



**П. А. БРЮХАНОВ,**  
инж.  
(ПрАО «Донецксталь» –  
металлургический завод)



**В. В. НАЗИМКО,**  
доктор техн. наук  
(ДонНТУ)

УДК 622.324

## Снижение деформации дегазационной скважины при сдвигении горных пород

*Обоснована методика определения деформации дегазационной скважины при сдвигении горных пород. Рассмотрены меры по минимизации деформации.*

Рыночные условия экономики диктуют необходимость неуклонного увеличения производительности труда и снижения себестоимости добываемого угля. В таких условиях приходится постоянно увеличивать темпы добычи и скорость подвигания очистных забоев, что в обстановке высокой газоносности украинских угольных месторождений приводит к высокому уровню опасности очистных работ из-за повышения вероятности взрыва метановоздушной смеси в пределах выемочного участка [1, 2].

Повышение безопасности горных работ достигается применением комплексной технологии, благодаря которой можно вывести из выработок взрывоопасный газ или разбавить его до безопасной концентрации. Основные составляющие указанной комплексной технологии: проветривание выемочного участка, при котором отдается предпочтение прежде всего его прямоточным схемам; дегазация угольного пласта, а также его спутников и газоносных песчаников через подземные и наземные скважины; газоотсос из выработанного пространства. Гораздо реже применяют обработку угольного пласта поверхностно-активными веществами, гидроди-

намическое воздействие на пласт [3] и другие технологии.

Основное количество газа каптируется через подземные скважины, которые бурят из выработок, примыкающих, как правило, к действующей лаве [4]. При этом доля метана, улавливаемого в пределах выемочного участка, достигает 40 – 60 %, а иногда и более общего его количества в зависимости от горно-геологических условий отработки угольного пласта. Это еще раз подтверждает важность технологии дегазации выемочного участка подземными скважинами с точки зрения повышения безопасности интенсивной отработки пластов.

Вместе с тем эффективность дегазации вмещающего массива и выработанного пространства действующей лавы часто оказывается низкой. Основная причина снижения потенциала дегазации подземными скважинами – разрушение каналов дегазационных скважин в результате интенсивного проявления горного давления. Это разрушение авторы изучали в натуральных условиях с помощью инструментальных средств и визуального обследования состояния дегазационных скважин. Применяли такие методы: измерение сдвижений пород в глубине массива с помощью глубинных реперов; фотограмметрии и камернометрии. В качестве инструмента использовали шупы из составных фиберглассовых стерж-

ней и внутример. Щупами измеряли общую длину дегазационной скважины, которая еще могла использоваться для дегазации.

Установлено, что целостность скважины и проходимость ее канала сохраняются только на первоначальном этапе эксплуатации сразу после бурения. Однако с течением времени в силу негативных проявлений горного давления канал дегазационной скважины деформируется, вследствие этого площадь сечения канала уменьшается и, в конечном итоге, перекрывается полностью, в результате чего дегазационная скважина перестает каптировать метан. Это повышает опасность эксплуатации выемочного участка, поскольку метан начинает фильтроваться из глубины массива в полость выработок и в рабочее пространство действующего очистного забоя.

Типичные формы деформации канала дегазационной скважины, пробуренной из подземной горной выработки, показаны на рис. 1. Чаще всего скважина сминается или на ее стенках возникают вывалы. При смятии канала первоначальная цилиндрическая форма превращается в неправильную фигуру меньшего поперечного сечения; в процессе деформации – в сегмент круга; при вывале пород из стенок скважины на одном участке площадь поперечного сечения скважины увеличивается, однако на другом непропорционально уменьшается из-за загромождения разрыхленными обломками. Во всех случаях площадь поперечного сечения дегазационной скважины уменьшается, а ее аэродинамическое сопротивление возрастает, что снижает эффективность дегазации.

