

УДК 622.834:622.268

## Оценка ширины зоны опорного давления в угольном пласте, разрабатываемом на большой глубине

На основе обработки и анализа многолетних маркшейдерских замеров состояния горных выработок проведена оценка ширины зоны опорного давления в районе угольного пласта, разрабатываемого на большой глубине, а также установлены значения смещений пород в горных выработках при отсутствии влияния очистных работ.

**Ключевые слова:** большая глубина разработки, горные выработки, маркшейдерские замеры, конвергенция, зона опорного давления, ширина.

**Контактная информация:** kulibaba@ukrnimi.donetsk.ua

Подземная разработка угольных месторождений сопровождается образованием в породном массиве различных полостей техногенного происхождения, что приводит к изменению естественного напряженного состояния массива горных пород. Наибольшее воздействие на состояние породного массива оказывают очистные работы, в зону влияния которых попадают, в частности, подземные выработки.

Несмотря на определенные достижения геомеханики в области прогнозирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород, существующие способы и средства управления процессом деформирования массива не адаптированы к современным условиям подземной разработки угольных месторождений. Так, на глубинах 1000–1200 м и более напряжения даже в нетронутом массиве могут достигать значений, при которых породы переходят в предельное и за предельное напряженно-деформированное состояние. В указанных условиях параметры опорного давления, возникающего по периметру очистных работ и дополнительно влияющие на состояние горных выработок, могут существенно отличаться от принятых в существующих нормативно-методических документах. Это свидетельствует об актуальности исследований, направленных на уточнение параметров геомеханических процессов, протекающих в горном массиве.

В целях определения ширины зоны опорного давления в районе угольного пласта, разрабатываемого на большой глубине, авторы провели ее экспериментальную оценку в условиях шахты «Шахтерская-Глубокая» ГП «Шахтерскантрацит» при разработке пласта  $h_8$  (уголь марки А) с углом падения 14–16° и вынимаемой мощностью 1,2–1,75 м на глубине около 1300 м. Исследования заключались в определении значений вертикальной конвергенции пород в главных откаточных штреках (ГОШ) № 1 и 2 и сопоставлении их с удаленностью от ближайшей гра-



**С. Б. КУЛИБАБА,**  
доктор техн. наук  
(УкрНИМИ НАН Украины)



**А. М. ТЕРЛЕЦКИЙ,**  
инж.  
(УкрНИМИ НАН Украины)



**С. В. ГОЛДИН,**  
инж.  
(УкрНИМИ НАН Украины)

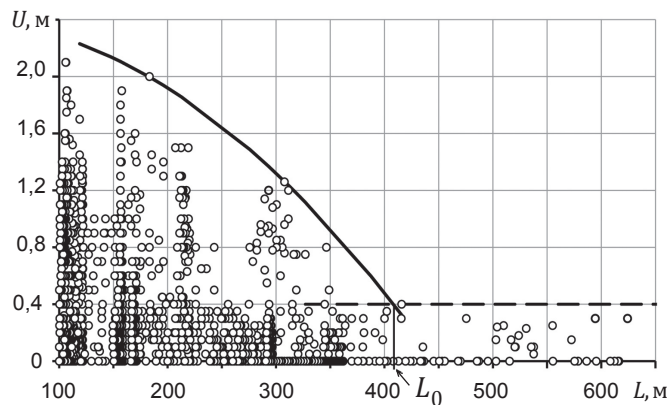
ницы очистных работ. Штреки были пройдены в конце 1980-х годов по простиранию пород на 13 – 27 м ниже пласта  $h_8$  параллельно друг другу по крепким слоям песчаного сланца и закреплены податливой арочной крепью, расположены на расстоянии 50 м один относительно другого, имеют большую протяженность (более 4 км) и охраняются целиками

шириной 100 м. За 20 лет наблюдений в различные периоды они испытали влияние многократного оконтуривания очистными выработками.

Один из основных методов экспериментальных исследований проявления горного давления – выполнение инструментальных наблюдений на замерных станциях, закладываемых в выработках и состоящих из специально оборудованных реперных замерных пунктов. Полученные таким методом экспериментальные данные позволяют наиболее точно определить фактические деформации горного массива и крепи горных выработок, возникающие под влиянием геомеханических процессов.

Вместе с тем существуют причины, значительно усложняющие применение этого метода повсеместно. Так, период между оборудованием натурной наблюдательной станции и получением окончательных результатов инструментальных наблюдений может составлять значительные промежутки времени, сопоставимые с длительностью протекания исследуемых геомеханических процессов. Учитывая, что такие процессы, как сдвигание горных пород и земной поверхности, могут продолжаться годами, их изучение данным методом теряет оперативность. Кроме того, временные рамки исследований ограничиваются сроком существования конкретной наблюдательной станции, что не позволяет изучать данный процесс ретроспективно – в периоды до момента ее оборудования.

В связи с этим для анализа параметров на-



**Рис. 1.** Изменение фактических значений вертикальной конвергенции  $U$  горных пород в главных откаточных штреках № 1 и 2 в зависимости от расстояния  $L$  до ближайшей границы очистных работ.

пряженно-деформированного состояния породного массива авторы использовали более оперативный метод, основанный на анализе имеющегося в наличии большого объема маркшейдерских замеров состояния горных выработок, регулярно проводимых на одних и тех же пикетах. Недостаток этого метода по сравнению с описанным – меньшая точность измерений, составляющая по различным оценкам 25–30 мм.

