

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАЙМОДЕЙСТВИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С УГОЛЬНЫМ МАССИВОМ

Аннотация: Актуальными в настоящее время являются исследования по совершенствованию процесса взаимодействия режущего инструмента исполнительных органов горных машин с разрушающим массивом.

Целью исследований являлось обоснование геометрических параметров режущего инструмента, схемы его установки на расширителе прямого хода для бурения скважин по угольным пластам на шахтах Кузбасса.

Сделана привязка одиночного режущего инструмента к щелевой схеме разрушающего массива. Эта схема обеспечивает уменьшение выхода мелких фракций угля ω_{0-1} и ω_{1-6} , что очень важно с точки зрения уменьшения запыленности забойной зоны тупиковой скважины.

В процессе стендовых исследований (на угольном блоке) варьировались глубина, ширина щелей, параметры целиков, глубина резания, угол установки резцов, форма их передней грани.

Определены по результатам обработки осцилограмм формы импульсов усилий резания угля резцами. Определены закономерности формирования усилий резания. Получены аналитические выражения корреляционных функций и спектральных плотностей.

Установлено, что резцы с асимметричной, клиновой поверхностью передней грани обеспечивают меньшие на 8,3 % суммарную дисперсию и в 2,16 раза коэффициент экспоненциально затухающей составляющей по сравнению с резцами, имеющими плоскую поверхность передней грани.

Ключевые слова: угольный блок, резец, усилие резания, импульс, прорезание щели.

Информация о статье: принята 01 декабря 2018 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-34-39

Объективными исходными данными для проектирования исполнительных органов горных машин являются научно-технические разработки, опубликованные в печатных работах различного уровня, включая патенты. Что касается результатов предварительных стендовых исследований процесса разрушения забойных массивов различными типами горного инструмента, то значительный интерес представляют публикации авторов в источниках [1–4]. В них рассмотрены и обоснованы направления существенного повышения эффективности разрушения горных пород инструментом, оснащенным вставками из сверхтвердых композиционных материалов. Разработаны варианты конструкций лабораторных стендов для определения энергоемкости разрушения горных пород [1]. Статистический анализ результатов хронометражных наблюдений за работой тангенциальных поворотных резцов в различных горно-геологических и горнотехнических условиях разработки угольных месторождений и подземном строительстве [2] позволил выявить конструктивные и эксплуатационные отказы тангенциальных поворотных резцов. Для решения проблемы повышения прочности и износостойкости тангенциальных поворотных резцов, способных с минимальными энергозатратами и высокой

производительностью разрушать углеродистый массив, в работе [3] предложено использовать в качестве армирующей твердосплавной вставки резца индентор-эллипсоид, не имеющий концентраторов напряжений и производящий разрушение массива крупным сколом. В патенте на изобретение [4] режущая вставка тангенциального поворотного резца включает ступень резания и ступень крепления. При этом ступень крепления выполнена конической, а ступень резания выполнена в осевом сечении по закону квадратичной функции с армированной поверхностью инденторами из композиционного износостойкого материала, расположенными в плане по спирали Архимеда.

В публикациях [5–7] раскрываются вопросы о перспективных конструкциях режущего инструмента для повышения сортности добываемого угля и эффективности разрушения горных пород проходческими комбайнами.

В работе [5] установлено конструктивное несоответствие используемых на очистных комбайнах резцов условиям выпуска углей среднего и крупного классов. Применяемый существующими резцами механизм отбойки угля от массива приводит к образованию значительной доли мелкодисперсных фракций угля, интенсивному пылеобразованию, что

в сочетании с фрикционным искрением предопределяет высокий риск взрыва пылеметановоздушной смеси. Предложены конструкции лезвийных тангенциальных поворотных резцов, реализующих принцип резания пластина, и разработана их классификация. Резцы перспективных конструкций могут выступить достойными заместителями изделий зарубежных поставщиков.