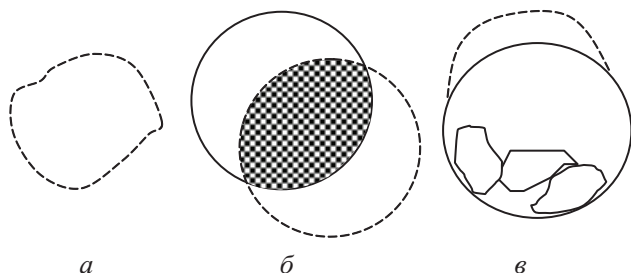


Рис. 1. Типичные формы деформированного канала дегазационной скважины: *а* – смятие; *б* – перерезывание; *в* – вывалы в стенках.

Наиболее интенсивные разрушения канала дегазационной скважины совершаются в зоне динамического опорного давления впереди лавы и в зоне активных сдвижений позади нее. Вместе с тем именно в этих зонах происходят максимальное высвобождение и дегазация взрывоопасного метана. Ис-

следования показали [5], что максимум интенсивности газовыделения  $I$  из массива горных пород наблюдается на высоте в пределах 10 м от кровли подготовительной выработки, примыкающей к лаве в зоне опорного давления и напротив окна лавы (рис. 2). При этом интенсивность газовыделения составляет 6–10 м<sup>3</sup>/мин из одной скважины. На более отдаленных участках максимум интенсивности выделения метана наступает в 40–50 м позади действующего очистного забоя.

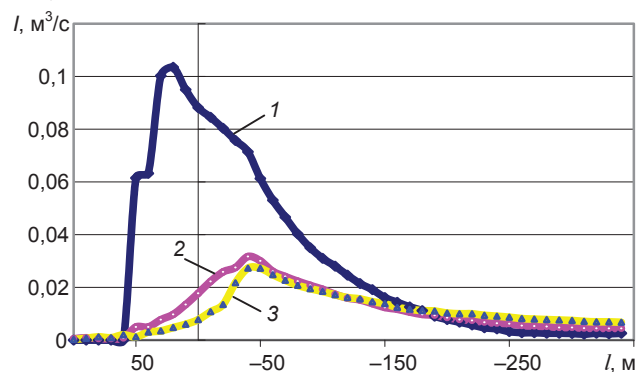


Рис. 2. Зависимость интенсивности газовыделения на разных горизонтах  $l$  от расстояния относительно очистного забоя  $l$  [5]: 1, 2 и 3 – расстояние от пласта в кровлю соответственно 10 м, 20 м, 30 м.

Таким образом, основное количество газа каптируется с помощью дегазационных скважин позади действующей лавы. Однако именно на указанном интервале происходит наиболее интенсивное разрушение каналов дегазационных скважин в формах (см. рис. 1). Отметим, что указанные формы деформированного поперечного сечения дегазационных скважин не исчерпывают все многообразие форм деформации. Так, одновременно с деформацией площади поперечного сечения удлиняется и искривляется ось дегазационной скважины. Удлинение оси дегазационной скважины измеряли с помощью глубинных реперов, пример схемы установки которых в подготовительной выработке можно увидеть на рис. 3. При этом в кровле выработки охватывали интервал более 13 м, что позволило оценить область наиболее интенсивных деформаций вмещающих пород и пробуренной в них скважины [6–8].

Распределения деформаций пород вдоль осей измерительных скважин после удаления лавы от экспериментальной выработки на расстояние более 300 м, т. е. за пределы зоны активных сдвижений, показаны на рис. 4. Видно, что максимальные деформации растяжения интервалов наблюдаются в скважине, пробуренной в кровлю выработки.

