

Научная статья

УДК 622.35

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-35-40

Леконцев Юрий Михайлович¹, Сажин Павел Васильевич^{1*}, Патутин Андрей Владимирович¹,
Новик Алексей Владимирович²

¹Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН²ООО «Автостройкомплект»

*E-mail: pavel301080@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЩЕЛЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГИДРОРАЗРЫВА В УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ

**Информация о статье**

Поступила:

21 марта 2023 г.

Одобрена после

рецензирования:

18 апреля 2023 г.

Принята к печати:

27 апреля 2023 г.

Опубликована:

17 мая 2023 г.

Ключевые слова:

Дегазация, поинтервальный
гидро разрыв, щелеобразова-
тель, режущий орган, инициа-
лирующая щель.

Аннотация.

В рамках исследований по осуществлению дегазации пологих угольных пластов из горных выработок показана необходимость создания иницирующей щели (ИЩ) на стенках дегазационных скважин максимально возможного диаметра. Рассмотрены и проанализированы наиболее распространенные схемы выдвигания режущего органа из корпуса и их траектории, что позволило определить наиболее рациональную из них. Приведены технические решения и теоретические обоснования параметров щелеобразователя, обеспечивающих повышение эффективности реализации метода поинтервального гидро разрыва (ПГР) в угольном пласте с целью его дегазации за счет увеличения диаметра иницирующей щели. Проведен анализ устройств, предназначенных для нарезания ИЩ. Определены параметры перспективной конструкции щелеобразователя с рычажной кинематикой выдвигания режущего органа, обеспечивающие максимальный его выход по рациональной траектории нарезания иницирующей щели. Проведен прочностной расчет режущего органа щелеобразователя, по результатам которого были определены требуемые размеры его поперечного сечения и обоснован выбор материала для его изготовления.

Для цитирования: Леконцев Ю.М., Сажин П.В., Патутин А.В., Новик А.В. Оптимизация параметров щелеобразователя для реализации гидро разрыва в угольном пласте // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 2 (166). С. 35-40. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-35-40, EDN: BFDVAS

Одной из наиболее острых проблем современных технологий добычи угля подземным способом является текущая дегазация пологих угольных пластов при ведении очистных работ. Это обусловлено тем, что с увеличением глубины шахт наблюдается значительный рост содержания в угле метана и его концентрации [1].

Реализация технологии поинтервального гидро разрыва (ПГР) в условиях угольного пласта затруднена тем, что уголь в отличие от прочных вмещающих пород, в которых искусственные трещины гидро разрыва развиваются в заданном направлении при относительно небольших размерах диаметра иницирующей щели (ИЩ), имеет более низкие прочностные свойства. Вследствие этого необхо-

димо максимально увеличивать диаметр ИЩ, являющихся концентраторами напряжений, при проведении гидро разрывов в таких массивах для повышения вероятности развития искусственных трещин в заданном направлении.

В настоящее время в широком ассортименте представлены устройства для нарезания иницирующей щели на стенках скважин, разработкой которых заняты авторские коллективы в целом ряде научно-исследовательских институтов в России [2-5]. В ИГД СО РАН им. Н.А. Чинакала и других институтах горного профиля для решения указанной задачи разработан ряд перспективных устройств, позволяющих производить щелеобразование в дегазационных скважинах и обеспечивать

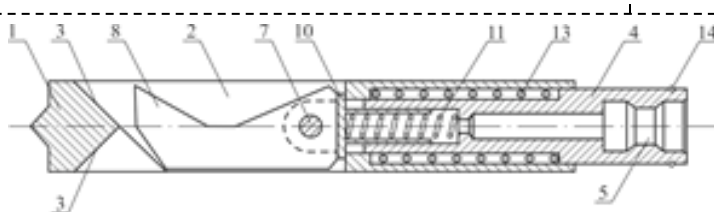


Рис. 1. Схема щелеобразователя разработки ФГБУ Институт угля СО РАН: 1 – стакан; 2 – продольное окно; 3 – перекрестные оппозитные направляющие уклоны; 4 – толкатель; 5 – резьбовое отверстие; 6 – проушины; 7 – ось; 8 – режущий орган; 9 – торцовая часть режущего органа; 10 – направляющая втулка; 11 – пружина; 12 – отверстие; 13 – пружина возврата; 14 – упорное кольцо