Преимущества и недостатки применяемых на шахтных и рудничных комбайнах тангенциальных поворотных резцов сформулированы в работе [6]. Выявлено перспективное направление конструктивного совершенствования резцов, основанное на смене принципа разрушения. Предложен новый класс резцов лезвийного типа, отличающихся повышенным эксплуатационным ресурсом, меньшими энергозатратами на разрушение пород, снижением выхода пылевидных фракций и повышением сортности добываемого угля. Представлены конструкции резцов нового класса. Разработана классификация тангенциальных поворотных резцов, задающая направление дальнейшего конструктивного совершенствования породоразрушающего инструмента.

Публикация [7] посвящена разработке матрицы темпа износа режущего инструмента проходческих комбайнов. Установлено влияние прочности породы на эксплуатационный ресурс проходческого комбайна. Представлены результаты натурного исследования характера и скорости износа породоразрушающих резцов. Для дальнейшего повышения эффективности отбойки пород предложено осуществить разрушение инструментом с режущим диском.

Вопросы оценки и сравнения закономерных исполнительных органов для формирования каналов внешнего движителя и элементов противовращения геоходов по параметру износа режущего инструмента изложены в публикации [8].

Выявлено, что наиболее характерной причиной выхода из строя резцов является преждевременный износ державки (корпуса) резца, и установлено, что термомеханическая обработка материала державки резца приводит к повышению ее твердости [9].

В соответствии с результатами экспериментов [10] показано, что применение высокотемпературной термомеханической обработки ВТМО стали (деформация при 900 °C, закалка в воде, отпуск при 230 °C) приводит к существенному повышению ее твердости (на 23%) и износстойкости (на 38%) по сравнению с типовой термической обработкой, используемой при изготовлении резцов на заводах изготовителях.

В ряде исследований [11–15] раскрываются перспективы области применения дискового инструмента.

Оснащение рабочих органов горных выемочных машин дисковым инструментом является актуальным направлением создания эффективных рабочих органов для безвзрывной выемки сложно структурированных угольных пластов, многолетнемерзлых песков и рудных тел различного литологического состава [11]. Для оценки качества взаимодействия механического инструмента горных машин с

разрушающей средой предложен новый показатель – коэффициент эффективности действия инструмента. Его введение позволяет не только оценивать качество воздействия инструмента на разрушающий массив, но и прогнозировать энергозатраты на выемку полезного ископаемого, следовательно, и производительность горных машин в конкретных горнотехнических условиях [12].

В публикациях [13–15] обоснованы и раскрыты этапы разработки узлов крепления дискового инструмента на двухпорных кронштейнах, трехгранных и четырехгранных призмах, прикрепленных к наружным поверхностям рабочих органов выемочных и проходческих горных машин; результаты моделирования напряженно-деформированного состояния в сопрягаемых конструктивных элементах узлов крепления дисковых инструментов различного конструктивного исполнения на многогранных призмах исполнительных органов при разрушении забойных массивов неоднородной структуры. Представлено направление решения проблемы совмещения процессов разрушения, дробления и погрузки горной массы стреловыми исполнительными органами при проходке горных выработок проходческими комбайнами избирательного действия. Рекомендованы реверсивные режимы работы универсальных радиальных коронок с дисковым инструментом, закрепленным на трехгранных призмах для расширения фронта погрузки в прибортовых пространствах горных выработок.

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ на стенде, включающем блок угля ($A_p = 215 \text{ Н/мм}$) с размерами $1400 \times 700 \times 750 \text{ мм}$ и трехкомпонентный тензодинамометр, исследовался процесс прорезания двухлинейных щелей одиночным резцом (рис. 1).

