

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА ПАРАМЕТРОВ МУЛЬДЫ СДВИЖЕНИЙ С УЧЕТОМ СТОХАСТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

к.т.н. Бугара М.И., инж. Коломнец В.А. (шахта Южно-Донбасская №1), **д.т.н. Назимко В.В.** (ДонНТУ)

Отработка свиты сближенных пластов существенно нарушает земную поверхность и повреждает здания, сооружения, коммуникации и подъездные пути. На ремонт и восстановление подрабатываемых объектов многократно затрачиваются непроизводительные средства, которые ухудшают экономические показатели шахты. Отдельную проблему представляют провалы земной поверхности и активизация ее сдвижений над погашенными шахтами в процессе их закрытия, или даже спустя значительное время после погашения. В связи с этим расчет ожидаемых смещений и деформаций земной поверхности остается весьма актуальной проблемой.

Следует отметить, что на основании многолетних исследований разработано большое количество методик для расчета параметров сдвижений мурды. Наиболее часто для этой цели применяется отраслевая методика, являющаяся нормативным документом [1]. Одной из существенных особенностей известных методик является то, что численные величины всех параметров мурды сдвижений вычисляются как детерминированные величины, а их распределение задается в сечении кривой линией, а в плоскости поверхностью. При этом хорошо известно, что измеренные параметры мурды сдвижений существенно отличаются от расчетных из-за стохастического отклонения от детерминированного тренда. В работе [2] указывается, что погрешность определения фактических параметров мурды сдвижений могут превышать 200%, хотя это несоизмеримо с погрешностью инструментальных измерений, которая пренебрежимо мала и не превышает единиц процентов.

На рис. 1 и 2 показаны примеры отклонений опусканий подработанной поверхности, наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и деформаций по данным [2] для относительно простых условий подработки поверхности. Здесь измеренные наклоны, которые должны быть в левой части полумурды только отрицательными согласно [1], флуктуируют настолько, что даже меняют знак на положительный. То же касается кривизны и горизонтальных деформаций. В последнем случае это особенно

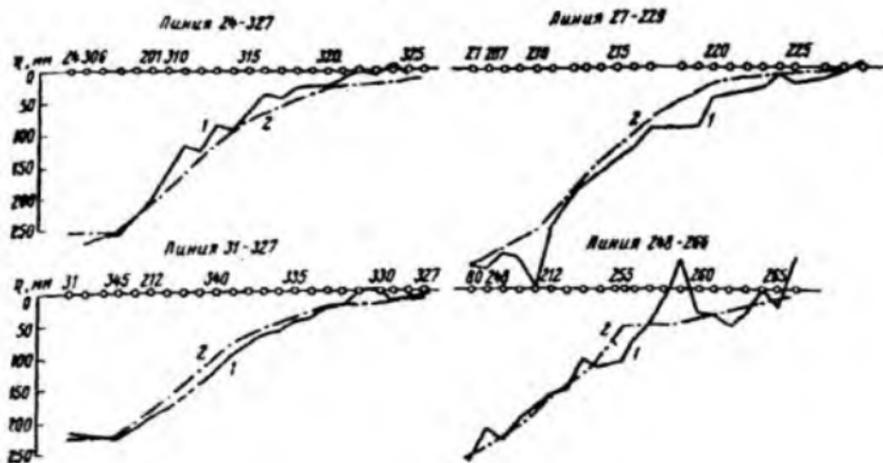


Рис. 1. Измеренные 1 и расчетные 2 оседания на шахте №3 «Великомостовская» Львовско-Вольнского бассейна [2].

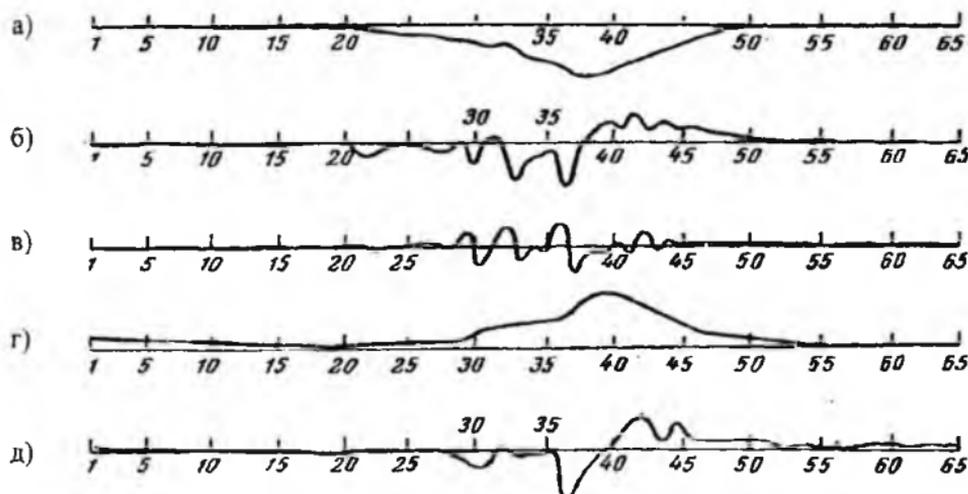


Рис. 2. Сдвигения и деформации земной поверхности на шахте № 1-4 «Гундоровская» в Донбассе:

а) оседания; б) наклоны; в) кривизна; г) горизонтальные сдвигения; д) горизонтальные деформации [2].