Fig. 1. Schematic diagram of the slotting machine developed by Institute of Coal SB RAS: 1 – nozzle; 2 – longitudinal window; 3 – cross-opposite guide ramps; 4 – pusher; 5 – threaded hole; 6 – lugs; 7 – axis; 8 – cutting organ; 9 – front part of cutting organ; 10 – guide sleeve; 11 – spring; 12 – hole; 13 – return spring; 14 – stop ring

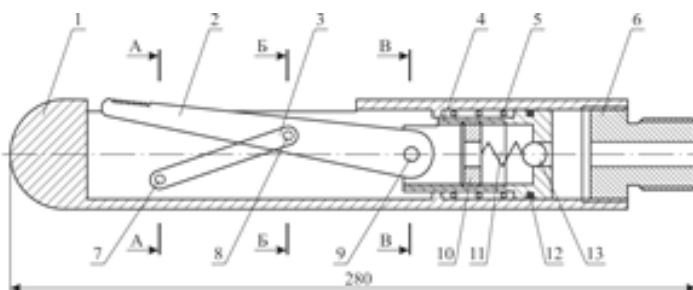


Рис. 2. Схема щелеобразователя гидравлического по уголю (ЩГУ): 1 – корпус; 2 – режущий орган; 3 – кронштейн; 4 – поршень; 5 – пружина возврата; 6 – переходник; 7, 8, 9 – оси крепления; 10 – опорная регулирующая гайка; 11 – пружина; 12 – уплотнение; 13 – шарик

Fig. 2. Schematic diagram of a hydraulic coal slotting machine (HCSM): 1 – body; 2 – cutting tool; 3 – bracket; 4 – piston; 5 – return spring; 6 – adapter; 7, 8, 9 – mounting axes; 10 – support adjusting nut; 11 – spring; 12 – seal; 13 – ball

развитие искусственных трещин в заданном направлении (как вдоль, так и поперек центральной оси скважины) с достаточно высокой вероятностью.

На Рис. 1 представлена схема гидравлического щелеобразователя разработки ФГБУ Институт угля СО РАН [6].

Анализ этой и других конструкций показывает, что они ограничены по возможности увеличения диаметра нарезаемой ИЩ вследствие своих конструктивных особенностей, и их использование с целью проведения гидроразрывов для дегазации угольных пластов не эффективно.

Таким образом, перед исследователями встает важный вопрос определения наибольшего возможного размера нарезаемой инициирующей щели при проведении поинтервальных гидроразрывов в угольном пласте с целью его дегазации из скважин стандартного по диаметру размера.

Исходя из технологических особенностей реализации технологии гидроразрыва или ПГР в прочных породах, основным неизменяемым общепринятым параметром является диаметр дегазационной

скважины, который составляет 45 мм. Это обусловлено тем, что при проведении дегазации из скважин большего диаметра значительно усложняется процесс ее герметизации при проведении работ. Следует отметить, что работы по переходу на скважины диаметром 76 мм активно ведутся ИГД СО РАН им. Н.А. Чинакала, однако на данный момент для удобства остановимся на дегазационных скважинах диаметром 45 мм.

Как было показано в работах [7-9], в горных породах с низкой прочностью и высокой естественной трещиноватостью необходимо создавать искусственные трещины большего диаметра (опытным путем установлено, что отношение диаметра ИЩ ($d_{ищ}$) к диаметру дегазационной скважины ($d_{ск}$) должно быть не менее 5). Например, щелеобразователь, разработанный в ИГД СО РАН, позволяет создавать ИЩ диаметром, равным 5 диаметрам дегазационной скважины [10]. На Рис. 2 представлена схема данного устройства.