Акцент в исследованиях сделан на щелевую схему поверхности забоя скважины так, как именно эта схема обеспечивает уменьшение выхода мелких фракций угля ω_{0-1} и ω_{1-6} , что очень важно с точки зрения снижения уровня запыленности забойной зоны тупиковой скважины. Эти эксперименты проводились как предпосылка для обоснования параметров расширителя прямого хода для бурения скважин в угольных пластах на шахтах Кузбасса. При этом оценивалось влияние геометрических параметров режущего инструмента на уменьшения блокированности работы инструмента в щели. Рабочая геометрия экспериментальных резцов отличалась по форме поверхности передней грани: плоская, клиновидно-симметричная, клиновидно-ассимметричная.

Угольный блок выпиливался и выравнивался из более крупного негабарита, который привозился из забоя ОАО «Кедровский угольный разрез». Блок угля забетонировался в раму стенда и устанавливался таким образом, чтобы резание угля производилось перпендикулярно напластованию. Для устранения влияния открытого контура на работу режущего инструмента вначале прорезались щели шириной $b_{\text{щ}} = 30\text{--}40 \text{ мм}$ и глубиной $h_{\text{щ}} = 40\text{--}50 \text{ мм}$, а затем производились замеры. Между щелями оставлялись целики шириной $b_{\text{ц}} = 40\text{--}50 \text{ мм}$. При заглублении щели, соответствующей вылету резца,

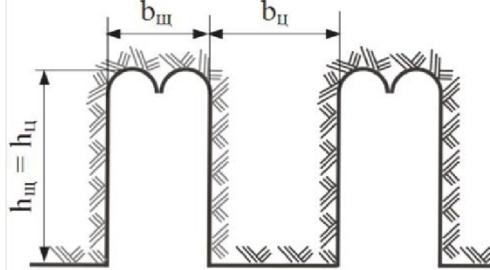


Рис. 1. Параметры щелевых резов на угольном блоке
Fig. 1. Parameters of slot-hole cuts on the coal block

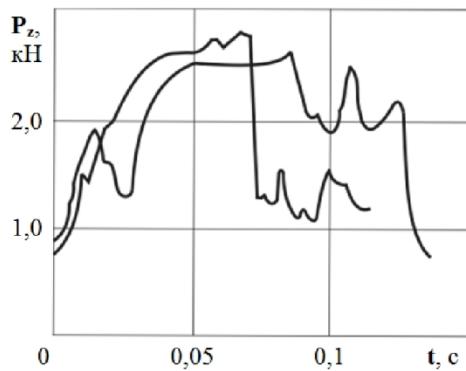


Рис. 3. Реальные импульсы усилий резания угля одиночным резцом на осциллографах
Fig. 3. Real impulses of coal cutting efforts by a single cutter on oscilloscopes

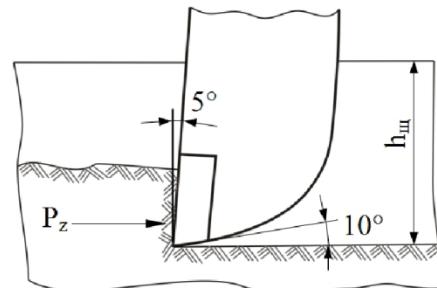


Рис. 2. Схема взаимодействия резца с угольным массивом
Fig. 2. Scheme of interaction of a cutter with the coal massif

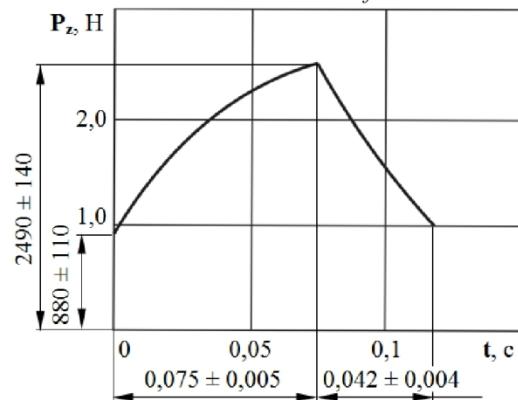


Рис. 4. Модель импульса усилия резания угля одиночным резцом
Fig. 4. Model of coal cutting effort impulse by a single cutter