важно, так как фундаменты сооружений выполнены из бетона, у которого существенно разная прочность на растяжение и сжатие. Недоучет указанных выше факторов абсолютно недопустим с точки зрения практики, поскольку усиливает общую степень неопределенности прогнозных оценок экономических показателей работы шахты в целом.

Еще раз подчеркнем, что хорошее совпадение расчетных величин со сглаженным трендом фактического распределения

абсолютно не гарантирует достоверность предсказаний параметров сдвижений и эффективность мероприятий, основанных на этих предсказаниях. Причина такого противоречия заключается в том, что исследователи не уделяли должного внимания причинам отклонения фактических величин параметров сдвижения от расчетных или прогнозных. В данной статье осуществлена попытка их детального анализа.

Начнем с того, что факторы, вносящие неопределенность в расчет параметров сдвижений можно разделить, по крайней мере, на две большие группы. К первой отнесем условно геометрические факторы, к которым относятся колебания вынимаемой мощности пласта, его угла залегания, невыдержанность этих же параметров в слоях налегающей породной толщ, неправильность формы выработанного пространства и точность ее определения. Отметим, что влияние детерминированных нарушений (то есть нарушений с достоверно определенными параметрами) можно оценить однозначно с помощью современных методик [3] и поэтому оно в данном случае не рассматривается. Другое дело, когда в массиве присутствуют микронарушения, положение которых, а часто и их наличие вообще, достоверно не известно. В этом случае указанные микронарушения и локальные неоднородности вносят свой вклад в общую долю неопределенности при оценке погрешности расчета параметров сдвижений.

Ко второй группе факторов отнесем физико-механические, среди которых, прежде всего, отметим неоднородность прочностных и деформационных свойств массива, неоднородность



Рис. 3. Распределение модуля деформации осадочного массива горных пород на примере алевролита.

влажности, трещиноватости и других характеристик массива, которые, в конечном счете, оказывают влияние на прочностные и деформационные параметры.

Анализ данных массовых измерений прочностных и деформационных свойств горных пород показал, что даже в пределах ограниченного объема горного массива эти показатели сильно флуктуируют [4]. В первом приближении можно принять, что разброс прочностных или деформационных характеристик подчиняется нормальному закону [5]. На рис. 3 показано распределение модуля деформации осадочного массива горных пород для алевролита как типичной литологической разности. Мода значения модуля составляет около 2 ГПа, тогда как общий разброс достигает $\pm 1,3$ ГПа.

Анализ фактических данных относительно вынимаемой мощности пласта, а также угла залегания породы показал, что указанные факторы тоже распределены по нормальному закону. При этом параметры распределения угла залегания пласта определяется практически полностью геологическими условиями. В то же время распределение вынимаемой мощности зависит как от исходной геологии, так и от технологии отработки пласта или сближенных пластов. При этом технология может как усиливать, так и нивелировать разброс величины вынимаемой мощности. Отметим, что и сами геологические условия могут оказывать весьма сложное воздействие на дисперсию вынимаемой мощности. Так при слабых породах непосредственной кровли, склонных к вывалам, разброс распределения вынимаемой мощности увеличивается, а его прогноз представляет собой весьма сложную самостоятельную задачу [6].

Задержанные сдвиги и провалы земной поверхности над заброшенными шахтами подвержены стохастическим параметрам на порядок сильнее, чем над действующими работами. Установлено, что время провала земной поверхности над погашенной выработкой может колебаться от 2-3 лет до 100 лет и более, причем степень неопределенности этого процесса настолько высока, что параметры провала можно определить только на основе нечеткой логики, то есть весьма ориентировочно [7].

То же касается и максимальной глубины образования провалов при затоплении закрываемой шахты [8]. На основании данных статьи [8] построено распределение глубины образования провалов, приведенное на рис. 4. Видно, что распределение не симметрично и больше отвечает гамма-распределению с вытянутостью в сторону больших глубин и модой 35 м. Более того, дисперсия распределения максимальна в массивах, вмещающих угли низшей степени диагенеза.

