

В.В. Назимко, И.А. Дедич

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН, ПРОБУРЕННЫХ С ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ИХ ПОДРАБОТКЕ ОЧИСТНЫМИ ЗАБОЯМИ

Установлен механизм разрушения дегазационных скважин, пробуренных с земной поверхности при их подработке очистными забоями. Разработан метод обеспечения устойчивости и работоспособности скважин.

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ДЕГАЗАЦІЙНИХ СВЕРДЛОВИН, ЯКІ ПРОБУРЕНІ З ПОВЕРХНІ ТА ПІДРОБЛЮЮТЬСЯ ОЧИСНИМИ ВИБОЯМИ

Визначено механізм руйнування дегазацийних свердловин, пробурених з земної поверхні при їх підробці очисними вибоями. Розроблено метод забезпечення стійкості та працездатності свердловин.

INCREASING OF DRAINAGE BOREHOLES STABILITY THAT DRILLED FROM SURFACE AND UNDERMINED BY LONGWALLS

Mechanism of drainage boreholes destruction that drilled from surface and undermined by longwalls is determined. Method of stability providing and labor ability of boreholes is developed.

ВВЕДЕНИЕ

Текущая дегазация угольных месторождений скважинами, пробуренными с поверхности, является перспективным направлением при их комплексном освоении [1]. Применение указанного способа дегазации позволяет решить комплекс проблем, связанный с повышением безопасности ведения подземных горных работ, снижением выбросов парниковых газов в атмосферу, возможностью полезного использования метановоздушной смеси в качестве энергоносителя. Также необходимо учитывать возможность выполнения буровых работ с земной поверхности. Ключевая особенность способов текущей дегазации – обязательная подработка дегазируемого массива горных пород длинными

очистными забоями. В связи с этим дегазационные скважины, находящиеся в активной фазе извлечения метана, испытывают негативное влияние процессов в подработанном массиве, выражающееся в их частичном или полном разрушении [2], что существенно снижает эффективность дегазации [3].

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН В ПАО «ШАХТОУПРАВЛЕНИЕ «ПОКРОВСКОЕ»

Сбор данных по работе и состоянию дегазационных скважин выполнялся в ПАО «Шахтоуправление «Покровское», которое отрабатывает угольный пласт d_4 на глубине 700 – 900 м в сложных горно-геологических условиях, характеризуе-

мых интенсивной нарушенностью пласта и вмещающих пород малоамплитудными геологическими нарушениями, высокой газоносностью пласта и газоносных песчаников, агрессивностью подземных вод. Средняя нагрузка на очистной забой на участках, где применяется рассматриваемый способ дегазации, составляет более 3000 т/сут.

Типичный стратиграфический разрез подрабатываемой толщи участков шахтного поля представлен осадочными слоистыми породами, перемежающимися слоями алевролитов, аргиллитов и песчаников в соотношении 3:2:1. Реже встречаются известняки, угольные пласты и их спутники нерабочей мощности. Прочность песчаников на одноосное сжатие изменяется в пределах 40 – 90 МПа. Песчаники имеют значительную пористость (2 – 5%) и способны накапливать значительное количество газа и воды. Алевролиты имеют прочность 30 – 60 МПа и содержат разное количество глинистых минералов: от 10 до 60% в зависимости от типа цемента. Аргиллиты характеризуются минимальной прочностью, которая колеблется в пределах 20 – 50 МПа и способны выполнять функции водоупоров и газовых покрывшек.

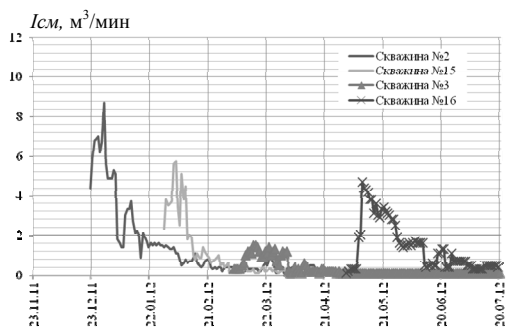


Рис. 1. Дебит дегазационных скважин

Наблюдения за дебитом дегазационных скважин показали, что суммарный объем извлекаемой метановоздушной смеси из скважин может различаться в несколько

