

В.Н. Павлыш, А.С. Гребенкина, В.Д. Рябичев, С.С. Гребенкин

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССОВ КОМПЛЕКСНОГО ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УГОЛЬНЫЕ ПЛАСТЫ

Рассматривается задача совершенствования технологии воздействия на угольные пласты с целью управления их состоянием для борьбы с опасными явлениями при подземной добыче угля. Предложено совместное применение гидравлического и пневматического воздействия как средства снижения газовыделения и пылеобразования.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСІВ КОМПЛЕКСНОГО ГІДРОПНЕВМАТИЧНОГО ВПЛИВУ НА ВУГІЛЬНІ ПЛАСТИ

Розглядається задача удосконалення технології дії на вугільні пласти з метою управління їх станом для боротьби з небезпечними явищами при підземному видобутку вугілля. Запропоновано спільне застосування гідравлічної та пневматичної дії як засобу зниження газовиділення та пилоутворення.

TECHNOLOGY PLANNING AND CALCULATION OF PROCESSES PARAMETERS OF COMPLEX HYDRO-PNEUMATIC IMPACT ON COAL SEAMS

The problem of perfection of technology of action on coal stratum in order to control of their status for prevention of dangerous phenomenon during underground coal extraction is considered. The joint application of hydraulic and pneumatic action as a way of reduction of gas and dust extraction is proposed.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

По классификации академика А.А. Скочинского [1], к основным опасностям при подземной добыче угля относятся пылеобразование, газовыделение, внезапные выбросы угля и газа, эндогенные пожары. В комплексе методов решения задач борьбы с основными опасностями при подземной добыче угля очень важное место занимают процессы воздействия на угольные пласты, позволяющие изменить их состояние и за счет этого снизить интенсивность проявления опасных и вредных свойств.

В предлагаемой статье рассматривается подход к решению задачи снижения пыле- и газовыделения на основе комплексного гидропневматического воздействия, чем определяется актуальность работы.

Цель работы – развитие теоретических основ процессов и обоснование способа комплексного гидропневматического воздействия на анизотропные угольные пласты.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В настоящее время применяется ряд способов гидравлического воздействия на угольные пласты, различающихся как по своему назначению, так и по выполняемым операциям, они являются обязательными мероприятиями и регламентированы нормативными документами [2]. Для соответствующих технологических схем разработаны методы расчета параметров [3].

Все параметры гидравлического воздействия можно разбить на две группы: параметры схемы расположения скважин и параметры нагнетания. К первой группе относятся: длина, диаметр и глубина герметизации скважин, расстояние между скважинами или эффективный радиус, для коротких скважин – величина неснижаемого опережения, для длинных – расстояние от очистного забоя до первой скважины.

Вторая группа включает: расход жидкости на скважину, давление, темп и время нагнетания.

Рассмотрим схемы и параметры отдельно для локального, регионального способов и нагнетания при вскрытии угольных пластов.

Схема расположения коротких (до 25 м) скважин, перпендикулярных линии очистного забоя, показана на рис. 1, а. Длина скважин обычно выбирается кратной недельному подвиганию забоя. Это позволяет, во-первых, расположить фильтрующую часть скважины за пределами зоны опорного давления и повысить вследствие этого равномерность обработки, во-вторых, значительно уменьшить по сравнению со шпуровой схемой зависимость работ по нагнетанию от очистных работ.

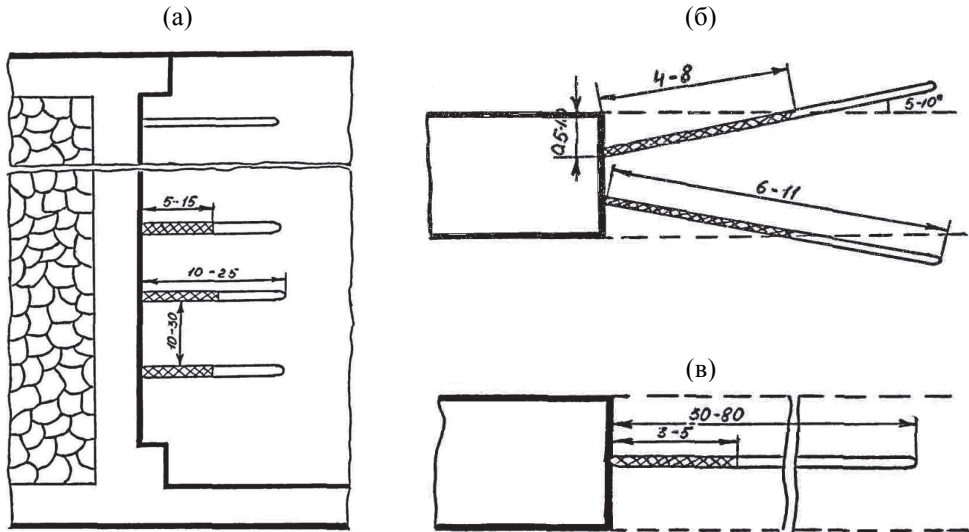


Рис. 1 Схемы расположения скважин: коротких в очистном забое (а); коротких в подготовительной выработке (б); длинной в подготовительной выработке (в)

