

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРУДНООБРУШАЮЩИМИСЯ КРОВЛЯМИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Юрий Михайлович Леконцев

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, и. о. зав. лабораторией подземной разработки угольных месторождений, тел. (383)205-30-30, доп. 178, e-mail: lekon-yu@yandex.ru

Павел Васильевич Сажин

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)205-30-30, доп. 177, e-mail: pavel301080@mail.ru

В докладе проведен анализ проблем, возникающих при отработке пологих угольных пластов механизированными комплексами, связанных с управлением труднообрушающимися кровлями. Рассмотрено влияние опорного давления на различные технологические операции и предложены рекомендации по его снижению, контролируемой посадке труднообрушающейся кровли.

Ключевые слова: направленный гидроразрыв, герметизатор, щелеобразователь, опорное давление, динамическое воздействие.

PROBLEMS OF CONTROL OF HARDLY FALLING ROOFS AT DEVELOPMENT OF FLAT COAL SEAMS

Yuri M. Lekontsev

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Head of Underground Development of Coal Deposits Laboratory, phone: (383)205-30-30, extension 178, e-mail: lekon-yu@yandex.ru

Pavel V. Sazhin

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Senior Researcher, phone: (383)205-30-30, extension 177, e-mail: pavel301080@mail.ru

In the work the analysis of the problem, appearing at development flat coal seams by machinery complexes related to control of hardly falling roofs is shown. The influence of bearing pressure on various technological procedures is considered. Recommendations for its reduction and controlled caving of hardly falling roofs are proposed.

Key words: directed hydraulic fracturing, sealer, presplitter, bearing pressure, dynamic impact.

В настоящее время в Кузбассе, являющимся основным регионом добычи угля, как энергетического, так и коксующегося в России полностью прекращена отработка мощных крутых пластов подземным способом. Очистные работы ведутся либо открытым способом, либо отрабатываются пологие угольные пласты подземным способом.

Производство и производительность лав ежегодно растет благодаря росту производительности очистных комплексов и развитию технологий, обеспечивающих безопасную угледобычу длинными забоями.

Технологически, отработку выемочного столба можно разделить на три этапа: монтаж комплекса и выход его из монтажной камеры, непосредственно отработка пласта и демонтаж механизированного комплекса. На каждом из этих этапов нередко возникают сложности, связанные с управлением труднообрушающимися кровлями. Основной проблемой является зависание кровли, что ведет к росту опорного давления на пласт и охранные целики. На этапе выхода из монтажной камеры зависание основной кровли ведет к увеличению шага ее первичной посадки и повышению вероятности динамических воздействий на механизированную крепь с катастрофическими последствиями. Рост нагрузок при отработке выемочного столба может привести к разрушению охранных целиков и деформациям горных выработок, а зависание кровли при демонтаже механизированного комплекса может привести к его задавливанию “насухо” и необратимой потере.

Динамические явления, спровоцированные зависанием основной кровли и ее площадным обрушением, приводит к разрушению горных выработок и снижению безопасности ведения очистных работ. Исходя из этого, управление процессами обрушения основной кровли, с целью исключения ее зависания и перераспределения нагрузок до безопасного уровня является первостепенной и необходимой технологией при ведении очистных работ механизированными комплексами подземным способом.

Эти технологические задачи решаются различными способами, но опыт работ ИГД СО РАН на шахтах Кузбасса показывает, что наиболее перспективным и эффективным способом решения таких задач является метод направленного гидроразрыва [1 - 2].

Сущность способа, особенности и оборудование, требуемое для его реализации, широко известны и описаны в ряде публикаций и в правоохранных документах [3 -5].

Рассмотрим, каким образом решаются, описанные выше проблемы, с применением метода гидроразрыва и его разновидностей.

При выходе механизированного комплекса из монтажной камеры, связанные с управлением труднообрушающимися кровлями, проблемы обусловлены их зависанием или их низкой устойчивостью.

На шахте “Березовская” при выходе механизированного комплекса из монтажной камеры № 44 угольного пласта XXVI была успешно апробирована технология направленного гидроразрыва (НГР) по укреплению смолами блоков пород непосредственной кровли [6].