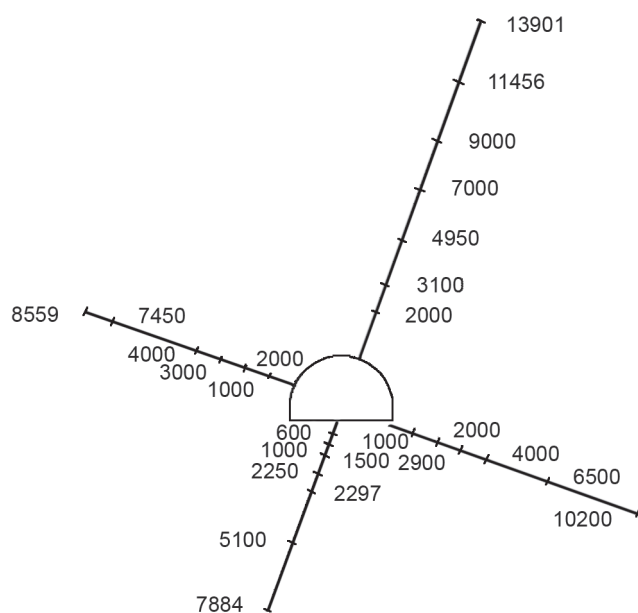


Рис. 3. Схема расположения глубинных реперов в наблюдаемой скважине.

Одна из особенностей сдвижения – совместное и согласованное действие сил горного давления и собственной массы вмещающих выработку пород. Другая особенность заключается в том, что максимальные растяжения наблюдаются у устья скважины или у контура подготовительной выработки. Так, на указанном участке зарегистрированы деформации более 40 мм/м, или 0,04, что в несколько раз превышает предел прочности пород на растяжение. Это означает, что у устья скважины происходят необратимые деформации массива, которые способствуют разрушению ее стенок.

Наиболее сложным оказалось изучение деформаций оси дегазационной скважины. Сначала детально анализировали структуру массива разрушенных пород, окружающих подготовительную выработку на рассечках. Кроме детальных измерений элементов структур в натуральных условиях искривление оси дегазационной скважины изучали фотограмметрическим методом в лабораторных условиях по снимкам рассечек.

В результате проведенных исследований установлено, что вокруг подготовительной выработки формируются структуры техногенной природы. Основной структурой является характерная породная складка, которая развивается в процессе разрушения вмещающих выработку пород в зонах опорного давления и активных сдвижений. Всего обработано 11 снимков на рассечках, обследованных авторами дан-

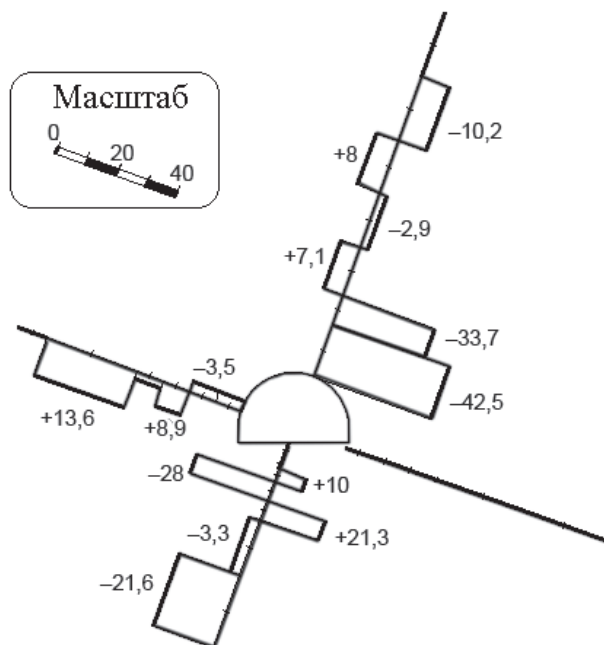


Рис. 4. Конечное распределение деформаций, см, вмещающих пород: «+» – сжатие; «-» – растяжение.

ной статьи, а также другими исследователями [9]. Оказалось, что кроме складок с размером крыльев 1 – 3 м часто регистрируются микроскладки, характерный размер которых не превышает нескольких сантиметров. Обычно в кровле выработки образуются одна крупная складка и 5 – 12 микроскладок. Еще один характерный элемент структуры – сосредоточенный сдвиг пород, который чаще происходит по напластованию, но встречаются также кососекающие сдвиги, ориентированные к напластованию под углами 30 – 70°.

Сосредоточенные сдвиги реализуются путем скольжения смежных слоев один относительно другого по контакту или при локальном разрушении отдельных слоев в виде среза под углом к напластованию. При этом амплитуда таких сосредоточенных деформаций сдвига изменяется в пределах 10 – 50 мм, а иногда бывает и большей. Именно такие сосредоточенные сдвиги порождают форму деформаций площади поперечного сечения дегазационной скважины (см. рис. 1, б).

