

**Маметьев Леонид Евгеньевич**, доктор техн. наук, профессор, **Хорешок Алексей Алексеевич**, доктор техн. наук, профессор, **Цехин Александр Михайлович**, кандидат техн. наук, доцент, **Борисов Андрей Юрьевич**, кандидат техн. наук, доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: bau.asp@rambler.ru

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСШИРИТЕЛЯ СКВАЖИН

**Аннотация:** Актуальными в настоящее время являются исследования по совершенствованию процесса бурения скважин в угольных пластах на шахтах Кузбасса.

Целью исследования являлось обоснование рациональных параметров расширителя скважин прямого хода, схемы набора группового режущего инструмента на его корпусе.

Анализ опыта бурения скважин большого диаметра по угольным пластам показал, что при проходке тупиковой скважины в забойной зоне скапливаются метан и мелкие фракции угля. Уменьшение выхода фракций угля класса  $\omega_{0-1}$  и  $\omega_{1-6}$  позволит повысить безопасность буровых работ. Наиболее приемлемым вариантом решения этого вопроса является разработка конструкции расширителя со целевой схемой поверхности забоя скважины.

Установлены параметры целевой схемы и выполнена привязка к ней группового режущего инструмента. В процессе исследований на полноразмерном стенде определены закономерности формирования нагрузки, частотные характеристики процесса прорезания щелей в углецементном блоке различными группами резцов, забурником и в целом расширителем.

Определена взаимная корреляционная связь между группами резцов расширителя и выявлены группы резцов, которые играют основную роль при формировании нагрузки, крутящего момента на расширителе при бурении скважин.

Получены аналитические выражения корреляционных функций и спектральных плотностей крутящих моментов для различных групп резцов и расширителя в целом.

**Ключевые слова:** стенд, углецементный блок, расширитель скважины, целевая схема, группа резцов, корреляционная функция, спектральная плотность, крутящий момент.

**Информация о статье:** принята 01 декабря 2018 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-40-46

Совершенствование породоразрушающего инструмента и его воздействие на горный массив является актуальной задачей для повышения эффективности процесса бурения скважин различного назначения в угольных пластах шахт Кузбасса [1–3].

В последние годы разработаны новые высокопроизводительные бурильные установки для подземного бурения скважин на угольных шахтах [4–7]. Реализация их технических возможностей связана, прежде всего, с научно обоснованным выбором параметров и совершенствованием бурового инструмента, технологий проходки скважин [8, 9].

Совершенствование техники и технологии бурения в угольных пластах направлено на увеличение длины, диаметра, траектории скважины, повышение безопасности горнопроходческих работ [10, 11]. Последнее может быть обеспечено уменьшением выхода мелких фракций ( $\omega_{0-1}$  и  $\omega_{1-6}$ ) разрушаемого материала.

В условиях угольных шахт одной из проблем при проходке скважин является обеспечение прямолинейности траектории скважин. Для решения этого вопроса применяется метод вращательно-ударного

бурения с использованием погружных пневмоударников [12–14].

Опыт бурения скважин на угольных шахтах Кузбасса показал, что в качестве разрушающего инструмента для пород крепостью до  $f \leq 6$  широко используется режущий инструмент.

Повышение эффективности действия режущего инструмента в разрушаемом массиве забоя скважины возможно путем установления силовых и энергетических характеристик процесса бурения, выявления взаимной корреляционной связи между группами резцов бурового инструмента.

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ разработана, исследована на лабораторном стенде и испытана в шахтных условиях конструкция экспериментального расширителя, оснащенного групповым режущим инструментом, который обеспечивает получение щелевой схемы поверхности забоя скважины (рис. 1, 2) [15]. Для формирования щелевой схемы разрушения забоя скважины использован режущий инструмент со следующими геометрическими параметрами: вылет резца  $l_p = 80$  мм; передний угол  $\gamma = 5^\circ$ ; задний угол  $\alpha = 10^\circ$ ; угол заострения