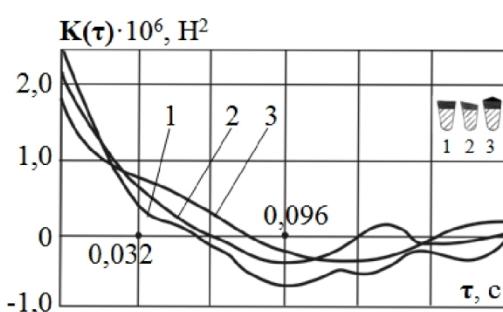


Рис. 5. Графики корреляционных функций усилий резания на одиночных резцах при прорезании щелей
Fig. 5. Graphs of correlation functions of cutting efforts on single cutters when cutting slots

производилось срезание всех целиков рудничной пилой с учетом того, чтобы высота целиков оставалась 40–50 мм. В процессе исследований глубина резания h варьировалась специальным винтовым механизмом в диапазоне 5–20 мм. Угол установки резца в щели регулировался поворотом головки тензодинамометра от 0° до 15°. С помощью трехкомпонентного тензодинамометра на осциллографах производилась запись усилий резания P_z , усилий подачи P_y и бокового усилия P_x . В качестве примера в статье рассматриваются закономерности формирования

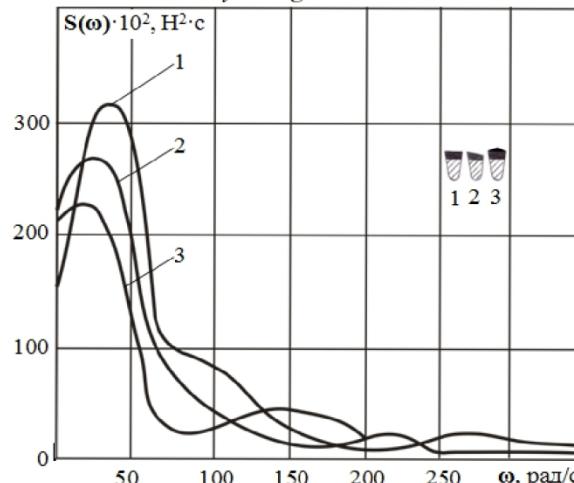


Рис. 6. Графики спектральных плотностей усилий резания на одиночных резцах при прорезании щелей
Fig. 6. Graphs of spectral density of cutting efforts on single cutters when cutting slots

усилий резания P_z , которые принято считать основными составляющими в процессе вращательного бурения скважин (рис. 2).

На рис. 3 приведены характерные импульсы усилий резания P_z в функции времени t , полученные в результате обработки осциллографов. Математическая обработка представительного объема данных, полученных в ходе экспериментов, позволила построить усредненный импульс усилия резания (рис. 4) и установить его временные интервалы. Как видно из рисунка, на начальном участке импульса от

0 до 0,075 с резец взаимодействует с массивом угля и усилие P_z возрастает. Во временном интервале $t = 0,042$ с резец не контактирует с массивом. Причиной этого является скальвание элемента массива впереди резца, что сопровождается быстрым уменьшением усилия резания. Импульс находится выше оси абсцисс, что можно объяснить действием сил трения (880 Н) на резец при его перемещении в щели.

Для установления закономерностей формирования усилий реза, частотных характеристик процесса прорезания щелей, на базе записанных осцилограмм был проведен корреляционный анализ нагрузки на одиночном резце (рис. 5, 6). Обработка осцилограмм усилий резания одиночным резцом показала, что корреляционные функции выражаются общей зависимостью вида:

$$K(\tau) = \sum_{i=1}^m D'_i e^{-\alpha i \tau} + \sum_{k=1}^p D_k^{III} \cos \beta_k^{III} \tau \quad (1)$$

Первое слагаемое в этом выражении – экспоненциально затухающая составляющая, а второе – периодически незатухающая составляющая.

