытаний по программе нагружения 3 – 13%, из 17 испытаний по программе нагружения 4 – 47%. Общее количество преждевременно разрушившихся образцов составило 39%. Тем не менее, результаты экспериментов свидетельствуют об увеличении на 30-40% значений кривизны соляных балок при которых происходит их разрушение, что дает повод для продолжения исследований. Увеличение гибкости соляных балок происходит за счет нарушения части внутренних структурных связей в местах максимальных деформаций. Полученные данные не позволяют в настоящее время сделать однозначный вывод о более безопасном варианте подработки соляной ПВП. Очевидна необходимость проведения экспериментов с использованием эквивалентных материалов для повышения надежности результатов и проверки гипотез.

Использование физического моделирования для оценки состояния ПВП позволит сделать вывод о возможности учета последовательности отработки пластов в методике расчета высоты распространения техногенных водопроводящих трещин [3].

Литература:

1. Гусев, В.Н. Геомеханика техногенных водопроводящих трещин / В.Н. Гусев. – СПб.: СПГИ, 1999. – 156 с.
2. Проскуряков, Н.М. Физико-механические свойства соляных пород / Н.М. Проскуряков [и др.]. – М.: Недра, 1973. – 272 с.
3. Правила по защите рудников от затопления в условиях Старобинского месторождения калийных солей: согл. Проматомнадзором при МЧС РБ 11.10.2006. – 104 с.