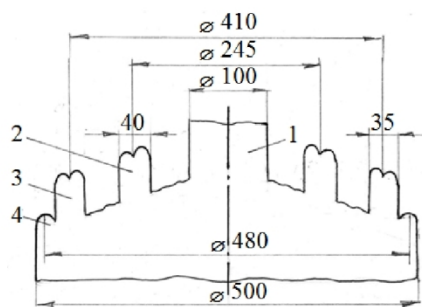


Рис. 1. Схема щелевой поверхности забоя скважины

Fig. 1. Scheme of a slot-hole surface of the well face  
a

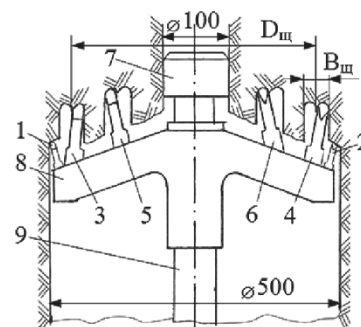


Рис. 2. Экспериментальный расширитель прямого хода с групповыми резцами

Fig. 2. The experimental advancing expander with group cutters  
б

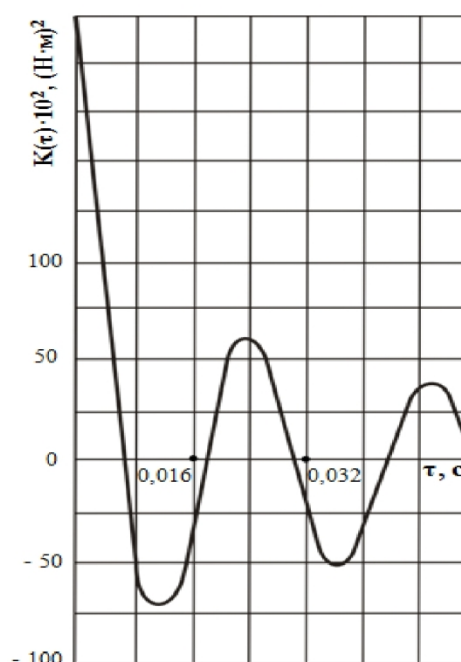
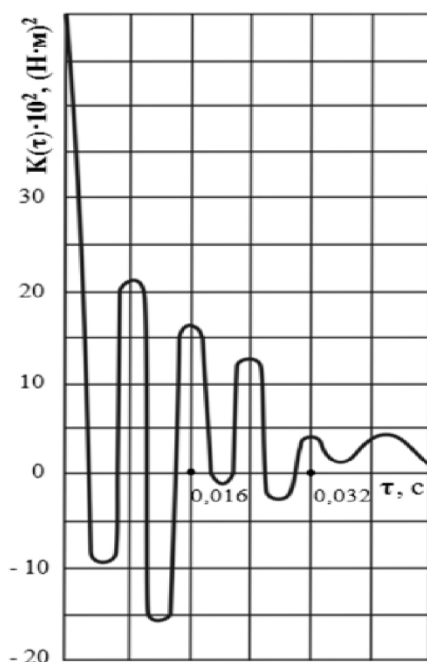


Рис. 3. Графики корреляционных функций крутящего момента: а – резцы 5–6; б – резцы 3–4

Fig. 3. Graphs of correlation functions of torque: a – cutters 5–6; b – cutters 3–4

асимметричной клиновой передней грани  $\beta = 12^\circ$ . Углы установки резцов по отношению к оси расширителя по условию вписываемости в траекторию движения составляли  $\phi = 12^\circ$  и  $\phi = 15^\circ$  для щелей, соответственно, большего и меньшего диаметров.

Основу полноразмерного стенда составляла буровая установка типа БГА с вариатором скорости вращения расширителя от 45 до 200 мин<sup>-1</sup>. Осевое усилие подачи на забой скважины варьировалось в диапазоне от 4 до 35 кН настройкой предохранительного клапана насосной станции установки и регистрировалось по давлению масла в поршневой полости гидродомкратов. В качестве разрушаемого материала применялись сменные углечемные блоки размерами 2000×1200×1200 мм. Сопротивляемость резанию материала блоков по данным замеров динамометрическим сверлом составляла  $A_p = 215$  и 257 Н/мм.