На рис. 5, 6 позиции соответствуют следующим схемам резания: 1 – прорезание щели резцом с плоской передней гранью; 2 – прорезание щели резцом с клиновидной скошенной на 12° передней гранью; 3 – резание резцом с клиновидной передней гранью по открытой, выровненной поверхности.

Аналитическое выражение корреляционных функций принимает вид:

$$K_1(\tau) = (17700 \cdot e^{-82\tau} + 5900 \cdot \cos 8,5\pi\tau + 985 \cdot \cos 14\pi\tau) \cdot 10^2, \text{Н}^2 \quad (2)$$

$$K_2(\tau) = (6900 \cdot e^{-38\tau} + 1830 \cdot \cos 8,5\pi\tau + 1630 \cdot \cos 14\pi\tau) \cdot 10^2, \text{Н}^2 \quad (3)$$

$$K_3(\tau) = (11900 \cdot e^{-28\tau} + 4450 \cdot \cos 8,5\pi\tau + 420 \cdot \cos 4\pi\tau) \cdot 10^2, \text{Н}^2 \quad (4)$$

Аналитическое выражение спектральных плотностей принимает вид:

$$S_1(\omega) = \{92,5 \cdot 10^4 / (\omega^2 + 6720)\} \cdot 10^2, \text{Н}^2 \cdot \text{с} \quad (5)$$

$$S_2(\omega) = \{40,9 \cdot 10^4 / (\omega^2 + 1445)\} \cdot 10^2, \text{Н}^2 \cdot \text{с} \quad (6)$$

$$S_3(\omega) = \{21,2 \cdot 10^4 / (\omega^2 + 785)\} \cdot 10^2, \text{Н}^2 \cdot \text{с} \quad (7)$$

Сравнение корреляционных функций (2, 3, 4) усилий прорезания резцами щелей показало, что лучшие результаты получены для резцов с клиновидной, скошенной на 12° передней поверхностью. Суммарная дисперсия, характеризующая амплитуду нагрузки, снизилась на 8,3 %, а коэффициент α экспоненциально затухающей составляющей уменьшился в 2,16 раза. Это обстоятельство свидетельствует о более эффективном процессе резания угля. Вместе с этим значительно ослабляется влияние кинематических частот $f = 4,25$ Гц и 7 Гц. Кривые спектральных плотностей имеют характерные максимумы в области низких частот, что предопределяется небольшой величиной показателя затухания α . При небольшом значении α составляющая $D e^{-\alpha\tau}$ корреляционной функции убывает медленнее и процесс становится менее динамичным. Применение резцов с клиновидной скошенной передней гранью повышает интенсивность и снижает динамичность процесса резания угля в щели. Это выражается в

уменьшении параметров корреляционной функции, увеличении доли экспоненциально затухающей составляющей до 83 % и, как следствие, более плавном изменении случайной функции.

Результаты корреляционного анализа силовых и энергетических характеристик процесса прорезания двухлинейных щелей одиночными резцами в угольном блоке позволяют обосновать параметры расширителя прямого хода диаметром 500 мм и мощности привода вращения бурового станка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворников, Л.Т. Новые конструкции радиальных резцов, армированные сверхтвердым композиционным материалом, и технические средства для оценки их эффективности / Л.Т. Дворников, В.А. Корнеев, С.М. Никитенко, Крестовоздвиженский П.Д. // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении (ТЭК-2017): сборник тр. Междунар. научно-практ. конф. (18-21 апреля 2017 г.) – Кемерово: КузГТУ, 2017. – С. 145–152.
2. 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.
3. Krestovozdvizhensky P.D., Klishin V.I., Nikitenko S.M., Gerike P.B. Selecting shape of reinforcement insertions for tangential swivel cutters of mining machines. Journal of Mining Science. 2015. T. 51. № 2. pp. 323–329.
4. Режущая вставка тангенциального поворотного резца: пат. 2629507 РФ на изобретение: МПК Е 21C 35/18 (2006.01). / Дворников Л.Т., Крестовоздвиженский П.Д., Никитенко С.М., патентообладатель Федер. гос. бюджет. научное учреждение «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ УУХ СО РАН). – № 2016125441; заявл. 24.06.2016; опубл. 29.08.2017, Бюл. № 25.
5. Прокопенко, С.А. Перспективные конструкции резцов для повышения сортности добываемого шахтами угля / С.А. Прокопенко // Уголь. – 2017. – № 4. – С. 29–31.
6. Прокопенко, С.А. Разработка комбайновых резцов нового класса / С.А. Прокопенко, В.С. Лудзиш, И.А. Курзина // Горный журнал. – 2017. – № 2. – С. 75–78.
7. Прокопенко, С.А. Совершенствование режущего инструмента для повышения эффективности разрушения горных пород проходческими комбайнами / С.А. Прокопенко, В.С. Лудзиш, И.А. Курзина // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 1. – С. 152–159.
8. Нестеров, В.И. Сравнение износа режущего инструмента на контурных исполнительных органах геоходов / В.И. Нестеров, А.Н. Ермаков // Горное