раз. Максимум интенсивности газовыделения наблюдается через два – три дня после подработки скважин очистным забоем. Абсолютные показатели максимального дебита существенно варьируются (рис. 1), что объясняется изменяющимися условиями, в которых работают скважины. Исследования показали наличие повреждений и разрушений в газопроводящей части скважин, что при определенных условиях может существенно снижать эффективность дегазации. Способ текущей дегазации скважинами, пробуренными с поверхности при средней глубине отработки запасов угля в Украине более 700 м, имеет существенный недостаток в сравнении со способами дегазации скважинами, пробуренными с подготовительных выработок – величина газоприемной части скважины (для условий шахтоуправления «Покровское» около 100 м) существенно меньше газопроводящей части скважины. Большая доля затрат идет на обеспечение канала выхода метановоздушной смеси на поверхность. Также в целях полезного использования метановоздушной смеси в качестве энергоносителя на когенерационной станции необходимо сооружать сеть газопроводов на поверхности по протяженности сопоставимую с длиной подземного трубопровода. Плотность бурения скважин определяется из расчета минимизации из взаимного влияния. Для условий шахтоуправления «Покровское» на этапе проектирования был определен шаг бурения скважин, равный 300 м. Таким образом, для выемочного столба длиной до 3000 м необходимо пробурить не более 9 – 10 дегазационных скважин. Разрушение или снижение пропускной способности газопроводящего канала хотя бы одной скважины приводит к снижению эффективности способа дегазации в целом на выемочном участке. Следовательно, исследование процессов деформации углепородного массива после его подработки и степени их влияния на скважины, а также разработка мер, направленных на повышение устойчивости скважин является ключевым на-

правлением по обеспечению эффективности данного способа дегазации и определяет перспективы его развития.

Установлено, что наиболее вероятной причиной повреждения ствола скважины является сосредоточенный сдвиг пород в слоистой толще вдоль напластования. Важно также отметить, что сосредоточенный срез ствола скважины имеет максимальную амплитуду в зоне наибольших изгибов, а после перехода скважины в зону полных сдвижений амплитуда среза может (но не обязательно) уменьшиться или совсем исчезнуть. Этот процесс определяется эффектами, сопровождающими сложный процесс необратимых сдвижений массива горных пород. Установлено, что величина сосредоточенного среза ствола скважины существенно зависит от таких факторов, как механические свойства горных пород, физико-механические свойства контактов между смежными породными слоями, степень обводненности подрабатываемого массива, скорость подвигания очистного забоя, который подрабатывает скважину, место расположения скважины относительно боковых границ выработанного пространства, то есть относительно вентиляционного или конвейерного штрека, расстояние до кровли обрабатываемого пласта. Достоверность факта преобладающего разрушения вертикальных скважин от сосредоточенных деформаций среза, ориентированного вдоль слоистости массива, подтверждена статистически визуальными наблюдениями.

Особенности перераспределения касательных деформаций и напряжений исследованы с помощью современной цифровой модели (FLAC3D manual. ITASCA Consulting group 2008). Моделирование процесса необратимых сдвижений осуществлялось в трехмерной постановке с учетом разных скоростей подвигания очистного забоя. Пласт мощностью 1,7 м обрабатывали на глубине 800 м. Дина лавы составляла 200 м, а темпы ее подвигания изменяли в пределах от 50 до 250 м/мес. Установлено, что после отхода лавы от монтажной каме-

ры на величину примерно равную длине лавы касательные деформации вдоль напластования достигают максимума и стабилизируются. При этом наибольший уровень касательных деформаций приурочен к области непосредственной и основной кровли обрабатываемого пласта. По мере удаления вверх амплитуда касательных деформаций вдоль слоистости затухает. Таким образом, чем больше глинистых минералов содержится во вмещающих породных слоях и чем больше их обводненность, тем вероятнее возникновение сосредоточенного сдвига вдоль межслоевого контакта и больше амплитуда самого сдвига. Важно отметить также то, что с ростом скорости подвигания очистного забоя величина деформаций сосредоточенного сдвига вдоль слоистости уменьшается. На рис. 2 приведено распределение касательных деформаций вдоль наслоения, полученное для среднего сечения зоны полных сдвижений вокруг лавы, отошедшей от монтажной камеры на 300 м. Скорость подвигания лавы в данном случае составляла 100 м/мес. Видно, что наибольшие величины деформаций сосредоточенного сдвига концентрируются вокруг зоны максимальных изгибов в пределах зоны полных сдвижений. Именно эта область является наиболее опасной с точки зрения сосредоточенного среза ствола дегазационной скважины. Следует отметить, что в зависимости от содержания глинистых минералов и водоносности слоев сосредоточенный сдвиг может возникнуть на любом интервале скважины, исключая, пожалуй, только тот ее участок, который расположен в наносах.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН

Исходя из установленных закономерностей распределения опасных деформаций был предложен метод повышения устойчивости дегазационной скважины, основанный на выборе рациональных параметров расположения ее ствола относи-