Для получения концентрических щелей в пилот-скважине (1) (рис. 1) размещался опорный направляющий фонарь диаметром 100 мм. Двухлинейные

щели (2, 3) имели различную ширину (35 и 40 мм), что объясняется условиями вписываемости четырех резцов в концентрические щели. Резцы 1, 2 (рис. 2) перемещались по траекториям (4) (рис. 1) диаметром 480 мм и выполняли функцию калибровки поверхности стенок скважин.

Исследования проводились в следующей последовательности:

1. бурение пилот-скважины забурником диаметром 100 мм;
2. бурение двумя резцами 3 и 4 щели средним диаметром 410 мм;
3. бурение двумя резцами 5 и 6 щели средним диаметром 245 мм;
4. бурение двумя резцами 1 и 2 калибрующей канавки средним диаметром 480 мм.

Расширитель (рис. 2) оснащен резцами 1–6, включает передний опорный фонарь 7, двухлучевой корпус 8. Конструкция выполнена разборной для удобства проведения монтажно-демонтажных работ. Опорный фонарь 7 имеет хвостовик с наружной

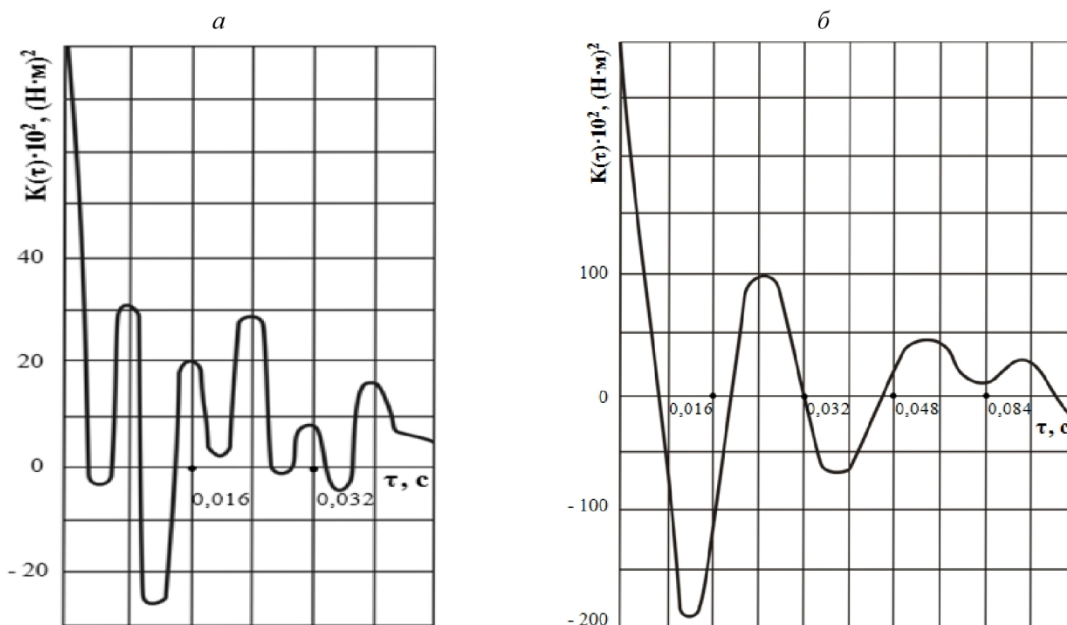


Рис. 4. Графики корреляционных функций крутящего момента: а – резцы 1–2; б – резцы 1–6  
Fig. 4. Graphs of correlation functions of torque: a – cutters 1–2; b – cutters 1–6

Таблица - Значения дисперсий  $D$  и коэффициентов  $\alpha$  экспоненциально затухающей составляющей  
Table - Values of  $D$  dispersions and  $\alpha$  coefficients of the exponentially damped component

Параметры	Забурник	Резцы 1–2	Резцы 3–4	Резцы 5–6	Резцы 1–6
$D$	6,05	84,85	218,20	49,51	359,00
$D'$	3,15	16,12	–	6,44	–
$D''$	–	35,38	176,70	16,83	315,20
$D'''$	2,90	33,35	41,70	26,24	43,80
$\alpha''$	–	70,00	55,00	80,00	45,00
$\alpha'$	10,00	22,00	–	18,00	–