На рис. 1 показан совмещенный график фактических (измеренных) значений вертикальной конвергенции  $U$  пород в главных откаточных штреках на 394 пикетах (203 пикета – ГОШ № 1 и 191 пикет – ГОШ № 2) в зависимости от расстояния  $L$  до ближайшей границы очистных работ на конкретную дату маркшейдерского замера. Отметим, что анализировались только данные, полученные на тех участках горных выработок, на которых за весь исследуемый период не выполнялись работы по перекреплению или подрывке подошвы, что могло бы внести погрешности в анализ. Первая серия замеров проведена в 1993 г., последующие – с 2008 по 2013 г. с периодичностью один раз в год.

Анализируя распределение фактических данных, видим, что максимальные значения вертикальной конвергенции  $U$ , достигающие 2 м и более, локализованы вблизи границы целика, оставляемого между выработкой и очистными работами, минимальная ширина которого равна 100 м. С увеличением параметра  $L$ , т. е. с удалением ближайшей границы очистных работ от охраняемой горной выработки, максимальные значения  $U$  уменьшаются, и при достижении ими расстояния  $L_0$ , находящегося в интервале 350–450 м, на всех пикетах наблюдается небольшая постоянная конвергенция, не превышающая 0,4 м.

Можно предположить, что параметр  $L_0$  представляет собой ширину зоны опорного давления в окрестности разрабатываемого угольного пласта: конвергенция пород в точках с абсциссой  $L < L_0$  вызвана повышенным горным давлением (левая часть графика), а при  $L \geq L_0$  – является результатом смещения породного массива, не связанного с влиянием очистных работ, другими словами, опорного давления (правая часть графика). Следовательно, для оценки размера зоны опорного давления достаточно определить местоположение границы между левой

и правой частями графика, что возможно путем изучения характера изменения максимальных значений конвергенции на верхней границе рис. 1 в исследуемом интервале значений  $L$ .

Обращает на себя внимание и то, что фактические значения конвергенции на рис. 1 характеризуются большим разбросом. Это можно объяснить разным геомеханическим состоянием пород кровли вследствие периодичности зависаний и обрушений породных блоков в процессе очистных работ. Кроме того, в некоторых случаях большой разброс обусловлен меняющимся по длине выработки состоянием крепи [1]. Однако в аспекте решаемой задачи интерес представляют лишь верхние границы этого распределения.

На рис. 1 также показаны две линии, описывающие распределение максимальной конвергенции в обеих частях графика. Сплошной линией в его левой части обозначена кривая, описывающая верхнюю границу распределения конвергенции в зоне опорного давления:

$$U_{o,d} = 2,4 - 12(0,001L)^2, \quad (1)$$

где  $L$  – расстояние от рассматриваемой горной выработки до ближайшей границы очистных работ, м.

Пунктирной линией в правой части рис. 1 показана верхняя граница значений конвергенции в зоне, находящейся за пределами влияния опорного давления. Рассмотрим эту зону подробнее.

Известны смещения пород в горных выработках вне зоны влияния очистных работ [2, 3], а методика прогноза смещений регламентирована действующим в Украине нормативно-методическим документом [4]. Однако расчеты, выполненные согласно этим Методическим указаниям, свидетельствуют о том, что в рассматриваемых условиях смещения горных пород на контуре выработки должны отсутствовать. В то же время из приведенных фактических данных очевидно, что они есть, причем достаточно ощутимые – конвергенция в рассматриваемой зоне составляет 0,35–0,4 м. Значение 0,4 м получено и при оценке в первом приближении максимальных вертикальных смещений вне зоны влияния опорного давления по результатам инструментальных наблюдений, проводимых сотрудниками отдела горного давления УкрНИМИ на других шахтах

в аналогичных условиях. Кроме того, это значение тесно коррелируется с экспериментальными установленными результатами в более слабых горных породах на шахтах им. А. Ф. Засядько и ОАО «Угольная компания «Шахта «Красноармейская-Западная» № 1 (ПАО «Шахтоуправление «Покровское») [5].

Таким образом, на рис. 1 можно определить абсциссу точки пересечения прямой  $U = 0,4$  м с кривой, рассчитанной по формуле (1), равную в данных условиях 400–410 м, что составляет около 30 % глубины ведения горных работ. Этот размер зоны опорного давления значительно превышает рекомендуемое в нормативном документе [4] значение для определения ширины угольных целиков, предотвращающих вредное влияние очистных работ на выработки, проводимые по разрабатываемому пласту или в непосредственной близости к нему.

**Выводы.** Анализ экспериментальных данных позволил дать оценку ширине зоны опорного давления в угольном пласте, разрабатываемом на большой глубине в условиях шахты «Шахтерская-Глубокая» ГП «Шахтерскантрацит», которая составляет около 30 % глубины ведения горных работ. Установлено, что вертикальная конвергенция пород в горной выработке при отсутствии влияния очистных работ достигает 0,4 м.

Однако следует отметить, что полученные данные носят оценочный характер. Учитывая относительно невысокую точность проводимых замеров, в дальнейшем они потребуют некоторого уточнения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Старосельцев Л. М. О разбросе сечений по длине выработки / Л. М. Старосельцев, В. Я. Мининберг // Уголь. – 1992. – № 3. – С. 7–9.
2. Кацауров И. Н. Горное давление / И. Н. Кацауров // Механика горных пород. – 1972. – Вып. 2. – 363 с.
3. Зборщик М. П. Геомеханика подземной разработки угольных пластов: учеб. пособие: в 3 т. / М. П. Зборщик, М. А. Ильяшов. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – Т. 1. – 2006. – 256 с.
4. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания: КД 12.01.01.201-98. – Донецк: УкрНИМИ, 1998. – 154 с.
5. Костенко А. В. Особенности деформирования горных выработок в зоне влияния очистных работ / А. В. Костенко, Н. Н. Гавриш // Горный информ.-аналит. бюл. – 2005. – № 4. – С. 179–181.