Щелеобразователь работает следующим образом. К переходнику 6 присоединяется жесткий буровой став станка и устройство вводится в заранее пробуренную скважину на расчетную глубину. С пульта станка включается подача рабочей жидкости и вращатель бурового става. Рабочая жидкость под давлением через внутренние отверстия в штангах бурового става поступает внутрь стакана 1. Поршень 4 под действием давления рабочей жидкости начинает движение, сжимая пружину возврата 5, и перемещает режущий орган 2, который, упираясь в ось 8, вызывает поворот кронштейна 3 относительно осей 7 и 8. Вращательное движение кронштейна 3 обеспечивает выход режущего органа 2 через продольное окно из корпуса 1 и нарезание им на стенках скважины инициирующей щели. Внутренний клапан щелеобразователя, состоящий из опорной регулирующей гайки 10, пружины 11 и шарика 13, предназначен для обеспечения промывки области скважины, в которой производится нарезание ИЩ, и настраивается индивидуально для каждой скважины в зависимости от свойств массива, в котором производятся работы.

Кинематическая схема выдвижения ножа

Результаты физических экспериментов по исследованию режимов работы ножа показывают, что его выдвижение из корпуса устройства для эффективной резки породы должно осуществляться прямолинейно по нормали к оси корпуса [11, 12]. Для определения зависимости траектории кончика ножа от перемещения его основания и положения точки крепления кронштейна к корпусу устройства рассмотрим следующую кинематическую схему (Рис. 3).

В процессе перемещения основания ножа вдоль оси корпуса устройства на величину B точки C_1 , C_2 ,

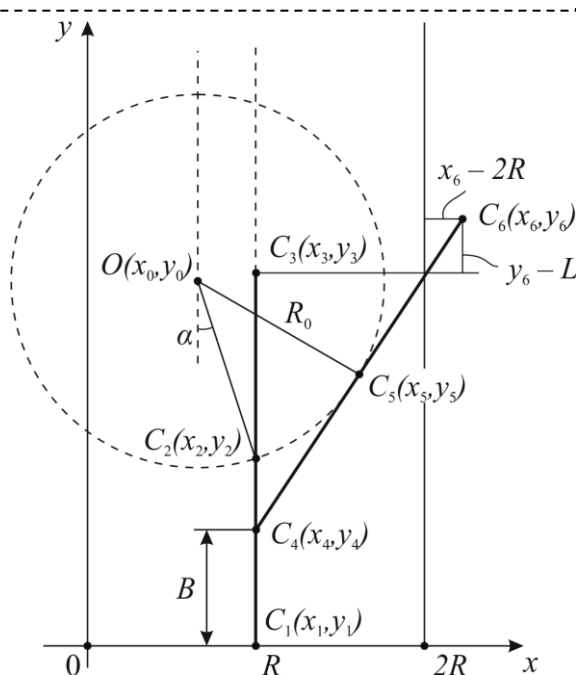


Рис. 3. Кинематическая схема выдвижения ножа
Fig. 3. Kinematic diagram of blade pull-out

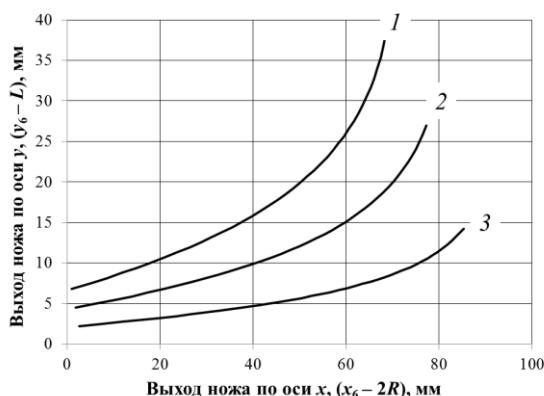


Рис. 4. Траектории кончика ножа при $y_0 = 150$ мм: 1 – $\alpha = 15^\circ$; 2 – $\alpha = 10^\circ$; 3 – $\alpha = 5^\circ$

Fig. 4. Trajectories of the blade tip at $y_0 = 150$ mm:
1 – $\alpha = 15^\circ$; 2 – $\alpha = 10^\circ$; 3 – $\alpha = 5^\circ$

C_3 переходят в точки C_4 , C_5 , C_6 соответственно, при этом их координаты принимают следующие значения:

$$\begin{aligned} C_1(x_1, y_1) &\rightarrow C_4(x_4, y_4) \\ C_2(x_2, y_2) &\rightarrow C_5(x_5, y_5) \\ C_3(x_3, y_3) &\rightarrow C_6(x_6, y_6) \end{aligned} \quad (1)$$

или

$$\begin{aligned} C_1(R, 0) &\rightarrow C_4(R, B) \\ C_1(R, L/2) &\rightarrow C_5(x_5, y_5), \\ C_1(R, L) &\rightarrow C_6(x_6, y_6) \end{aligned} \quad (1^*)$$

где R – радиус корпуса устройства; L – длина ножа.