трапецевидной резбой для соединения с корпусом 8 резцового расширителя. Фонарь выполнял функции направляющего и центрирующего элемента, находился в постоянном контакте со стенкой опережающей скважины и обеспечивал получение концентрических щелей. Для замера крутящего момента использовалась тензометрическая штанга 9. Замеры производились при глубине щелей 40–80 мм, что позволило устранить влияние обнаженной поверхности на результаты измерений. При глубине щелей, равной вылету резцов, бурение прекращалось, в гнезда вместо резцов вставлялись режущие гребенки, которые частично (от  $h_{ц} = 80$  мм до  $h_{ц} = 40$  мм) срезали целики между соседними щелями.

При проведении исследований определялись следующие силовые и энергетические показатели: крутящий момент  $M$ , Н·м; потребляемая мощность  $N$ , кВт; скорость бурения расширителем  $V$ , м/мин; скорость вращения расширителя  $n = 100$  мин<sup>-1</sup>; удельные затраты энергии  $N_w$ , кВт·ч/м<sup>3</sup>.

Для установления закономерностей формирования усилий резания, частотных характеристик процесса прорезания щелей на базе записанных осциллограмм был проведен корреляционный анализ нагрузок на групповых резцах 5–6, 3–4, 1–2 и на всех резцах расширителя 1–6 (рис. 3, 4, 5).

Исследования нагрузки показали, что моменты сопротивления  $M$  на расширителе могут быть представлены случайной функцией времени, которая оценивается математическим ожиданием  $m_x$ ,

дисперсией  $D_x$ , корреляционной функцией  $K(\tau)$  и функцией спектральной плотности  $S(\omega)$ . Обработка осциллограмм усилий резания материала массива группами резцов показала, что корреляционные функции выражаются общей зависимостью вида:

$$K(\tau) = \sum_{i=1}^m D_i' e^{-\alpha_i' \tau} + \sum_{j=1}^n D_j'' e^{-\alpha_j'' \tau} \cos \beta_j'' \tau + \sum_{k=1}^p D_k''' \cos \beta_k''' \tau, \quad (1)$$

где  $\sum_{i=1}^m D_i' e^{-\alpha_i' \tau}$  – экспоненциально затухающая составляющая;

$\sum_{j=1}^n D_j'' e^{-\alpha_j'' \tau} \cos \beta_j'' \tau$  – периодически затухающая составляющая;

$\sum_{k=1}^p D_k''' \cos \beta_k''' \tau$  – периодически незатухающая составляющая;

$D$  – дисперсия;  $\alpha$  – коэффициент скорости убывания затухающей составляющей;  $e$  – основание натуральных логарифмов;  $\tau$  – время, с.

Аппроксимирующие выражения для резцов 5–6 и 3–4 запишутся в виде:

$$K(\tau) = (6,44e^{-18\tau} + 16,83e^{-80\tau} \cos 9,5\pi\tau + 12,87 \cos 2,50\pi\tau + 10,89 \cos 2,30\pi\tau + 2,48 \cos 2,8\pi\tau) \cdot 10^2, \quad (\text{Н} \cdot \text{м})^2 \quad (2)$$

$$K(\tau) = (176,7e^{-55\tau} \cos 8,0\pi\tau + 16,36 \cos 2,50\pi\tau + 9,38 \cos 1,90\pi\tau + 15,76 \cos 2,8\pi\tau) \cdot 10^2, \quad (\text{Н} \cdot \text{м})^2 \quad (3)$$

Аппроксимирующие выражения для резцов 1–2 и 1–6 запишутся в виде:



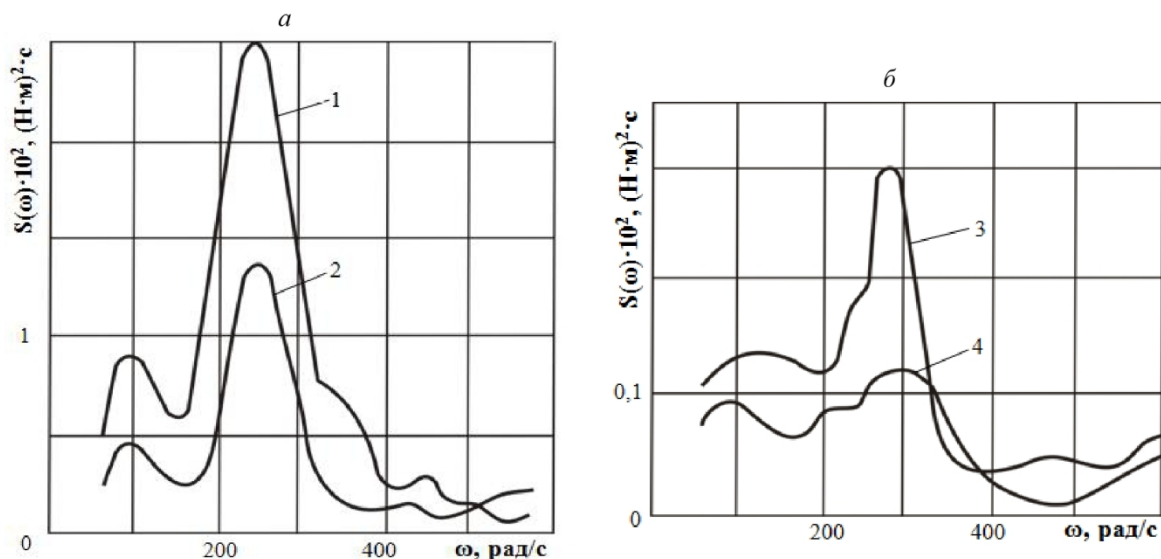


Рис. 5. Графики спектральных плотностей крутящего момента при бурении резцами:

1 – резцы 1–6; 2 – резцы 3–4; 3 – резцы 1–2; 4 – резцы 5–6

Fig. 5. Graphs of spectral density of torque when drilling by cutters:

1 – cutters 1–6; 2 – cutters 3–4; 3 – cutters 1–2; 4 – cutters 5–6

$$K(\tau) = (16,12e^{-22\tau} + 35,38e^{-70\tau} \cos 9,5\pi\tau + 23,33 \cos 2,50\pi\tau + 4,5 \cos 2,10\pi\tau + 5,52 \cos 2,8\pi\tau) \cdot 10^2, (\text{Н} \cdot \text{м})^2 \quad (4)$$

$$K(\tau) = (315,2e^{-45\tau} \cos 8,0\pi\tau + 14,37 \cos 2,50\pi\tau + 7,91 \cos 2,10\pi\tau + 20,28 \cos 2,8\pi\tau) \cdot 10^2, (\text{Н} \cdot \text{м})^2 \quad (5)$$

Расширитель оснащен группой резцов, поэтому крутящие моменты  $M$  имеют ряд составляющих. Нагрузка на расширитель будет определяться взаимной корреляционной связью между резцами расширителя. Учитывая незначительную разницу в параметрах траекторий движения пар резцов 1–2; 3–4 и 5–6, корреляционную функцию можно представить в виде:

$$\sum K(\tau) = K(\tau)_{1-2} + K(\tau)_{3-4} + K(\tau)_{5-6} \quad (6)$$

Значение параметров корреляционных функций сведены в таблицу.

В соответствии с формулой (1) дисперсия суммарного момента на экспериментальном расширителе при  $\tau = 0$  определится из выражения:

$$\sum D = D_{1-2} + D_{3-4} + D_{5-6} \quad (7)$$

Расстановка резцов на расширителе существенно отражается на параметрах корреляционной функции крутящего момента. Из полученных данных следует, что 13,8 %  $D$  приходится на долю резцов 1–2, имеющих максимальный радиус установки на расширителе и работающих в режиме полублокированного резания с дополнительной обнаженной поверхностью. Наибольшую часть (61 %) составляет дисперсия крутящего момента при прорезании концентрической щели резцами 3–4. Это обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что именно они играют основную роль в процессе формирования нагрузки на расширителе. При работе резцов 3–4, а также резцов 1–6 периодически затухающая составляющая при данных режимных параметрах стремится к нулю. Дисперсия крутящего момента при индивидуальной работе забурника относительно небольшая, и в отличие от резцов имеет место весьма

малое влияние случайного процесса скалывания массива.