оборудование и электромеханика. – 2015. – № 7. – С. 41–45.

9. Чупин, С.А. Исследование влияния термомеханической обработки материала державок поворотных резцов на его твердость / С.А. Чупин, В.И. Болобов, А.Б. Максимов // Горное оборудование и электромеханика. – 2016. – № 9. – С. 38–42.

10. Чупин, С.А. Совершенствование технологии изготовления тангенциальных поворотных резцов / С.А. Чупин, В.И. Болобов, В.С. Бочков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 3. – С. 262–271.

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

12. Герике, Б.Л. Новый показатель эффективности действия инструмента в разрушающей среде / Б.Л. Герике, В.И. Клишин, П.Б. Герике // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2016. – № 3. – С. 55–62.

13. Маметьев, Л.Е. Распределение напряжений между деталями узлов крепления дисковых инструментов при разрушении проходческих забоев / Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.М. Цехин, А.Ю. Борисов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2015. – № 6. – С. 93–100.

14. 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. V. 91. p. 012084.

15. Khoreshok A, Mametyev L, Borisov A, Vorobiev A. Stress-deformed state knots fastening of a disk tool on the crowns of roadheaders. Mining 2014. Taishan academic forum - project on mine disaster prevention and control. Chinese coal in the XXI century: Mining, green and safety. – Qingdao, China, October 17-20, 2014, Atlantis press, Amsterdam-Paris-Beijing, 2014. pp. 177-183.

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 Vesennaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

RESEARCH OF INTERACTION OF THE CUTTING TOOL WITH THE COAL MASSIF

Abstract: Researches on improvement of process of interaction of the cutting tool of mining machines executive bodies with the destroyed massif are relevant now.

The purpose of research was to justify geometrical parameters of the cutting tool, schemes of its installation on the advancing expander for drilling wells in coal seams in mines of Kuzbass.

The matching of the single cutting tool to the slot-hole scheme of the destroyed massif is made. This scheme provides decrease in the yield of small fractions of coal $\omega_{0,1}$ and $\omega_{1,6}$ that is very important from the point of view of reduction of dust content in the bottom hole zone of the deadlock well.

In the course of the bench researches (on the coal block), depth, width of slots, parameters of block, cutting depth, the angle of cutters installation, the form of their forward side were varied.

Based on the results of oscillograms processing, the forms of impulses of coal cutting efforts by cutters are determined. Regularities of formation of cutting efforts are defined. Analytical expressions of correlation functions and spectral density are received.

It is established that cutters with an asymmetric, wedge surface of the front face provide smaller by 8,3 % total dispersion and by 2,16 times coefficient of exponential fading component in comparison with the cutters having a flat surface of the lip side.

Keywords: coal block, cutter, cutting force, impulse, slot cutting.