Непосредственная кровля пласта, по данным геологической службы шахты, слабоустойчивая и представляет собой темно-серый крупноблочный алевролит мощностью до 4.4 м и крепостью 5 по шкале Протоdjeяконова. Очистные работы в лаве периодически осложнялись образованием заколов и куполообразований по груди забоя. Попытки превентивного закрепления кровли смолами

по общепринятой схеме не давали положительных результатов, так как смола, обладая низкой текучестью, не продавливалась из пробуренных шпуров в естественные трещины крупноблочного массива кровли.

Применение предварительного гидроразрыва (ГР) из пробуренных шпуров сочеталось с нагнетанием жидкости в режиме гидрорасчленения (рис. 1). Как показали выполненные исследования, в кровельном массиве формировались не только искусственные макротрещины, но и увеличивались естественные до размеров достаточных для последующего заполнения их смолой по стандартной методике.

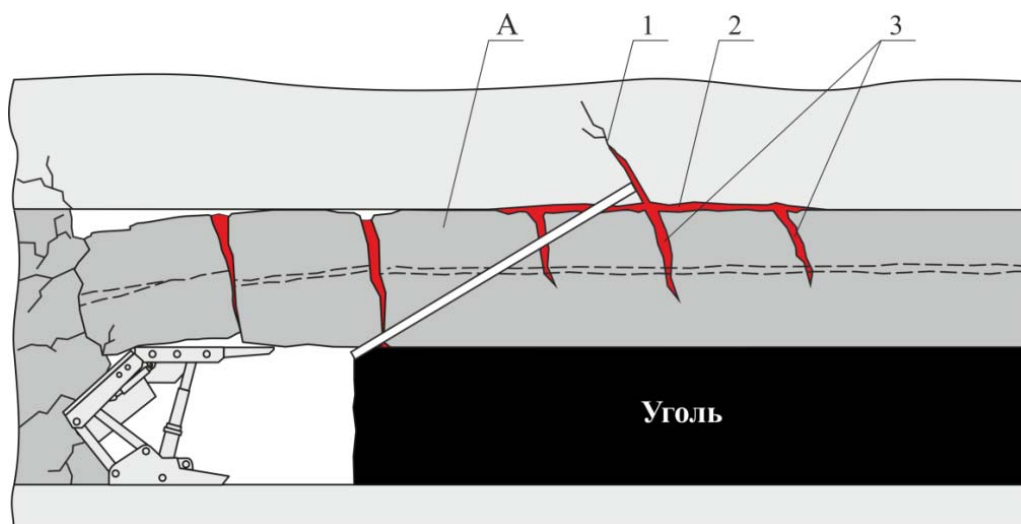


Рис. 1. Технологическая схема гидроразрыва и пропитки закрепляющими смолами непосредственной кровли пласта XXVI:
А – непосредственная кровля; 1, 2, 3 – естественная и искусственная трещины

В результате последовательного применения вышеперечисленных технологических приемов достигнуто упрочнение кровли, предотвращающее образование заколов и куполообразований по груди очистного забоя. Все предполагаемые по прогнозу очаги нарушений кровли были пройдены со значительным снижением простоя очистных работ, что подтвердило высокую эффективность технологии гидроразрыва.

Гораздо чаще при выходе механизированного комплекса из монтажной камеры происходит зависание труднообрушающейся кровли на значительной площади.

Сотрудниками ИГД СО РАН накоплен большой опыт по разупрочнению труднообрушающихся кровель на шахтах Кузбасса [7 - 8]. Например, в рамках экспериментальных работ на шахте “Березовская” в лаве №79 решались две задачи: были проведены работы по снижению шага первичной посадки кровли при выходе механизированной крепи из монтажной камеры, а также работы по сохранению конвейерного штрека при отработке выемочного столба для его повторного использования.

Исходя из горно-геологических условий залегания пласта, была разработана схема расположения шпуров (рис. 2) и определены их параметры.