Анализ распределения нагрузки по частотам показывает, что спектральная плотность имеет экстремум в области частот  $f = 30\text{--}50$  Гц. Для спектра эксплуатационной нагруженности характерно отсутствие взаимосвязи между отдельными составляющими, поэтому спектральная плотность крутящего момента на расширителе может быть выражена в виде:

$$\sum S = S_{1-2} + S_{3-4} + S_{5-6} \quad (8)$$

Результаты корреляционного анализа подтвердили ранее опубликованные результаты стендовых исследований, которые позволили установить силовые и энергетические характеристики процесса бурения скважин данным экспериментальным расширителем:

- корреляционный анализ нагрузки на групповых резцах 5–6, 3–4, 1–2 и на всех резцах расширителя 1–6 показал, что основную роль в процессе формирования крутящего момента на расширителе играют резцы 3–4;

- дисперсия крутящего момента при прорезании концентрической щели средним диаметром 410 мм резцами 3–4 составляет 61 % дисперсии суммарного момента;

- незначительная разница в параметрах траекторий движения пар резцов 1–2; 3–4 и 5–6 позволяет представить корреляционную функцию, суммарную дисперсию, спектральную плотность в виде следующих выражений:

$$\sum K(\tau) = K(\tau)_{1-2} + K(\tau)_{3-4} + K(\tau)_{5-6}; \quad \sum D = D_{1-2} + D_{3-4} + D_{5-6}; \quad \sum S = S_{1-2} + S_{3-4} + S_{5-6}.$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герике, Б.Л. Новый показатель эффективности действия инструмента в разрушаемой среде / Б.Л. Герике, В.И. Клишин, П.Б. Герике // Физико-

технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 3. – С. 55–62.

2. Клишин, В.И. Инструмент и рабочие органы для выемки прочных полезных ископаемых / В.И. Клишин, Б.Л. Герике, П.Б. Герике // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2016. – № 3. – С. 526–530.

3. Клишин, В.И. Виды и причины отказов тангенциальных поворотных резцов / В.И. Клишин, Б.Л. Герике, С.М. Никитенко, П.Д. Крестовоздвиженский // Горный журнал. – 2016. – № 7. – С. 92–95.

4. Нестеров, В.И. Сравнение износа режущего инструмента на законтурных исполнительных органах геологов / В.И. Нестеров, А.Н. Ермаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2015. – № 7. – С. 41–45.

5. Прокопенко, С.А. Перспективные конструкции резцов для повышения сортности добываемого шахтами угля / С.А. Прокопенко // Уголь. – 2017. – № 4. – С. 29–31.

6. Mamet'ev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu. Stress distribution in attachments of disc cutters in heading drivage. Journal of Mining Science. 2015. T. 51, № 6. pp. 1150–1156.

7. Khoreshok A.A., Mametyev L.E., Borisov A.Yu., Vorobyev A.V. The distribution of stresses and strains in the mating elements disk tools working bodies of roadheaders. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. T. 91. № 1. p. 012084.

8. Данилов, Б.Б. Совершенствование технологии проходки скважин в грунте методом продавливания / Б.Б. Данилов, А.С. Кондратенко, Б.Н. Смоляницкий, А.С. Смоленцев. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2017. – № 3. – С. 57–64.

9. Данилов, Б.Б. Способ и буровой инструмент для изменения траектории скважины при шнековом бурении / Б.Б. Данилов, Б.Н. Смоляницкий // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. – №1. – С. 66–73.

10. Данилов, Б.Б. Определение длины горизонтальной пневмотранспортной магистрали бурового станка для удаления шлама разрезанием / Б.Б. Данилов, Б.Н. Смоляницкий // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 4. – С. 80–86.