тельно указанной опасной зоны. Общий принцип расположения дегазационной скважины иллюстрируется пунктирной линией на рис. 2. Газопроводящую (верхнюю) часть скважины целесообразно расположить за пределами опасной зоны, поскольку на компьютерной модели и с помощью мониторинга в натуральных условиях была доказана возможность среза ствола скважины практически на любом ее интервале. Нижний (переходный) участок скважины целесообразно выполнить криволинейным с таким расчетом, чтобы ее ось была по возможности параллельна или по крайней мере конгруэнтна плоскости напластования. В этом случае срез будет

происходить примерно вдоль оси скважины, а не перпендикулярно к указанной оси. Благодаря этому сосредоточенный срез не приведет к потере сечения скважины на участке пересечения опасной зоны. Газоприемный участок необходимо расположить примерно перпендикулярно к напластованию, что позволит пересечь максимальное число трещин, отдающих газ. На этом участке сосредоточенный срез не так опасен, поскольку проницаемость массива будет обеспечиваться за счет объемной сетки систем трещин, которая образуется непосредственно в зоне беспорядочного обрушения и полных сдвижений.

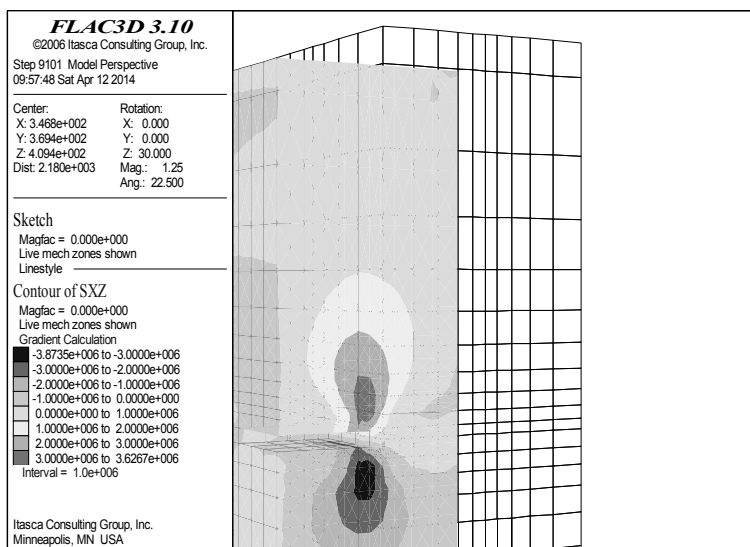


Рис. 2. Распределение касательных деформаций в окрестности движущегося очистного забоя

На рис. 3 показан разрез и план выемочного участка с дегазационной скважиной, дизайн которой учитывает описанный выше метод повышения устойчивости. Газопроводящий канал скважины, проходящий от земной поверхности до точки B , предлагается размещать вне зоны, опасной по сосредоточенным сдвигам для дегазационных скважин, определенной углами δ , которые в свою очередь зависят от уг-

лов зоны влияния выработанного пространства и опасных деформаций β и γ . Вне этой зоны деформации сосредоточенного сдвига также присутствуют, однако их возможная величина не сможет повлиять на пропускную способность скважины. Параметры переходного участка скважины, между точками A и B , определяются углами ω и ε к проекции линии очистного забоя и к плоскости напластования. Со-

блюдение параметров переходного участка позволит минимизировать влияние деформаций сосредоточенного сдвига. Параметры газопроницаемой части скважины, в первую очередь, должны соответствовать требованиям [4] и при возможности учитывать рекомендации [5].

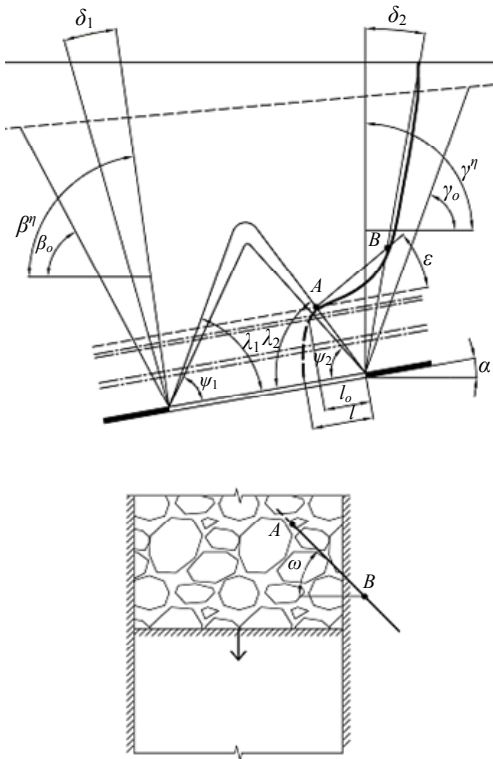


Рис. 3. Дизайн дегазационной скважины

Пример реализации способа показан для условий шахтоуправления «Покровское» (см. рис. 3) [6]. Шахта обрабатывает одиночный пласт, который залегает под углом 10° к горизонту на глубине 800 м, вынимаемой мощностью $m_B = 2$ м. Система разработки столбовая по простиранию пласта. Длина очистного забоя лавы составляет 300 м. Для реализации способа находят величины углов: $\varphi_1 = 55^\circ$,