Высота заложения иницирующей щели от поверхности обнажения кровли (Z , м), обеспечивающая подбучивание кровли обрушающимися породами, рассчитывалась по известной формуле [7]. Однако, в результате проведения шахтных исследований было установлено, что при углах падения угольных пластов $12 - 18^\circ$, глубина шпуров, рассчитываемая по данной формуле, неточна, поэтому она была уточнена:

$$Z = \frac{m_v - h_{lo}(k_{lo} - 1)}{(k_{lo} - 1) \cos \varphi} + h_{lo},$$

где φ – угол падения пласта, град; m_v – вынимаемая мощность пласта, м; h_{lo} – мощность легкообрушающейся кровли, м; k_{lo} , k_{to} – коэффициенты разрыхления пород соответственно легко- и труднообрушающихся пород.

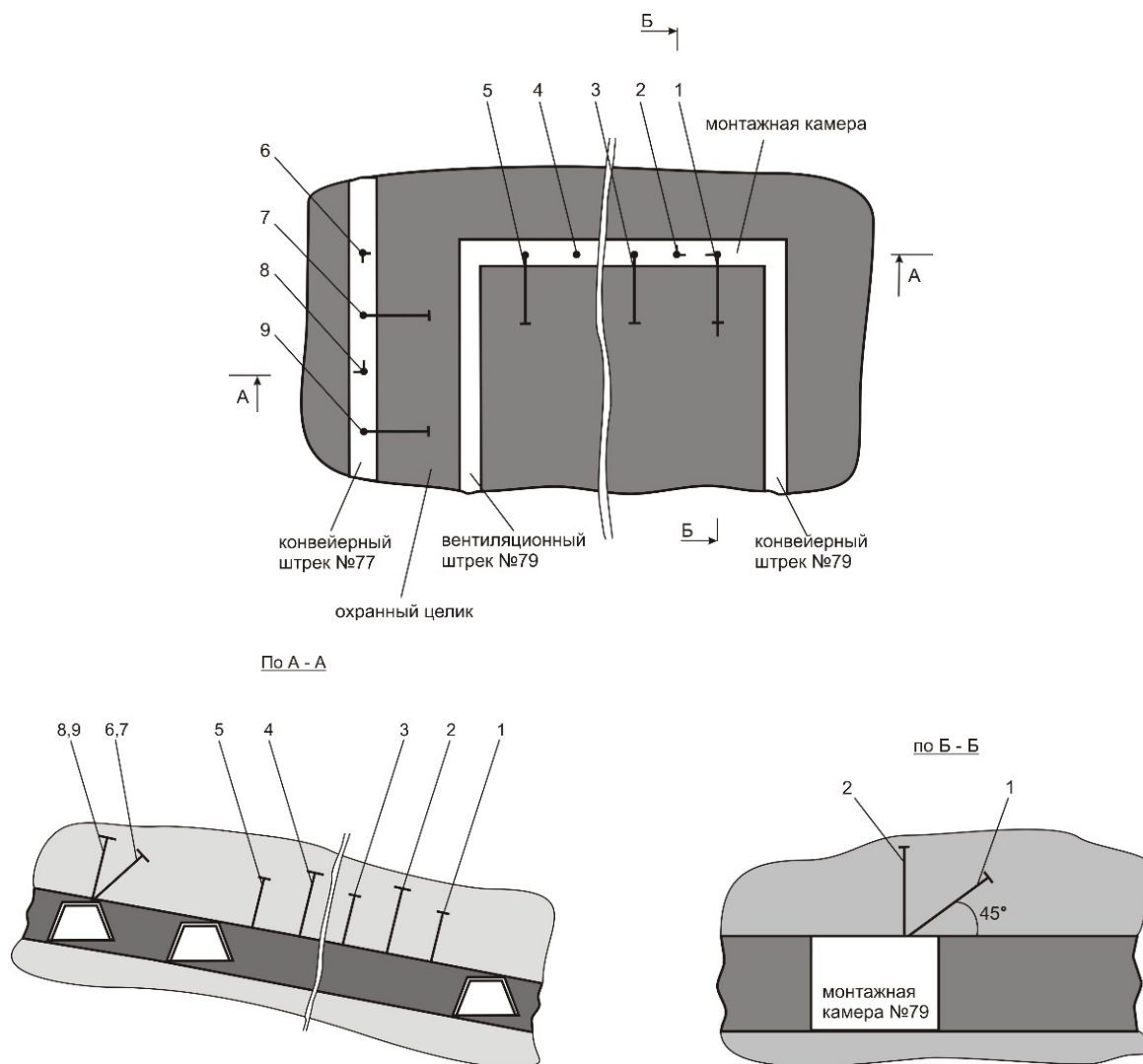


Рис. 2. Схема расположения шпуров:

1, 3, 5, 6, 7 – наклонные; 2, 4, 8, 9 – пробуренные нормально к плоскости залегания пласта