Вместе с тем оказалось, что конечная деформация площади поперечного сечения дегазационной скважины существенно зависит от ориентации ее оси на локальную техногенную структуру, возникающую в процессе необратимых сдвижений разрушенных пород в полость подготовительной выработки. Примеры искривления оси гипотетической



дегазационной скважины, которая могла быть пробурена из выработки, показаны в работе [10]. В результате запредельного деформирования и необратимых сдвижений вмещающих пород ось скважины приобретает изломанный вид. При этом длина участков скважин между соседними изломами изменяется от 10 до 120 см на расстоянии от контура деформированной выработки 2–3 м, а угол взаимного излома соседних участков скважины – от 3 до 300°.

**Выводы.** Углы разворота и подъема дегазационных скважин должны определяться с учетом минимального перерезывания канала скважины, что возможно, если скважина проходит перпендикулярно к напластованию горных пород. При этом ожидается взаимное сдвижение породных слоев.

Длину участков обсадки и герметизации скважин необходимо определять из условий минимального подсоса воздуха из выработки в систему дегазации.

Определение всех параметров – сложный и трудоемкий процесс. Для этого требуется учет опыта работ в шахтах и компьютерное моделирование физики процесса в горном массиве. Такую работу может выполнить специализированная компьютерная организация, например Государственный Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ), во время разработки и согласования проектов дегазации шахт по заказам угольных предприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Тополов В. С.* Угольная отрасль Украины: энергоресурсы, ретроспектива, состояние, проблемы и стратегия развития / В. С. Тополов, Б. А. Грядущий, С. Я. Петренко. – Донецк: ООО Алан, 2005. – 508 с.
2. *Расследование и предотвращение аварий на угольных шахтах* / А. М. Брюханов, В. И. Бережинский, К. К. Бусыгин и др.; под общ. ред. А. М. Брюханова. – Донецк-Донбасс, 2004. – Ч. II. – 632 с.
3. *Гидродинамическое* воздействие на газонасыщенные угольные пласты / А. Ф. Булат, К. К. Софийский, Д. П. Силян и др. – Днепропетровск: Триада, 2003. – 228 с.
4. *Дегазация угольных шахт.* Требования к способам и схемы дегазации: СОУ 10.1.00174088.001–2004. – Офиц. изд. – К.: Минтопэнерго Украины, 2004. – 162 с. – (Нормативный документ Минтопэнерго Украины).
5. *Звягильский Е. Л.* Исследование процесса перераспределения метана вокруг движущегося очистного забоя / Е. Л. Звягильский, Б. В. Бокий, В. В. Назимко. – Донецк: Норд-пресс, 2005. – 195 с.
6. *Назимко В. В.* Анализ развития зоны разрушения вокруг полевой выработки при влиянии очистных работ / В. В. Назимко // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1989. – № 2. – С. 45–48.
7. *Назимко В. В.* Механизм сдвижений пород в окрестности полевой выработки / В. В. Назимко // Уголь Украины. – 1988. – № 10. – С. 8–9.
8. *Копылов А. Ф.* Механизмы деформирования надрабатываемых выработок / А. Ф. Копылов, В. В. Назимко // Уголь Украины. – 1994. – № 5. – С. 10–12.
9. *Mogk E.* Bergbehordliche anforderungen fur den ein-satz von ankerabau im bergamtsbezirk moers / E. Mogk, M. Kulassek // Ankersbau im bergbau roofbolting in mining. – Aachen, 1995. – S. 9–17.
10. *Брюханов П. А.* Восстановление деформаций дегазационной скважины по сдвигениям вмещающих подготавливательную выработку пород / П. А. Брюханов, В. В. Назимко // Маркшейдерське забезпечення геотехнологій: міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених 19–20 трав. 2010 р.: доповіді. – Днепропетровск: НГУ, 2010. – С. 8–14.