



DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.77.68.001

УДК 622.35

© Ю. М. Леконцев, П. В. Сажин, В. С. Соломенцев, 2025

Ю. М. ЛЕКОНЦЕВ

канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
ИГД им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск
e-mail: yu-lekon@mail.ru

П. В. САЖИН

канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
ИГД им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск
e-mail: pavel301080@mail.ru

В. С. СОЛОМЕНЦЕВ

ведущий инженер
ИУ ФИЦ УУХ СО РАН, Кемерово
e-mail: iu@ficuuh.ru

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОИНТЕРВАЛЬНОГО ГИДРОРАЗРЫВА УГОЛЬНОГО ПЛАСТА

В статье рассмотрена актуальная задача применения технологии поинтервального гидроразрыва с целью дегазации угольных пластов. С этой целью рассмотрены особенности реализации данной технологии и оборудования для ее осуществления. На основе выявленных недостатков предложено новое устройство, которое позволяет повысить эффективность технологии поинтервального гидроразрыва применительно к дегазации пологих угольных пластов за счет конструктивных изменений и использования в уплотнительных элементах специальных вставок.

Ключевые слова: ПОИНТЕРВАЛЬНЫЙ ГИДРОРАЗРЫВ, ГЕРМЕТИЗИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, УПЛОТНИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ, ДЕГАЗАЦИЯ, УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ.

На шахтах Кузбасса с увеличением глубины отработки угольных пластов, усложняются не только условия взаимодействия поддерживаемых пород с крепями, но и увеличивается метаносодержание пластов. Наиболее эффективные технологии, ограничивающие давление кровли на добычные механизированные крепи и горные выработки, а также снижающие содержание метана в угле до безопасного уровня, используют целенаправленные способы гидровоздействия

на угольные пласты и труднообрушающиеся кровли.

Таким образом, технологии гидровоздействия на породные массивы можно условно разделить на два основных направления:

– направления, связанные с разупрочнением труднообрушающихся кровель, к которым относятся: выход/вход из/в монтажной/демонтажную камеры; снижение нагрузок на межлавные целики; оперативное разупрочнение кровли в зоне локальных нарушений и т.д.;

– дегазация пологих и наклонных угольных пластов.

В технологиях первого направления предусматривается бурение шпуров (скважин) глубиной до 20 метров с нарезанием инициирующих щелей (ИЩ) в плоскости предполагаемого гидроразрыва. В большинстве случаев на практике это одноуровневый гидроразрыв (НГР) с использованием одностороннего неравновешенного герметизатора (пакера) с расчетным рабочим давлением до 40 МПа [1–4].

Для второго направления, в большинстве случаев, применяется технология поинтервального гидроразрыва (ПГР) с образованием инициирующей щели или без нее (пример применения поинтервального гидроразрыва — рис. 1) [5–13].

В статье конкретнее рассмотрены технологии дегазации пологих угольных пластов, а также комплектация основного оборудования, применяемого в них. На рис. 1 представлена одна из технологических схем проведения таких работ.

Станком 1 бурят сквозную дегазационную скважину 2 в угольном пласте 3 с нижней выработки 4 на верхнюю выработку 5 (рис. 1а). Затем меняют буровую коронку 6 на герметизирующее устройство 7 (рис. 1б), а буровой став 8 через гибкий трубопровод 9 присоединяют к насосной установке 10. После этого буровой став 8 перемещают вниз, сокращением буровых штанг на шаг L (рис. 1б) и от насосной установки 10 через гибкий трубопровод 9

в герметизирующее устройство 7 под давлением подают рабочую жидкость — вначале, при достижении давления рабочей жидкости 3 МПа, происходит герметизация области скважины 2, находящейся между уплотнительными элементами герметизирующего устройства 7. При последующем росте давления происходит поступление рабочей жидкости в загерметизированную область скважины 2 и производят гидроразрыв угольного пласта 3. Затем давление рабочей жидкости сбрасывают, и уплотнительные элементы герметизатора принимают исходную форму. Весь комплекс с буровыми штангами снова перемещают вниз на шаг L и вновь производят гидроразрыв в той же последовательности. Таким образом обрабатывают всю скважину 2. После этого нижнюю часть скважины 2 герметизируют пробкой 11 (рис. 1а), а верхнюю присоединяют к магистральному газоводу 12 и производят откачку газа из скважины 2. Аналогично производят дегазацию угольного пласта из следующих скважин 2.