В соответствии со схемой (рис. 2), шпуров 1–5, выполненные из монтажной камеры, предназначались для сокращения шага первичной посадки кровли. Шпуров 2, 4 бурились перпендикулярно к пласту на глубину 5–6 м. Шпуров 1, 3, 5, глубиной 6–8 м бурились под углом 40–45° к плоскости залегания пласта. Для снижения нагрузок на охранный целик из конвейерного штрека вышележащей лавы №77, в сторону вентиляционного штрека обрабатываемой лавы №79, постоянно, с опережением лавы на 50–70 м бурились шпуров 6–9 с интервалом 25–30 м и глубиной 8–10 м.

В ходе проведения шахтных экспериментов, с помощью самописца часового типа, записаны значения давления жидкости во времени при проведении гидроразрывов. На рис. 3 показаны наиболее характерные графики изменения давления рабочей жидкости (t), нагнетаемой в изолированные участки шпуров № 4 и № 9.

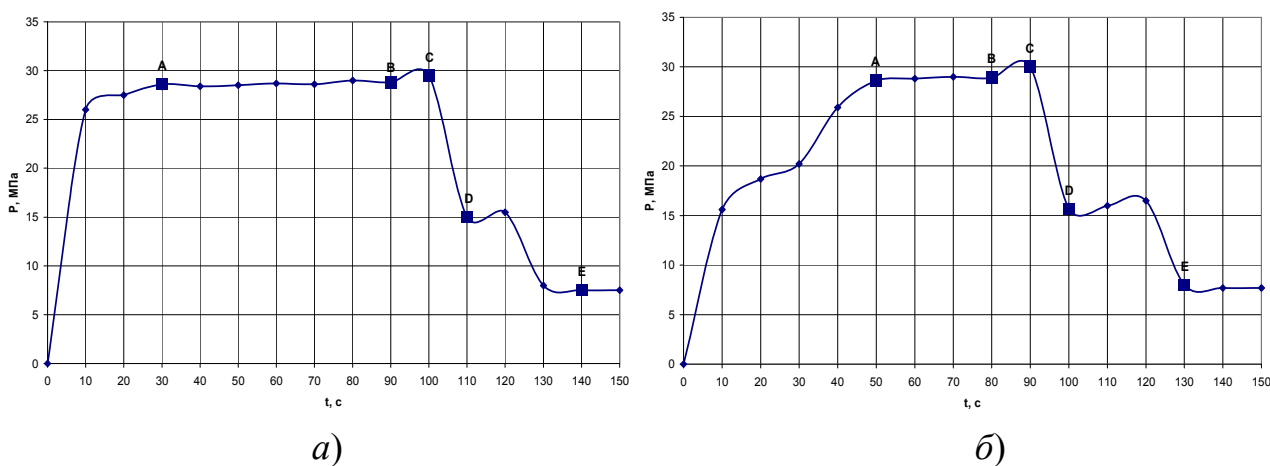


Рис. 3. Изменение давления жидкости при гидроразрыве труднообрушающейся кровли на шахте “Березовская”:

а) из шпура № 4; б) из шпура № 9

Анализ записей осциллограмм текущего давления показал, что характер гидроразрывов произведенных из шпуров, расположенных на различных участках выработки, меняется незначительно. Некоторые отличия (начала процесса развития искусственной трещины и стабилизации давления рабочей жидкости) объясняются локальным состоянием массива (неоднородностью по прочности и т. д.) в месте проведения работ. Ранее при отработке данного пласта, шаг первичной посадки кровли при выходе механизированных крепей из монтажных камер составлял 35–40 м и обрушение сопровождалось значительными динамическими нагрузками на секции крепи. После проведения гидроразрывов в монтажной камере № 79 шаг первичной посадки сократился до 15–20 м. При этом посадка кровли произошла за механизированной крепью без динамического воздействия на комплекс.

Параллельно со снижением нагрузки на секции механизированной крепи, в ходе проведения исследований, устанавливали возможность уменьшения размеров охранного целика конвейерного штрека вышележащей лавы. С этой целью был разработан проект, согласно которому схема расположения шпуров предполагала бурение шпуров 6–9 (см. рис. 2), из конвейерного штрека № 77 вдоль вентиляционного штрека отработываемого столба. Эти шпуры бурились поочередно на глубину 8–10 м.

Проведение гидроразрывов по штреку осуществлялось с опережением очистного забоя на 30–50 м. Это обуславливалось тем, что при посадке основной кровли за механизированным комплексом в прилегающей к охранному целику зоне, нарушается монолитность кровли и создается хаотичная трещиноватость в ее толще. Вследствие этого, значительно снижается эффективность метода НГР, так как, достигая зоны нарушения монолитности массива, развитие создаваемых искусственных трещин прекращается.

Наблюдения подвижек кровли, по которым оценивалась величина нагрузки на охранный целик, проводилась совместно с Центром анкерного крепления Кузбасса (ЦАК). На рис. 4 представлена схема заложения замерных станций.

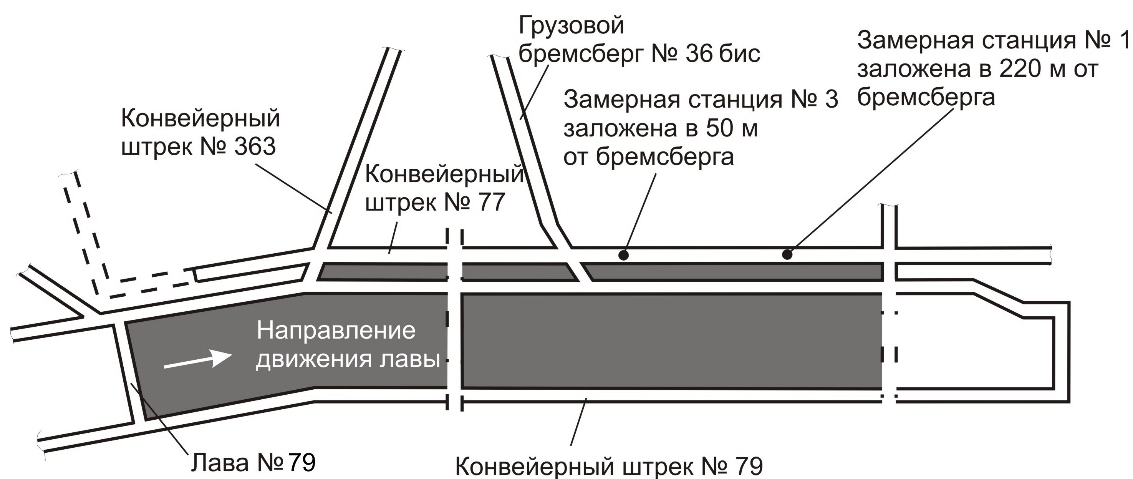
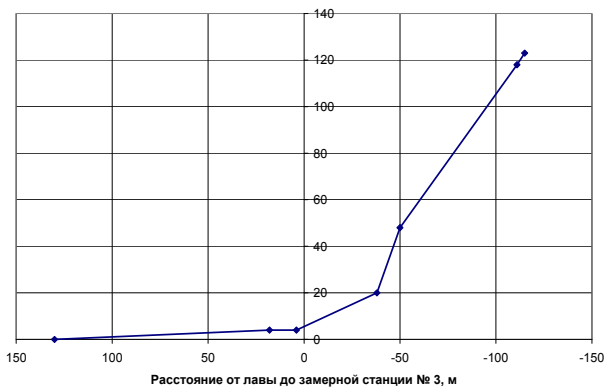