С учетом того, что кронштейн длиной R_0 шарнирно крепится к середине ножа, запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} (x_5 - x_0)^2 + (y_5 - y_0)^2 = R_0^2 \\ (x_5 - R)^2 + (y_5 - B)^2 = L^2/4 \end{cases} \quad (2)$$

где x_0 , y_0 – координаты точки $O(x_0, y_0)$ закрепления кронштейна в корпусе устройства.

Вычитая второе уравнение из первого, находим y_5 в виде:

$$y_5 = \frac{(R - x_0)}{(B - y_0)} \cdot x_5 + \frac{R^2 + R_0^2 + B - L^2/4 - x_0^2 - y_0^2}{2(B - y_0)}, \quad (3)$$

Подставляя (3) в первое уравнение системы (2) и решая получившееся квадратное уравнение, находим значение x_5 , а затем определяем y_5 из уравнения (3).

Координаты точек C_5 и C_6 связаны между собой следующими соотношениями:

$$\begin{aligned} x_6 &= 2 \cdot x_5 - R \\ y_6 &= 2 \cdot y_5 - B. \end{aligned} \quad (4)$$

Таким образом, можно рассчитать положение кончика ножа (точки C_6) в зависимости от R , L , B , R_0 и координат точки $O(x_0, y_0)$. Для удобства дальнейшего анализа введем угол α между вертикалью и осью кронштейна OC_2 в начальный момент времени (см. Рис. 3), при этом:

$$\begin{aligned} x_0 &= R - R_0 \cdot \sin \alpha, \\ R_0 &= (y_0 - L/2) / \cos \alpha. \end{aligned}$$

На первом этапе расчетов оценивали влияние угла α на выход кончика ножа за пределы корпуса устройства при росте B от 0 до 90 мм (Рис. 3). Согласно техническим особенностям разрабатываемого инструмента длина ножа L равна 150 мм, а радиус корпуса $R = 45$ мм. Значение y_0 принималось равным 150 мм. Для этого случая получены траектории движения кончика ножа в зависимости от угла α (Рис. 4).

Полученные результаты показывают, что чем меньше угол α , тем больше выход ножа за пределы корпуса по горизонтальной оси. При увеличении угла α наблюдается значительный уход ножа по вертикали, это приводит к его неравномерному износу и дополнительным нагрузкам на инструмент при резке породы. Наименьший угол α , позволяющий ножу свободно выдвигаться из корпуса при перемещении его основания и при этом не заклиниваться в исходном положении, составляет 5 градусов. Для этого значения были рассчитаны различные положения точки y_0 для оптимизации траектории перемещения точки C_6 (Рис. 5).

В результате выполненных расчетов установлено, что оптимальная траектория движения кончика ножа для взаимодействия с массивом происходит при $y_0 = 160$ мм; его отклонение по вертикали при этом находится в пределах 3 мм и не приводит к негативному влиянию на работоспособность и надежность устройства.

Из графика, представленного на Рис. 5, следует, что при рациональной кинематической схеме щелеобразователя максимальный выход ножа из его корпуса составляет 85-90 мм при диаметре скважины 45 мм. В ряде работ [12-14] приведены расчеты усилий, действующих на режущий орган щелеобразователя в процессе нарезания ИЩ. С помощью теории сопротивления материалов необходимо проверить прочность режущего органа при его максимальном выдвижении в процессе нарезания иницирующей щели. В [15] приведен прочностной расчет режущего органа щелеобразователя ЩМ-45, в соответствии с которым прочность режущего органа определяется по выражению:

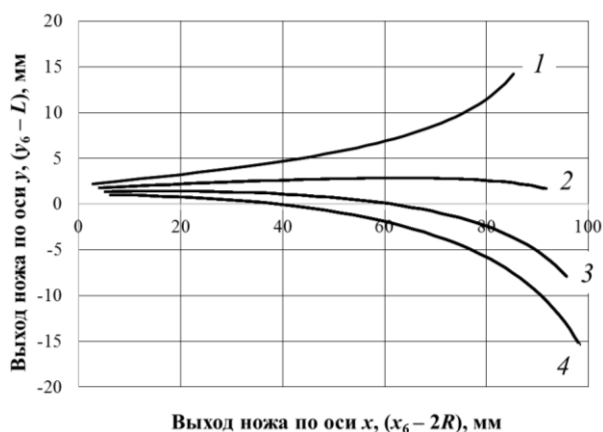


Рис. 5. Траектории кончика ножа при $\alpha = 5^\circ$: 1 – $y_0 = 150$ мм; 2 – $y_0 = 160$ мм; 3 – $y_0 = 170$ мм; 4 – $y_0 = 180$ мм

Fig. 5. Trajectories of the blade tip at $\alpha = 5^\circ$: 1 – $y_0 = 150$ mm; 2 – $y_0 = 160$ mm; 3 – $y_0 = 170$ mm; 4 – $y_0 = 180$ mm

$$\sigma = \frac{M_{изг}}{W_x} \leq [\sigma], \quad (5)$$

где $M_{изг}$ – изгибающий момент, возникающий в режущем органе при нарезании инициирующей щели, который определяется по выражению:

$$M_{изг} = k_1 \cdot P_n \cdot S_n \cdot tg\varphi \cdot D \cdot \left(\frac{\cos\varphi}{\cos\varphi_0} - 1 \right) / (2 \cdot k_2), \quad (6)$$

где k_1 – коэффициент сопротивления резанию, Н/м²; k_2 – коэффициент сопротивляемости внедрению, Н/м; φ_0 – угол при вершине режущего органа в момент его внедрения в массив, φ – текущий угол; D – диаметр щелеобразователя; P_n – давление рабочей жидкости, МПа; S_n – площадь торца поршня 4 (Рис. 1), м².

Применив выражения (5) и (6), определим напряжения, возникающие в режущем органе при нарезании инициирующей щели, приняв: изгибающий момент $M_{изг} = 65$ Нм; размер поперечного сечения режущего органа $b = 6$ мм, $h = 20$ мм. Таким образом, предел прочности $\sigma_{пр} = 540$ МПа, следовательно, для надежной работы предложенной конструкции для изготовления режущего органа следует использовать сталь – Ст 30 или Ст 35.

Выводы

В качестве выводов отметим, что моделирование процесса нарезания инициирующих щелей на стенках дегазационных скважин позволило более полно использовать ограниченные размеры щелеобразователя для максимального увеличения диаметра ИЩ. Это, в свою очередь, расширило область применения технологии ПГР, так как повысило вероятность развития трещины в заданном направлении при проведении гидроразрывов в угольном массиве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубан А. Д., Забурдяев В. С., Забурдяев Г. С. и др. Метан в шахтах и рудниках России:

прогноз, извлечение и использование. М.: ИПКОН РАН, 2006. 312 с.

2. Клишин В. И. Адаптация механизированных крепей к условиям динамического нагружения. Новосибирск: Наука, 2002. 199 с.

3. Клишин В. И., Курленя М. В., Писаренко М. В. Совершенствование геотехнологий и способов управления состоянием массива горных пород на основе гидроразрыва // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. №6. С. 23–35.

4. Леонтьев А. В., Попов С. Н. Опыт практического применения измерительного гидроразрыва // Горный журнал. 2003. №3. С. 37–43.

5. Курленя М. В., Леонтьев А. В., Попов С. Н. Развитие метода гидроразрыва для исследования напряженного состояния массива горных пород // ФТПРПИ. 1994. №1. С. 3–20.

6. Патент РФ № 1248. Щелеобразователь / Клишин В. И., Курленя М. В., Кокоулин Д. И. // Оpubл. в бюл. № 17 от 20.06.2013.

7. Клишин В. И. [и др.] Экспериментальные исследования процесса разрушения угольного пласта при поинтервальном гидроразрыве // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2019. Т.6. №2. С. 113–117.

8. Сердюков С. В., Шилова Т. В., Рыбалкин Л. А. Оценка снижения риска подземной разработки газоносных угольных пластов при использовании гидроразрыва // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т.2. №5. С. 3–11.