При дегазации пологих угольных пластов нарезание инициирующих щелей, как правило, не производится, так как нет необходимости в ориентированности искусственной трещиноватости, практика показала, что она не влияет на основной эффект от этих работ — повышение газоотдачи.

Насос и необходимое контрольно-измерительное оборудование, обеспечивающее управление режимами нагнетания

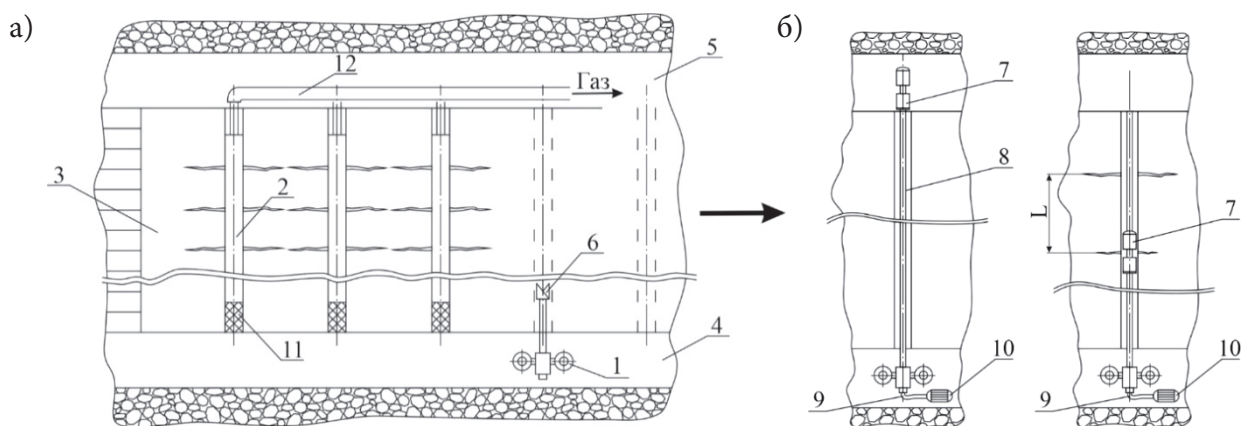


Рис. 1. Схема проведения поинтервальных гидроразрывов без ИЩ при проведении дегазации угольных пластов: а — схема заложения скважин; б — схема бурения скважин гидроразрыва и проведения поинтервальных гидроразрывов.

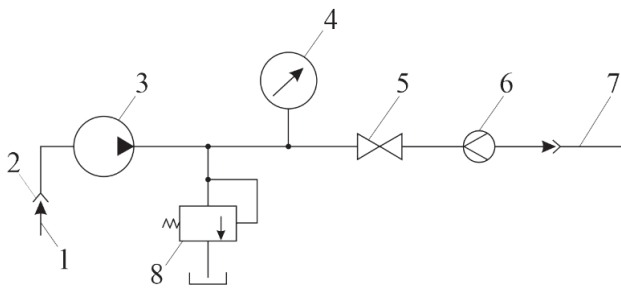


Рис. 2. Гидравлическая схема подключения оборудования для проведения поинтервального гидроразрыва. 1 — шахтный водовод; 2 — переходник к насосу; 3 — насос; 4 — манометр; 5 — отсекающий клапан; 6 — расходомер; 7 — штанга; 8 — предохранительный клапан.

рабочей жидкости, а также его монтаж, осуществляется в соответствии с гидравлической схемой, представленной на рис. 2.