Гидравлическое воздействие на угольный пласт при проведении пластовой подготовительной выработки осуществляется через скважины, расположенные по одной из схем, приведенных на рис 1, б, в. Длина

скважин при использовании нагнетания как противовыбросного мероприятия рекомендуется в пределах 8-11 м [2], при борьбе с пылью – 30-80 м [2]. Особенностью схемы (рис 1, б) является наложение

зон влияния скважин из-за ограниченных размеров забоя подготовительной выработки.

Основные схемы расположения длинных скважин, параллельных очистному забою, приведены на рис. 2. Схема, изображенная на рис. 2, б, применяется при не-

возможности пробурить скважины из одной выработки на всю длину лавы. При щитовой выемке крутозалегающих пластов столбами по падению длинные скважины бурятся по восстанию перпендикулярно очистному забою.

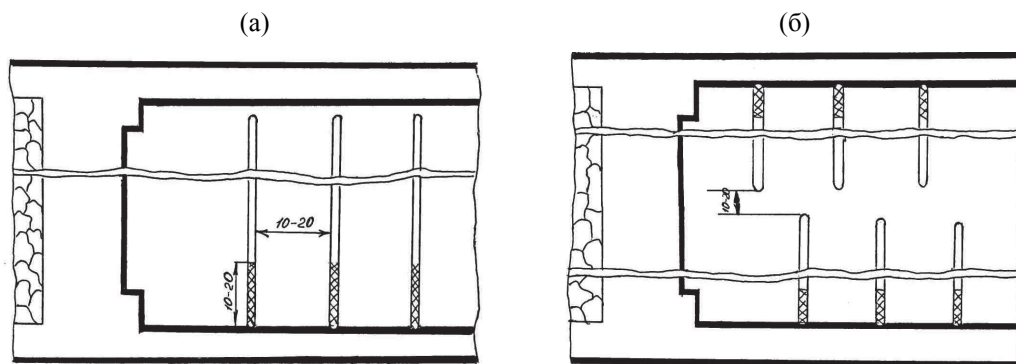


Рис. 2. Схема расположения длинных скважин, пробуренных: из подготовительной выработки (а); из откаточного и вентиляционного штреков (б)

Основным недостатком длинных скважин, ограничивающим их применение в настоящее время, является трудность направленного бурения и герметизации, обусловленная отсутствием необходимого количества надежного оборудования. Кроме того, использование длинных скважин возможно только при наличии достаточного опережения подготовительных выработок, т.е. практически при столбовых системах разработки.

При невозможности обеспечить одновременную работу более трех скважин, рекомендуется применять технологию непрерывной каскадной обработки, заключающуюся в следующем.

Нагнетание производится одновременно через три скважины, причем одна из них, расположенная со стороны обработанной области, является вспомогательной и служит для создания гидродинамического противодействия оттоку жидкости в этом направлении от остальных двух скважин (нагнетательных). После работы

крайней нагнетательной скважины в течение половины расчетного времени нагнетания вспомогательная скважина отключается, соседняя становится вспомогательной, и к нагнетанию подключается следующая скважина. В образовавшейся таким образом группе из трех скважин вновь одна является вспомогательной, две – нагнетательными, и процесс повторяется. Темп подачи жидкости в нагнетательные скважины должен соответствовать естественной приемистости пласта при условии обеспечения требуемого расхода. На вспомогательной скважине достаточно поддерживать давление, приблизительно равное давлению на соседней нагнетательной.

Применение такой технологии в значительной степени предотвращает преимущественный отток жидкости в стороны от крайних скважин при наличии между ними слабопроницаемых областей больших размеров или при интенсивном взаимодействии потоков.

Применение каскадной обработки (рис. 3) позволяет, по данным моделирования и натурных экспериментов, снизить площадь необработанных зон на 50-80% в зависимости от технологической схемы и в 1,5-2 раза уменьшить коэффициент вариации удельного насыщения массива жидкостью в области воздействия. При этом нагнетание с одинаковым темпом подачи жидкости позволяет снизить значения этих показателей соответственно на 35-60% и на 25-30% по сравнению с нагнетанием при нерегулируемом темпе [3].