9. Gray I., Zhao X., Liu L. Mechanical properties of coal measure rocks containing fluids at pressure, Coal Operators' Conf., Wollongong, Australia, 2018. P. 195–204.

10. Патент РФ № 2400624. Щелеобразователь / Леконцев Ю. М., Сажин П. В. // Оpubл. в бюл. № 27 от 27.09.2010.

11. Сажин П. В. Исследование траектории движения режущего органа щелеобразователя // Горняцкая смена. 2008. Т. 1. С. 8–14.

12. Сердюков С. В., Азаров А. В., Рыбалкин Л. А., Патутин А. В. О форме трещин гидроразрыва породного массива в окрестности цилиндрической полости // ФТПРПИ. 2021. №6. С. 72–84.

13. Xia B., Zhang X., Yu B., Jia J. Weakening effects of hydraulic fracture in hard roof under the influence of stress arch // Int. J. Min. Sci. and Tech. 2018. Vol. 28. №6. P. 951–958.

14. Chen Z., Li X., Dusseault M.B., Weng L. Effect of excavation stress condition on hydraulic fracture behavior // Eng. Fracture Mech. 2020. Vol. 226. P. 106871.

15. Сажин П. В. Исследование режимов работы и герметических параметров режущего органа комбинированного устройства при создании инициирующих щелей // ФТПРПИ. 2018. №2. С. 181–186.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Леконцев Юрий Михайлович, кандидат техн. наук, Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН (630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 54)

Сажин Павел Васильевич, кандидат техн. наук, Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН (630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 54), e-mail: pavel301080@mail.ru

Патутин Андрей Владимирович, кандидат техн. наук, Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН (630091, Россия, г. Новосибирск, Красный проспект, 54)

Новик Алексей Владимирович, директор, ООО «Автостройкомплект» (630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Толстого, 133, оф. Т303)

Заявленный вклад авторов:

Леконцев Ю.М., Сажин П.В., Патутин А.В., Новик А.В. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных выводы; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-35-40

Yuriy M. Lekontsev¹, Pavel V. Sazhin^{1*}, Andrey V. Patutin¹, Alexey V. Novik²

¹N.A. Chinakal Institute of Mining SB RAS

²Avtostroikomplekt LLC

*E-mail: pavel301080@mail.ru

OPTIMIZATION OF THE SLOT PARAMETERS FOR THE IMPLEMENTATION OF HYDRAULIC FRACTURING IN THE COAL SEAM



Article info

Received:

21 March 2023

Accepted for publication:

18 April 2023

Accepted:

27 April 2023

Published:

17 May 2023

Keywords: Degassing, interval hydraulic fracturing, slot forming, cutting body, initiation slot

Abstract.

Within the framework of research on the implementation of degassing of flat coal seams from mine workings, the necessity of initiation slots creating on the walls of degassing wells with the maximum possible diameter is shown. The most widespread schemes of extending the cutting tool from the body and their trajectories are considered and analyzed which allowed determining the most rational of them. Presented are the technical solutions and theoretical substantiation of the parameters of the slotting machine ensuring the increase in the effectiveness of realization of the method of interval hydrofracturing in a coal seam for the purpose of its degassing by increasing the diameter of the initiation slot. The analysis of devices designed for making a slot has been carried out. The parameters of a promising design of a slotting machine with lever kinematics of the advancing cutting organ providing its maximum output along the rational trajectory of cutting the initiation slot were determined. The strength calculation of the cutting tool of the slotting machine was carried out, according to the results of which the required dimensions of its cross section were determined and the choice of material for its manufacture was substantiated.

For citation: Lekontsev Yu.M., Sazhin P.V., Patutin A.V., Novik A.V. Optimization of the slot parameters for the implementation of hydraulic fracturing in the coal seam. Mining Equipment and Electromechanics, 2023; 2(166):35-40 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-35-40, EDN: BFDVAS

REFERENCES

1. Ruban A.D., Ziburdaev V.S., Ziburdaev G.S. i dr. Metan v shakhtakh i rudnikakh Rossii:

prognoz, izvlechenie i ispol'zovanie. M.: IPKON RAN; 2006. 312 s.