При этом необходимо обратить внимание на то, чтобы производительность насоса в 2–3 раза превышала водонасыщаемость угля (без учета возможных утечек), а рабочее давление было не менее 15 МПа.

В качестве герметизирующих устройств широкое распространение получили надувные пакера, армированные металлическими оплетками, типа «Таурус». Фотография одного из таких устройств, состоящего из последовательно соединенных между собой герметизаторов специальной муфтой с клапаном, представлена на рис. 3 [13, 14].

Особенностью данного комплекта является наличие в его конструкции клапана (рис. 3, поз. 2), обеспечивающего подачу жидкости в загерметизированный участок шпура. Перемещая герметизаторы вдоль скважины (сокращая или удлиняя жесткий трубопровод), гидроразрывы выполняют пошагово, с любым интервалом, водой или водными растворами в зависимости от типа насоса и способа воздействия на породу.

Уравновешенное устройство для гидроразрыва работает следующим образом: под действием давления жидкости устьевой 1 и забойный 3 герметизаторы (рис. 3) расширяются и герметизируют шпур выше и ниже участка проведения гидроразрыва. При повышении давления выше 3 МПа срабатывает клапан 2



Рис. 3. Внешний вид двухстороннего надувного герметизирующего устройства (а) и межпакерный клапан (б): 1 — устьевой «Таурс»; 2 — клапан — синхронизатор; 3 — забойный «Таурс»; 4 — отверстие выхода рабочей жидкости в загерметизированную область скважины.

и жидкость через его центральное отверстие поступает в межпакерную область шпура, после чего под действием давления жидкости происходит гидроразрыв породного массива на данном участке скважины. Настройка клапана 2 производится в зависимости от свойств массива (прочности, трещиноватости и т.д.). Частота проведения гидроразрывов по длине шпура и время нагнетания жидкости зависят от решаемой задачи и определяются опытным путем.

Недостатком данного устройства является его малая жесткость, которая не позволяет преодолевать даже частично заштыбованные участки скважины и ограничена отклонением ее диаметра от номинального значения в пределах 10 %. Таким образом, применение данных устройств с целью дегазации пологих угольных пластов весьма затруднительно и низко эффективно из-за сложности перемещения по дегазационной скважине. Несмотря на хорошие результаты, показанные при шахтных испытаниях таких пакеров в скважинах, пробуренных в прочных породах глубиной до 40 метров, они не нашли практического применения на угольных пластах.

Исходя из этого, Институтом горного дела СО РАН (г. Новосибирск) и Институтом угля СО РАН (г. Кемерово) было разработано новое