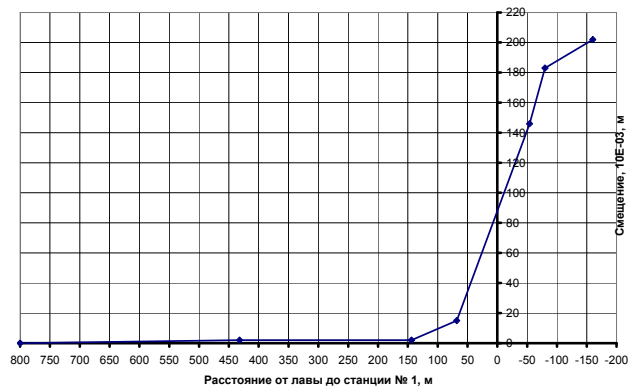
Рис. 4. Схема расположения замерных станций

Замеры производились конвергометром (телескопическая линейка с индикатором часового типа с точностью линейных замеров 0,1 мм), который одним концом устанавливали на торец репера, углубленного в почву на 2,5 м, и измеряли расстояние до контрольного анкера, закрепленного в кровле. Последний гидроразрыв был осуществлен из шпура, расположенного в конвейерном штреке № 77 между 1-ой и 3-ей замерными станциями, на расстоянии 170 м от грузового бремсберга № 36^{бис} (рис. 4).

На рис. 5 представлены зависимости смещения кровли от расстояния до лавы во время ее отработки. Замерную станцию № 3 лавы прошла в зоне проведения гидроразрывов, а при прохождении станции № 1 разупрочнения кровли не проводилось.



а)



б)

Рис. 5. Зависимость смещения кровли от расстояния до лавы:

а) при прохождении лавой зоны проведения гидроразрывов; б) после прекращения гидроразрывов

Из графиков видно, что при прохождении лавы относительно замерной станции № 1 величина абсолютного смещения кровли увеличилась на 64 %, по сравнению со смещением кровли при прохождении лавы относительно замерной станции № 3, в районе которой проводились гидроразрывы.

Эти исследования свидетельствуют об уменьшении нагрузки со стороны основной кровли на охранный целик и об изменении характера обрушения ее после прохождения очистного забоя. Проведение гидроразрывов обеспечивает разделение массива на блоки, которые после прохождения очистного забоя обрушаются в сторону выработанного пространства и подбучивают вышележащие слои кровли, тем самым, снижая силовое влияние на охранный целик.

Задача снижения нагрузок со стороны основной кровли на механизированную крепь при ее входе в заранее подготовленную монтажную камеру методом направленного гидроразрыва решалась при отработке лавы № 45 угольного пласта XXVI (ш. “Березовская”). Данная задача была решена путем проведения серии гидроразрывов вдоль монтажной камеры в соответствии с проектом, предусматривающим расположение скважин с расчетными параметрами (рис. 6).

В результате проведения работ по разупрочнению основной кровли методом направленного гидроразрыва при входе механизированного комплекса в монтажную камеру № 45 были извлечены все секции.

Опыт решения различных задач, связанных с управлением труднообрушающимися кровлями при отработке пологих угольных пластов показал высокую эффективность технологии направленного гидроразрыва, а оборудование – высокую надежность. Дальнейшее развитие данной технологии предполагает совершенствование оборудования и внедрения НГР с целью дегазации угольных пластов на шахтах, опасных по внезапному выбросу угля и газа.