2. Klishin V.I. Adaptatsiya mekhanizirovannykh krepey k usloviyam dinamicheskogo nagruzheniya. Novosibirsk: Nauka; 2002. 199 s.
3. Klishin V.I., Kurlenya M.V., Pisarenko M.V. Sovershenstvovanie geotekhnologiy i sposobov upravleniya sostoyaniem massiva gornyx porod na osnove gidrorazryva. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2013; 6:23–35.
4. Leont'ev A.V., Popov S.N. Opyt prakticheskogo primeneniya izmeritel'nogo gidrorazryva. *Gornyy zhurnal*. 2003; 3:37–43.
5. Kurlenya M.V., Leont'ev A.V., Popov S.N. Razvitie metoda gidrorazryva dlya issledovaniya napryazhennogo sostoyaniya massiva gornyx porod. *FTPRPI*. 1994; 1:3–20.
6. Patent RF № 129148. Shcheleobrazovatel' / Klishin V.I., Kurlenya M.V., Kokoulin D.I. Opubl. v byul. № 17 ot 20.06.2013.
7. Klishin V.I., Taylakov O.V., Opruk G.Yu., Makeev M.P., Sokolov S.V., Utkaev E.A., Teleguz A.S. Eksperimental'nye issledovaniya protsessa razrusheniya ugol'nogo plasta pri pointerval'nom gidrorazryve. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornyx nauk*. 2019; 6(2):113–117.
8. Serdyukov S.V., Shilova T.V., Rybalkin L.A. Otsenka snizheniya riska podzemnoy razrabotki gazonosnykh ugol'nykh plastov pri ispol'zovanii gidrorazryva. *Interespo Geo-Sibir'*. 2019; 2(5):3–11.

9. Gray I., Zhao X., Liu L. Mechanical properties of coal measure rocks containing fluids at pressure, Coal Operators' Conf., Wollongong, Australia, 2018. P. 195–204.
10. Patent RF № 2400624. Shcheleobrazovatel' / Lekontsev Yu.M., Sazhin P.V. Opubl. v byul. № 27 ot 27.09.2010.
11. Sazhin P.V. Issledovanie traektorii dvizheniya rezhushchego organa shcheleobrazovatelya // *Gornyatskaya smena*. 2008; 1:8–14.
12. Serdyukov S.V., Azarov A.V., Rybalkin L.A., Patutin A.V. O forme treshchin gidrorazryva porodnogo massiva v okrestnosti tsilindricheskoy polosti. *FTPRPI*. 2021; 6:72–84.
13. Xia B., Zhang X., Yu B., Jia J. Weakening effects of hydraulic fracture in hard roof under the influence of stress arch. *Int. J. Min. Sci. and Tech.* 2018; 28(6):951–958.
14. Chen Z., Li X., Dusseault M.B., Weng L. Effect of excavation stress condition on hydraulic fracture behavior. *Eng. Fracture Mech.* 2020; 226:106871.
15. Sazhin P.V. Issledovanie rezhimov raboty i germeticheskikh parametrov rezhushchego organa kombinirovannogo ustroystva pri sozdanii initsiiruyushchikh shcheley. *FTPRPI*. 2018; 2:181–186.

© 2023 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the author:

Yuriy M. Lekontsev, C. Sc. in Engineering, N.A. Chinakal Institute of Mining SB RAS, (630091, Russia, Novosibirsk, 54 Red Avenue)

Pavel V. Sazhin, C. Sc. in Engineering, N.A. Chinakal Institute of Mining SB RAS, (630091, Russia, Novosibirsk, 54 Red Avenue), e-mail: pavel301080@mail.ru

Andrey V. Patutin, C. Sc. in Engineering, N.A. Chinakal Institute of Mining SB RAS, (630091, Russia, Novosibirsk, 54 Red Avenue)

Alexey V. Novik, director, Avtostroikomplekt LLC, 630008, Russia, Novosibirsk, 133 Tolstogo st., of. T303

Contribution of the authors:

Yuriy M. Lekontsev, Pavel V. Sazhin, Andrey V. Patutin, Alexey V. Novik – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; drawing the conclusions; writing the text.

Author have read and approved the final manuscript.