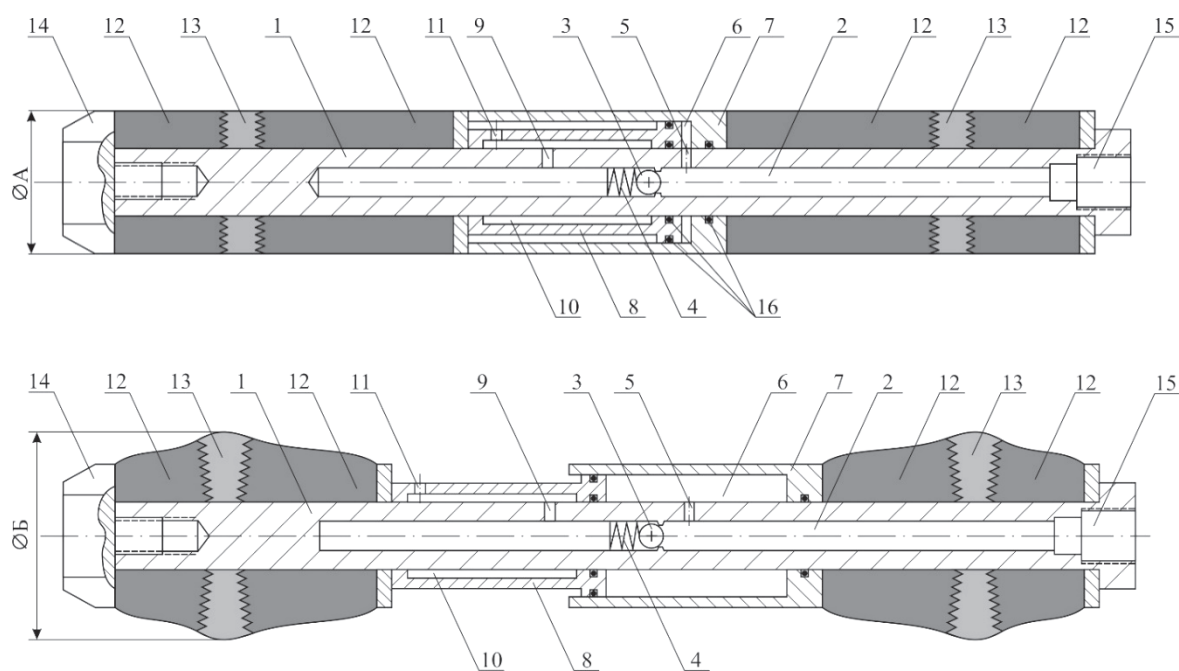


Рис. 4. Схема перспективного полиуретанового уравновешенного герметизирующего устройства. 1 — корпус; 2 — канал; 3 — шарик; 4 — пружина; 5 — радиальное отверстие; 6 — рабочая камера; 7 — цилиндр; 8 — поршень; 9 — радиальное отверстие; 10 — проточка; 11 — радиальное отверстие; 12 — уплотнительный элемент; 13 — вставка; 14 — стопорящая гайка; 15 — гнездо; 16 — кольцевое уплотнение.

устройство — уравновешенный жесткий герметизатор, внешний вид которого показан на рис. 4 [15].

Оно кардинально отличается от рассмотренного выше как конструктивно, так и по принципу действия.

Главной особенностью этого устройства является то, что уплотняющие элементы 12 и поршневая пара 7, 8 размещены на жестком корпусе 1, что позволяет существенно увеличить глубину его подачи в дегазационную скважину, тем самым повысить эффективность дегазации угольного пласта.

Кроме того, в зависимости от свойств массива, уплотнительные элементы могут

снабжаться специальными вставками 13, которыми можно регулировать в широком диапазоне ØБ (рис. 4) и усилие их прижатия к стенкам дегазационной скважины, что немаловажно при проведении дегазации угольных пластов, сложенных мягкими углями.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла, утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 11.05.2022 г. № 1144-р (Соглашение № 075-15-2022-1191).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клишин В. И., Леконцев Ю. М., Сажин П. В. Безвзрывные технологии разрушения прочных горных пород растягивающими усилиями // Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. Т. I. Геотехнологии. Новосибирск, 2007. С. 269–277.
2. Никольский А. М. Обоснование технологии управления труднообрушаемой кровлей направленным гидроразрывом при подходе лавы к демонтажной камере: диссертация на соискание уч. степ. канд. техн. наук // Новосибирск. 2010. 144 с.