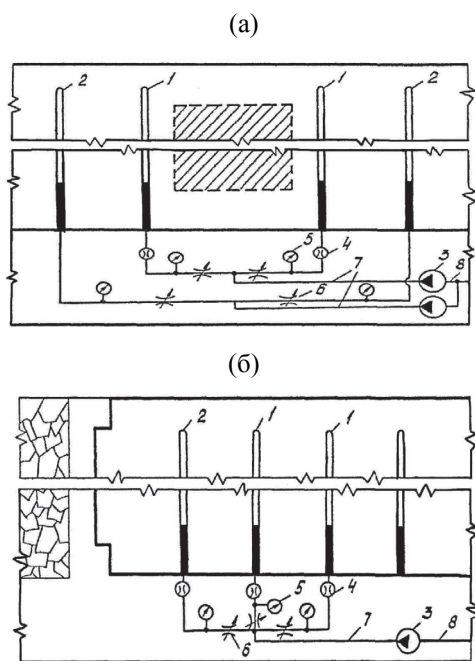


Рис. 3. Технологические схемы каскадного нагнетания со вспомогательными скважинами при известном расположении слабопроницаемой области (а), по непрерывной технологии (б): 1 – нагнетательные скважины; 2 – вспомогательные скважины; 3 – насосная установка; 4 – счетчик-расходомер; 5 – манометр; 6 – дроссель регулируемый; 7 – рукав высоконапорный; 8 – участковый водопровод

Локальный способ. При нагнетании в забое подготовительной выработки геометрические параметры показаны на рис.

1, б, в. Эффективный радиус выбирается из условия обработки 4-метровой зоны за контуром выработки.

Длина скважин, пробуренных из очистного забоя, обычно принимается кратной недельному подвиганию лавы, но не превышает 25 м. Диаметр скважин 45-60 мм. Величина неснижаемого опережения для коротких скважин принимается равной длине фильтрующей части.

Расчет технологических параметров выполняется согласно [3].

Региональный способ. Скважины бурятся диаметром 75-100 мм в зависимости от используемого оборудования. Длина скважин, расположенных по схеме рис. 1, а:

$$l_c = L_{Л} - 20 \text{ м};$$

по схеме рис. 1, б:

$$l_c = \frac{L_{Л}}{2} - 20 \text{ м},$$

где $L_{Л}$ – длина лавы, м.

Глубина герметизации составляет обычно 10-20 м.

Расчет темпа и времени нагнетания производится в предположении радиально-одномерного характера движения жидкости от скважины.

Время нагнетания:

$$T_H = \frac{53Q\tau\mu}{l_{\Phi}k_x(P_H - P_{Г})}(0,13Q+1) \times \left(\frac{6,6}{m^2} + 1\right) \left(\frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{n_{\mathcal{E}}} + 1\right) (1,7\sqrt{A+1}), \text{ ч.}$$

Расчет параметров при каскадной гидрообработке.

Время нагнетания жидкости в каждую нагнетательную скважину (группу скважин):

$$T_H = \frac{70Q\tau\mu}{l_{\Phi}k_x(P_H - P_{Г})}(0,13Q+1) \times \left(\frac{6,6}{m^2} + 1\right) \left(\frac{4,5 \cdot 10^{-3}}{n_{\mathcal{E}}} + 1\right) (1,7\sqrt{A+1}), \text{ ч.}$$

Таким образом, гидравлическое воздействие является нормативным мероприятием с достаточно полно проработанной теорией и технологией.

В ходе исследований по развитию способов борьбы с метаном в шахтах Московским горным университетом была выдвинута идея использования нагнетания воздуха в угольный пласт в режиме фильтрации через скважины, пробуренные из горных выработок (пневмообработка) с целью

углубления дегазации угольного массива. Механизм снижения природной газоности пласта при нагнетании воздуха заключается в вытеснении свободного метана воздушным потоком в отточную скважину, приводящем к смещению сорбционного равновесия в системе «свободный – сорбированный газ» и десорбции метана с последующим его выносом. Технологическая схема пневмообработки приведена на рис. 4.