Таким образом, выполненный анализ показывает, что отклонение параметров сдвижений от тренда, детерминированных

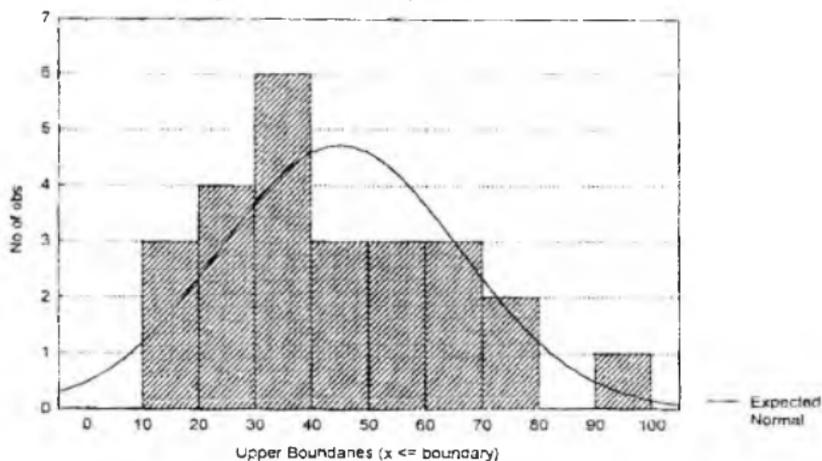


Рис. 4. Распределение максимальных глубин провалов над затопленными закрываемыми шахтами.

прогнозных величин, среднего значения или моды над действующими и погашенными шахтами достигает 200% и более, причем часто величины сдвижений и деформаций могут иметь обратный знак тому, который ожидается согласно расчетным данным. Характер распределения указанных отклонений может быть как симметричным, так и несимметричным. При этом существует две большие группы стохастических факторов (физико-механических и геометрических), которые определяют параметры распределения отклонений. Весьма важной проблемой, таким образом, является *нахождение связи между исходными стохастическими факторами и конечной величиной разброса фактических величин сдвижений и деформаций от детерминированных, определяемых согласно известным методикам.*

На рис. 5,6 показан пример сопоставления расчетных детерминированных наклонов и фактически измеренных для условий пласта с₁₁ шахты «Южно-Донбасская №1». Видно, что величина отклонения фактических значений наклонов от расчетных весьма значительна, причем размах отклонений зависит от положения точки относительно границ выработанного пространства. Проведенный эксперимент показывает важность поставленной задачи и демонстрирует ее практическую полезность. Так в отдельных точках прогнозного сечения земной поверхности следует ожидать не определенной величины наклона или



Рис. 5. Распределение опусканий над лавой.



Рис. 6. Распределение наклонов в мульде сдвижений.

деформации, а иметь ввиду, что их значение может не только колебаться в широком диапазоне, но и даже менять знак на противоположный. Чем больше требуемая надежность прогноза, тем шире диапазон возможного разброса.

Учет стохастических факторов существенно повышает достоверность прогноза и увеличивает надежность мероприятий по устранению отрицательных последствий подработки земной поверхности. Несмотря на то, что мероприятия несколько удорожаются, конечный положительный эффект перекрывает дополнительные затраты, что обеспечивает надежность и безопасность эксплуатации сооружений и объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на угольных месторождениях / Министерство угольной промышленности СССР. - М.: Недра, 1981. - 288 с.
2. Сдвигения горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений. / Акимов А.Г., Земисев В.Н., Кацнельсон Н.Н. и др. - М.: Недра, 1970. - 224 с.
3. Гавриленко Ю.Н. Исследование факторов, влияющих на деформации земной поверхности, при подработке разрывных нарушений пологими пластами // Горно-металлургические проблемы Донбасса. - Донецк: ДонГТУ. - 1995. - №1. - С. 91-100.
4. Свойства горных пород и методы их определения. Ильницкая Е.И., Тедер Р.И., Ватолин Е.С., Кунтыш М.Ф. - М.: Недра, 1969. - 392 с.
5. Методы теории вероятности в геомеханике / О.М. Шашенко, М.С. Сургай, А.Я. Парчешский. -К.: Техника, 1994. -216 с.
6. Иванов И.Е. Совершенствование метода прогнозирования зон обрушений пород непосредственной кровли в очистных забоях тонких пологих пластов Дис... канд. техн. наук: 05.15.11 /ИГТМ НАН Украины -Днепропетровск, 2000., 183 с.
7. Nazimko V.V., Zviagilsky E.L. A knowledge base system for ground control over abandoned mines // Proc. Int. Conf. Mine planning and Equipment selection 1999 & Mine environmental and economical issues 1999. - Dnepropetrovsk: MMUU. - 1999. - P. 777-782.
8. Гавриленко Ю.Н., Улицкий О.А., Шиптенко А.В. Об условиях образования провалов на земной поверхности над горизонтальными и наклонными выработками // Проблемы горного давления. - ДонГТУ, №3, 1999. - С. 110-115.