11. Danilov B.B., Smolyanitsky B.N., Cheshchin D.O. Justification of basic diagrams of horizontal drilling deflectors. Journal of Mining Science. 2015. T. 51. № 3. pp. 553–561.

12. Тимонин, В.В. Опыт проходки прямолинейно направленных скважин в подземных условиях шахты "Березовская" / В.В. Тимонин, Д.И. Кокоулин, С.Е. Алексеев, Б. Кубанычбек // Горное оборудование и электромеханика. – 2017. – № 4. – С. 3–7.

13. Тимонин, В.В. Влияние энергетических параметров погружного пневмударника на технико-экономические показатели бурения скважин с одновременной обсадкой / В.В. Тимонин, С.Е. Алексеев, В.Н. Карпов, Е.М. Черниенков // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2018. – № 1. – С. 61–70.

14. Клишин, В.И. Повышение мощности погружного пневмударника прямолинейно направленного бурения / В.И. Клишин, В.В. Тимонин, Д.И. Кокоулин, С.Е. Алексеев, Б. Кубанычбек // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2017. – № 3. – С. 173–177.

15. Маметьев, Л.Е. Параметры разрушения скважин в угленосных пластах комбинированными расширителями прямого хода / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.М. Цехин, Г.Д. Буялич, А.Ю. Борисов // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XVI международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека», проведенной в рамках Уральской горнопромышленной декады 12-13 апреля 2018 г. / Оргкомитет: Ю.А. Лагунова, А.Е. Калянов. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2018. – С. 77–80.

**Leonid E. Mametyev**, Dr. Sc., Professor, **Aleksey A. Khoreshok**, Dr. Sc., Professor, **Alexander M. Tsekhin**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, **Andrey Yu. Borisov**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

## JUSTIFICATION OF RATIONAL PARAMETERS OF THE WELLS EXPANDER

**Abstract:** Researches on improvement of process of well-drilling in coal seams in mines of Kuzbass are relevant now.

The objective of the research was to justify rational parameters of the advancing well expander, the scheme of group cutting tool arrangement on its body.

The analysis of drilling big diameter wells in coal seams has shown that when deadlock wells are being driven, methane and small fractions of coal accumulate in the face area. Decreasing the yield of coal fractions of  $\omega_{0-1}$  and  $\omega_{1-6}$



class will allow us to increase safety of drilling operations. The most acceptable solution of this issue is to develop an expander design and the slot-hole scheme of the well face surface.

The parameters of the slot-hole scheme are set and the group cutting tool is matched to it. In the course of the studies at the full-size stand, regularities of load formation, frequency characteristics of slot cutting in the coal cement block by various groups of cutters, a starting bit and in general by the expander are determined.

Mutual correlation between groups of cutters of the expander is defined, and groups of cutters which perform the main role in forming loading, torque on the expander at well-drilling are identified.

Analytical expressions of correlation functions and spectral density of torques for various groups of cutters and the expander in general are received.

**Keywords:** stand, coal cement block, expander of wells, slot-hole scheme, group of cutters, correlation function, spectral density, torque.