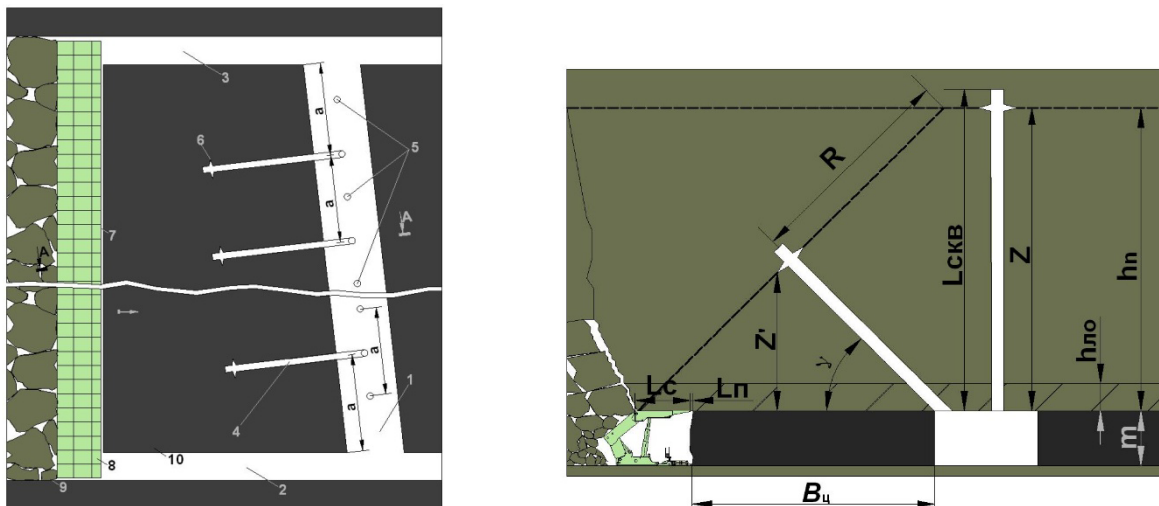


Рис. 6. Расчетная схема расположения скважин НГР для разупрочнения кровли в районе демонтажной камеры:

- 1 – демонтажная камера; 2 – конвейерный штрек; 3 – вентиляционный штрек; 4 – отсечные скважины (шпуры); 5 – основные стратификационные скважины (шпуры); 6 – инициирующие щели; 7 – очистной забой; 8 – механизированный комплекс; 9 – обрушенные породы; 10 – угольный пласт

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ю.М. Леконцев, П.В. Сажин, А.Ф. Салихов, В.Ф. Исамбетов. Расширение области применения метода направленного гидроразрыва (НГР) // Уголь. – №4. – 2014. – с. 18 – 22.
2. В.И. Клишин. Клишин В.И. Адаптация механизированных крепей к условиям динамического нагружения // Н., “Наука”. – 2002. – 199 с.
3. Патент РФ № 2394991. Способ разупрочнения прочных углей / Ю.М. Леконцев, П.В. Сажин, В.И. Клишин // Оpubл. в БИ. – 2010. – № 20.
4. Патент РФ № 2400624. Щелеобразователь / Ю.М. Леконцев, П.В. Сажин // Оpubл. в БИ. – 2010. – № 27.
5. Патент РФ № 2433259. Устройство для гидроразрыва пород в скважине / Ю.М. Леконцев, А.В. Леонтьев, Е.В. Рубцова // Оpubл. в БИ. – 2011. – № 31.
6. Ю.М. Леконцев, П.В. Сажин. Технология направленного гидроразрыва пород для управления труднообрушающимися кровлями в очистных забоях и дегазации угольных пластов // ФТПРПИ. – 2014. – №5. – с. 137–143.
7. С.И. Калинин, А.Ф. Лютенко, П.В. Егоров, С.Г. Дьяконов. Управление горным давлением при разработке пологих пластов с труднообрушаемой кровлей на шахтах Кузбасса // Кемерово. – 1991. – 248 с.
8. П.В. Сажин, Ю.М. Леконцев. Применение метода направленного гидроразрыва // ФТПРПИ. – 2008. – № 3. – с. 34–41.

© Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин, 2019