3. Клишин В. И., Опрук Г. Ю., Черепов А. А. Комплексный метод снижения удароопасности на угольных шахтах // Уголь. 2018. № 9. С. 57–62.
4. Леконцев Ю. М., Сажин П. В. Проблемы управления труднообрушающимися кровлями при отработке пологих угольных пластов // Интерэкспо Гео — Сибирь. 2019. Т. 2. № 4. С. 162–169.
5. Патент 2756594 Российская Федерация, МПК E21B 43/26 (2006.01), E21F 7/00 (2006.01), E21F 1/08 (2006.01). Способ дегазации угольного пласта / Леконцев Ю. М., Сажин П. В., Новик А. В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН) — № 2020137861; заявл. 19.11.2020; опубл. 01.10.2021. Бюл. 28.
6. Леконцев Ю. М., Сажин П. В., Темиряева О. А. Дегазация угольного пласта методом поинтервального гидроразрыва и оборудования для его реализации // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2018. Т. 5. № 2. С. 89–92.
7. Клишин В. И., Опрук Г. Ю., Связев С. И. Прирост каптируемого метана при предварительной дегазации угольного пласта методом поинтервального гидроразрыва // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2024. № 10. С. 13–19.
8. Клишин В. И., Опрук Г. Ю., Тащиенко А. Л. Применение поинтервального гидроразрыва для интенсификации пластовой дегазации // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2016. С. 33–39.
9. Разумов Е. А. Программа и методика проведения исследований дегазации угольного пласта с применением подземного гидроразрыва в условиях шахты «Чертинская — Коксовая» // Техника и технология горного дела. 2020. № 1(8). С. 32–44.
10. Сластунов С. В., Ютяев Е. П., Мазаник Е. В., Садов А. П. Разработка и совершенствование технологий пластовой дегазации для эффективной и безопасной отработки угольных пластов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 11. С. 13–22.
11. Коршунов Г. И., Серегин А. С., Садов А. П., Комиссаров И. А. Дегазация угольных пластов на основе циклического гидродинамического воздействия // Горный информационно-аналитический бюллетень. О.В. № 3 («Промышленная безопасность»). 2014. С. 29–35.
12. Сластунов С. В., Ютяев Е. П., Мазаник Е. В., Садов А. П., Понизов А. В. Шахтные испытания усовершенствованной технологии подземной пластовой дегазации с использованием гидроразрыва // Уголь. 2016. № 11. С. 32–37.
13. Леконцев Ю. М., Сажин П. В., Ушаков С. Ю. Применение метода поинтервального гидроразрыва для разупрочнения породного прослойка в угольном пласте // ФТПРПИ. 2012. № 3. С. 136–144.
14. Леконцев Ю. М., Сажин П. В., Ушаков С. Ю. Разупрочнение породного прослойка в угольном пласте в условиях ш. «Романовская» с применением метода поинтервального гидроразрыва (ПГР) // Уголь. 2012. № 1. С. 15–17.
15. Патент 2803436 Российская Федерация, МПК E21B 33/124, E21B 43/26. Устройство для гидроразрыва горных пород из скважины / Леконцев Ю. М., Сажин П. В., Ушаков С. Ю., Мезенцев Ю. Б.; заявитель и патентообладатель ФГБУН ИГД СО РАН — № 2023100843; заявл. 17.01.2023; опубл. 13.09.2023. Бюл. № 26.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2025.77.68.001

UDC 622.35

© Y. M. Lekontsev, P. V. Sazhin, V. S. Solomentsev, 2025

Y. M. LEKONTSEV

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

N. A. Chinakal IGD SB RAS, Novosibirsk

e-mail: yu-lekon@mail.ru

P. V. SAZHIN

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

N. A. Chinakal IGD SB RAS, Novosibirsk

e-mail: pavel301080@mail.ru

V. S. SOLOMENTSEV

Lead Engineer

Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: iu@ficuuh.ru

IMPROVING THE EFFICIENCY OF COAL SEAM HYDRAULIC FRACTURING TECHNOLOGY

The article discusses the current problem of using the technology of interval hydraulic fracturing for the purpose of coal seam degassing. To this end, the features of implementing this technology and the equipment for its implementation are considered. Based on the identified shortcomings, a new device is proposed that allows to increase the efficiency of the technology of interval hydraulic fracturing in relation to the degassing of gentle coal seams due to design changes and the use of special inserts in sealing elements.

Keywords: INTERVAL HYDRAULIC FRACTURING, SEALING DEVICE, SEALING ELEMENT, DEGASSING, COAL SEAM.