$\varphi_2 = 58^\circ$, $\lambda_1 = 60^\circ$, $\lambda_2 = 63^\circ$. Определяют шаг посадки основной кровли $l_o = 70$ м. Затем находят граничные углы зоны влияния выработанного пространства в коренных породах. Со стороны восстания пласта $\gamma_o = 70^\circ$, со стороны падения пласта $\beta_o = 62^\circ$, а также границы зоны опасных деформаций массива, выраженные углами со стороны восстания пласта $\gamma^n = 90^\circ$, со стороны падения пласта $\beta^n = 82^\circ$.

В заданных горно-геологических условиях выделена дегазуемая толща, высота которой оказалась равной 110 м. В эту зону попадают четыре пласта-спутника нерабочей мощности, которые размещаются в области газопроводящих трещин и являются источником основного поступления метана. Затем определяют зону сосредоточенных сдвигов массива, при этом угол между граничной линией зоны сосредоточенных сдвигов массива и линией опасной трещиноватости составляют: $\delta_1 = 74^\circ$, $\delta_2 = 82^\circ$. Определяют расположение точек A и B в поперечном сечении очистного забоя.

С поверхности бурят дегазационную скважину таким образом, чтобы основной участок газопроводящей части скважины находился за пределами границы зоны сосредоточенных сдвигов массива. При достижении во время бурения глубины, соответствующей расположению точки B , проводят переходный криволинейный участок между точками A и B так, что проекция его оси лежит под углом $\omega = 45^\circ$ к проекции линии очистного забоя, ориентированной в горизонтальной плоскости (см. рис. 3).

При достижении во время бурения глубины, соответствующей точке A , газопроницаемую перфорированную часть скважины проводят так, чтобы ее призабойный участок располагался нормально к плоскости напластования на расстоянии от границы выработанного пространства $l = 100$ м, что соответствует условию $l < l_o$.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате реализации способа получили достаточно полную и достоверную картину зоны сосредоточенных сдвигов. Степень дегазации по сравнению с ближайшим аналогом повышена в 1,3 – 1,5 раза.

Выполненные исследования позволили обосновать дизайн дегазационной скважины, который обеспечит ее сохранность и работоспособность за счет рационального

размещения газоприемной части относительно границ выработанного пространства, а также оптимальной ориентации переходного и газоприемного участков. Ожидаемый экономический эффект от применения разработанного метода составляет 0,5 – 0,8 млн грн/километр выемочного столба. Этот эффект обусловлен возможностью получения дополнительной прибыли от реализации метана благодаря увеличению их дебита и продления жизненного цикла.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурение скважин для освоения метаноугольных месторождений Донбасса / О.Д. Кожушок, М.А. Ильшов, В.А. Турчин [и др.] // Буріння. – 2012. – № 1(9) – 2012. – С. 89 – 92.

2. Обоснование методики прогноза мест разрушения стволов скважин, пробуренных с поверхности / М.А. Ильшов, И.А. Дедич, Е.Н. Халимендигов [та ін.] // Уголь України. – 2014. – № 3. – С. 3 – 9.

3. Назимко В.В. Исследование связи между деформацией дегазационной скважины и ее аэродинамическими параметрами / В.В. Назимко, А.И. Демченко, П.А. Брюханов // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. науч. тр. – Макеевка: МакНИИ, 2010. – № 2(26). – С. 25 – 42.

4. СОУ 10.1.00174088.001-2004. Дегазация угольных шахт. Требования к способам и схемы дегазации. – К., 2004. – 162 с.

5. Оптимизация размещения и конструкции дегазационных скважин, пробуренных с поверхности / О.Д. Кожушок, А.В. Агафонов, В.Н. Кочерга [и др.] // Уголь України. – 2013. – № 4. – С. 20 – 24.

6. Спосіб дегазациї підроблюваного вуглепородного масиву. Заявка на патент 04.12.13.

ОБ АВТОРАХ

Назимко Виктор Викторович – д.т.н., профессор-кафедры маркшейдерского дела Донецкого национального технического университета.

Дедич Иван Александрович – инженер, специалист проектного и научно-исследовательского центра ПрАО «Донецксталь» – металлургический завод».