**Article info:** received December 01, 2018

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-40-46

#### REFERENCES

1. Gerike, B.L. Novyy pokazatel' effektivnosti deystviya instrumenta v razrushaemoy srede / B.L. Gerike, V.I. Klishin, P.B. Gerike // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. – 2016. – № 3. – S. 55–62.
2. Klishin, V.I. Instrument i rabochie organy dlya vyemki prochnykh poleznykh iskopaemykh / V.I. Klishin, B.L. Gerike, P.B. Gerike // Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov. – 2016. – № 3. – S. 526–530.
3. Klishin, V.I. Vidy i prichiny otkazov tangentsial'nykh povorotnykh reztsov / V.I. Klishin, B.L. Gerike, S.M. Nikitenko, P.D. Krestovozdvizhenskiy // Gornyy zhurnal. – 2016. – № 7. – S. 92–95.
4. Nesterov, V.I. Sravnenie iznosa rezhushchego instrumenta na zakonturnykh ispolnitel'nykh organakh geokhodov / V.I. Nesterov, A.N. Ermakov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2015. – № 7. – S. 41–45.
5. Prokopenko, S.A. Perspektivnye konstruktivnye reztsov dlya povysheniya sortnosti dobyvaemogo shakhtami uglia / S.A. Prokopenko // Ugol'. – 2017. – № 4. – S. 29–31.
6. Mamet'ev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M. Borisov A.Yu. Stress distribution in attachments of disc cutters in heading drivage. Journal of Mining Science. 2015. T. 51, № 6. pp. 1150–1156.
7. Khoreshok A.A., Mametyev L.E., Borisov A.Yu., Vorobyev A.V. The distribution of stresses and strains in the mating elements disk tools working bodies of roadheaders. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2015. T. 91. № 1. p. 012084.
8. Danilov, B.B. Sovershenstvovanie tekhnologii prokhodki skvazhin v grunte metodom prodavlivaniya / B.B. Danilov, A.S. Kondratenko, B.N. Smolyanitskiy, A.S. Smolentsev. // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. – 2017. – № 3. – S. 57–64.
9. Danilov, B.B. Sposob i burovoy instrument dlya izmeneniya traektorii skvazhiny pri shnekovom burenii / B.B. Danilov, B.N. Smolyanitskiy // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya. – 2017. – № 1. – S. 66–73.
10. Danilov, B.B. Opredelenie dliny gorizonta'noy pnevmotransportnoy magistrali burovogo stanka dlya udaleniya shlama razrezheniem / B.B. Danilov, B.N. Smolyanitskiy // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. – 2016. – № 4. – S. 80–86.
11. Danilov B.B., Smolyanitskiy B.N., Cheshchin D.O. Justification of basic diagrams of horizontal drilling deflectors Journal of Mining Science. 2015. T. 51. № 3. pp. 553–561.
12. Timonin, V.V. Opyt prokhodki pryamolineynogo napravleniyykh skvazhin v podzemnykh usloviyakh shakhty "Berezovskaya" / V.V. Timonin, D.I. Kokoulin, S.E. Alekseev, B. Kubanychbek // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2017. – № 4. – S. 3–7.
13. Timonin, V.V. Vliyanie energeticheskikh parametrov pogruzhnogo pnevmoudarnika na tekhniko-ekonomicheskie pokazateli bureniya skvazhin s odnoremennoy obsadkoy / V.V. Timonin, S.E. Alekseev, V.N. Karpov, E.M. Chernienkov // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. – 2018. – № 1. – S. 61–70.
14. Klishin, V.I. Povyshenie moshchnosti pogruzhnogo pnevmoudarnika pryamolineynogo napravleniyykh bureniya / V.I. Klishin, V.V. Timonin, D.I. Kokoulin, S.E. Alekseev, B. Kubanychbek // Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov. – 2017. – № 3. – S. 173–177.
15. Mamet'ev, L.E. Parametry razrusheniya skvazhin v uglenosnykh plastakh kombinirovannymi rasshiritel'nyami pryamogo khoda / L.E. Mamet'ev, A.A. Khoreshok, A.M. Tsekhin, G.D. Buyalich, A.Yu. Borisov // Tekhnologicheskoe oborudovanie dlya gornoy i neftegazovoy promyshlennosti: sbornik trudov XVI mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy

konferentsii «Chleniya pamyati V.R. Kubacheka»,  
provedennoy v ramkakh Ural'skoy gorno-promyshlen-  
noy dekady 12-13 aprelya 2018 g. / Orgkomitet: Yu.A.

**Библиографическое описание статьи**

Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Цехин А.М., Бо-  
рисов А.Ю. Обоснование рациональных пара-  
метров расширителя скважин // Горное оборудо-  
вание и электромеханика — 2018. — № 6 (140).  
— С. 40-46.

Lagunova, A.E. Kalyanov. – Ekaterinburg: Ural'skiy  
gosudarstvennyy gornyy universitet, 2018. – S. 77–80.

**Reference to article**

Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M.,  
Borisov A.Yu. Justification of rational parameters of  
the expander wells. Mining Equipment and Electro-  
mechanics, 2018, no. 6 (140), pp. 40-46.