REFERENCES

1. Klishin V. I., Lekontsev Yu. M., Sazhin P. V. Non-explosive technologies for the destruction of durable rocks by tensile forces // Fundamental problems of the formation of a man-made geological environment. T. I. Geotechnologies. Novosibirsk, 2007. P. 269–277. [In Russ.].
2. Nikolsky A. M. Substantiation of the technology of controlling a hard-to-destroy roof by directional hydraulic fracturing when lava approaches the dismantling chamber: dissertation for the academic degree. Candidate of Technical Sciences // Novosibirsk. 2010. 144 p. [In Russ.].
3. Klishin V. I., Opruk G. Yu., Cherepov A. A. A comprehensive method of reducing the impact hazard in coal mines // Coal. 2018. No. 9. P. 57–62. [In Russ.].
4. Lekontsev Yu. M., Sazhin P. V. Problems of managing hard-to-collapse roofs during mining of shallow coal seams // Interexpo Geo — Siberia. 2019. Vol. 2. No. 4. P. 162–169. [In Russ.].
5. Patent 2756594 Russian Federation, IPC E21B 43/26 (2006.01), E21F 7/00 (2006.01), E21F 1/08 (2006.01). Coal seam degassing method / Lekontsev Yu. M., Sazhin P. V., Novik A. V.; applicant and patent holder Federal State Budgetary Institution of Science Institute of Mining named after N. A. Chinakala Sibirsky Branches of the Russian Academy of Sciences (IGD SB RAS) — No. 2020137861; application 19.11.2020; published 01.10.2021. Byul. 28 [In Russ.].
6. Lekontsev Yu. M., Sazhin P. V., Temiryayeva O. A. Degassing of a coal seam by the method of intermittent hydraulic fracturing and equipment for its implementation // Fundamental and applied issues of mining Sciences. 2018. Vol. 5. No. 2. P. 89–92. [In Russ.].
7. Klishin V. I., Opruk G. Yu., Svyazev S. I. The increase in captured methane during preliminary degassing of a coal seam by the method of intermittent hydraulic fracturing // High-tech technologies for the development and use of mineral resources. 2024. No. 10. P. 13–19. [In Russ.].
8. Klishin V. I., Opruk G. Yu., Tatsienko A. L. The use of intermittent hydraulic fracturing to intensify reservoir degassing // High-tech technologies for the development and use of mineral resources. 2016. P. 33–39. [In Russ.].

9. Razumov E. A. Program and methodology for conducting research on coal seam degassing using underground hydraulic fracturing in the conditions of the Chertinskaya — Koksovaya mine // Mining engineering and Technology. 2020. No. 1(8). P. 32–44. [In Russ.].
10. Slastunov S. V., Yutyaev E. P., Mazanik E. V., Sadov A. P. Development and improvement of reservoir degassing technologies for efficient and safe mining of coal seams // Mining Information and Analytical Bulletin. 2018. No. 11. P. 13–22. [In Russ.].
11. Korshunov G. I., Seregin A. S., Sadov A. P., Komissarov I. A. Degassing of coal seams based on cyclic hydrodynamic action // Mining information and Analytical bulletin. S. V. No. 3 («Industrial safety»). 2014. P. 29–35. [In Russ.].
12. Slastunov S. V., Yutyaev E. P., Mazanik E. V., Sadov A. P., Ponizov A. V. Mine tests of an improved technology of underground reservoir degassing using hydraulic fracturing // Coal. 2016. No. 11. P. 32–37. [In Russ.].
13. Lekontsev Yu. M., Sazhin P. V., Ushakov S. Yu. Application of the method of intermittent hydraulic fracturing to soften the rock layer in a coal seam // FTPRPI. 2012. No. 3. P. 136–144. [In Russ.].
14. Lekontsev Yu. M., Sazhin P. V., Ushakov S. Y. Softening of the rock layer in the coal seam under the conditions of «Romanovskaya» with the use of the method of intermittent hydraulic fracturing (PGR) // Coal. 2012. No. 1. P. 15–17. [In Russ.].
15. Patent 2803436 Russian Federation, IPC E21B 33/124, E21B 43/26. A device for hydraulic fracturing rocks from a well / Lekontsev Yu. M., Sazhin P. V., Ushakov S. Yu., Mezentsev Yu. B.; applicant and patent holder of FGBI IGD SB RAS — No. 2023100843; application 17.01.2023; published 13.09.2023. Bul. No. 26. [In Russ.].