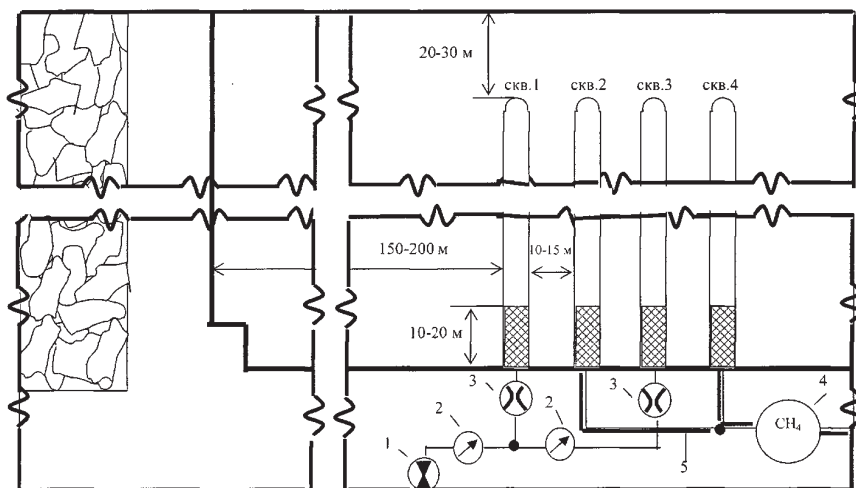


Рис. 4. Основной вариант технологической схемы пневмообработки пласта: 1 – компрессор; 2 – манометр; 3 – счетчик расхода воздуха; 4 – измеритель концентрации метана (газоанализатор); 5 – шахтный газопровод

Как показывают результаты моделирования, наибольшая эффективность по снижению газоности достигается при циклической пневмообработке с минимально возможным давлением нагнетания.

При циклической пневмообработке и $P_H = 2,0$ МПа объем метана на 35-40% выше, чем при дегазации. В данном случае продолжительность циклов нагнетания составляла 1-2 суток, самопроизвольного истечения – 3-4 суток.

Темп нагнетания воздуха определяется в соответствии с законом Дарси с учетом сжимаемости газа

$$q = ml_{\phi} \frac{K}{\mu_g} \frac{P_H^2}{L_{M.C}}$$

Первоначальная продолжительность цикла нагнетания определяется из условия практически полного выноса свободного метана из фильтрационного объема угля.

Очевидно, что правильным выбором давления нагнетания и продолжительности циклов можно добиться снижения газонасыщенности пласта.

С течением времени продолжительность циклов нагнетания уменьшается, поскольку уменьшается концентрация свободного метана в пласте. Пневмообработку

следует заканчивать, когда при нагнетании воздуха вынос метана практически не увеличивается. Как показывают результаты моделирования, этот момент соответствует уменьшению равновесной концентрации, в среднем, на порядок.

На данном этапе благодаря полученным в работе результатам есть основания ставить задачу развития теоретических основ и технологии комплексного гидропневматического воздействия на угольные пласты, включающего две последовательные стадии:

1. Пневматическая обработка неувлажненного пласта. На этой стадии обеспечивается вынос свободного и десорбирующегося метана. Кроме того, этот способ имеет перспективу в аспекте изменения физико-химического состояния пласта и, возможно, позволит снизить способность пласта к самовозгоранию.

2. Гидравлическое воздействие. Этот вид воздействия за счет применения разработанных технологий позволяет произвести насыщение угольного пласта жидкостью, что обеспечивает снижение пылеоб-

разования, способствует уменьшению газовыделения и тем самым оказывает положительное влияние на условия труда при подземной угледобыче.

При этом скважины, предназначенные для нагнетания воздуха, могут использоваться для последующего нагнетания жидкости.

ВЫВОДЫ

Комплексное гидропневматическое воздействие обеспечивает целенаправленное изменение состояния угольного пласта, необходимое для повышения нагрузки на очистной забой, темпов проведения горных выработок и охраны труда.

Предложено применение комплексного гидропневматического воздействия на угольные пласты, включающего два этапа:

- пневматическая обработка неувлажненного пласта;
- гидравлическая обработка с использованием скважин, пробуренных для нагнетания воздуха.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скочинский, А.А. Нагнетание воды в угольный пласт как эффективное средство снижения пылеобразования при выемке угля [Текст] / А.А. Скочинский // Уголь, 1956. – № 8. – С. 31-34.

2. ДНАОП 1.1.30-1.XX-04. Безопасное ведение горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям (1-я редакция) [Текст]. – К.: Минтопэнерго Украины, 2004. – 268 с.

3. Павлыш, В.Н. Физико-технические основы процессов гидравлического воздействия на угольные пласты [Текст]: монография / В.Н. Павлыш, С.С. Гребенкин. – Донецк: «ВИК», 2006. – 269 с.

ОБ АВТОРАХ

Павлыш Владимир Николаевич – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой вычислительной математики и программирования Донецкого национального технического университета.

Гребенкина Александра Сергеевна – к.т.н., доцент кафедры высшей математики Донецкого национального технического университета.

Рябичев Виктор Дронович – д.т.н., профессор, декан Антрацитовского факультета горного дела и транспорта Восточноукраинского национального университета им. В. Даля.

Гребенкин Сергей Семенович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой горного дела Антрацитовского факультета горного дела и транспорта Восточноукраинского национального университета им. В. Даля.