Article info: received December 01, 2018
DOI: 10.26730/1816-4528-2018-6-34-39

REFERENCES

1. Dvornikov, L.T. Novye konstrukcii radial'nyh rezcov, armirovannye sverhtverdym kompozicionnym materialom, i tekhnicheskie sredstva dlya ocenki ih

effektivnosti / L.T. Dvornikov, V.A. Korneev, C.M. Nikitenko, Krestovozdvizhenskij P.D. // Innovacii v toplivno-energeticheskem komplekse i

mashinostroenii (TEHK-2017): sbornik tr. Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. (18-21 aprelya 2017 g.) – Kemerovo: KuzGTU, 2017. – pp. 145–152.

2. Klishin, V.I. Vidy i prichiny otkazov tangencial'nyh poverotnyh rezcov / V.I Klischin, B.L. Gerike, S.M. Nikitenko, P.D. Krestovozdvizhenskij // Gornyj zhurnal. – 2016. – № 7. – pp. 92–95.

3. Krestovozdvizhensky P.D., Klischin V.I., Nikitenko S.M., Gerike P.B. Selecting shape of reinforcement insertions for tangential swivel cutters of mining machines. Journal of Mining Science. 2015. T. 51. № 2. pp. 323-329.

4. Rezhushchaya vstavka tangencial'nogo poverotnogo rezca: pat. 2629507 RU na izobretenie: MPK E 21C 35/18 (2006.01). / Dvornikov L.T., Krestovozdvizhenskij P.D., Nikitenko S.M., patent-toobladatel' Feder. gos. byudzhet. nauchnoe uchrezhdenie «Federal'nyj issledovatel'skij centr uglya i uglekhimii Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk» (FIC UUH SO RAN). – № 2016125441; zayavl. 24.06.2016; opubl. 29.08.2017, Byul. № 25.

5. Prokopenko, S.A. Perspektivnye konstrukcii rezcov dlya povysheniya sortnosti dobyvaemogo shahitami uglya / S.A. Prokopenko // Ugol'. – 2017. – № 4. – pp. 29–31.

6. Prokopenko, S.A. Razrabotka kombajnovyh rezcov novogo klassa / S.A. Prokopenko, V.S. Ludzish, I.A. Kurzina // Gornyj zhurnal. – 2017. – № 2. – pp. 75–78.

7. Prokopenko, S.A. Sovershenstvovanie rezhushchego instrumenta dlya povysheniya effektivnosti razrusheniya gornyh porod prohodcheskimi kombajnami / S.A. Prokopenko, V.S. Ludzish, I.A. Kurzina // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh. – 2016. – № 1. – pp. 152–159.

8. Nesterov, V.I. Sravnenie iznosa rezhushchego instrumenta na zakonturnyh ispolnitel'nyh organah geohodov / V.I Nesterov, A.N. Ermakov // Gornoe oborudovanie i elektromehanika. – 2015. – № 7. – pp. 41–45.

9. Chupin, S.A. Issledovanie vliyaniya termomechanicheskoy obrabotki materiala derzhavok poverotnyh rezcov na ego tverdost' / S.A. Chupin, V.I. Bolobov, A.B. Maksimov // Gornoe oborudovanie i elektromehanika. – 2016. – № 9. – pp. 38–42.

10. Chupin, S.A. Sovershenstvovanie tekhnologii izgotovleniya tangencial'nyh poverotnyh rezcov / S.A. Chupin, V.I. Bolobov, V.S. Bochkov // Gornij informacionno-analiticheskij byulleten'. – 2017. – № 3. – pp. 262–271.

11. Klischin, V.I. Instrument i rabochie organy dlya vyemki prochnyh poleznyh iskopaemyh / V.I. Klischin, B.L. Gerike, P.B. Gerike // Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nyh resursov. – 2016. – № 3. – pp. 526–530.

12. Gerike, B.L. Novyy pokazatel' effektivnosti dejstviya instrumenta v razrushaemoj srede / B.L. Gerike, V.I. Klischin, P.B. Gerike // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh. – 2016. – № 3. – pp. 55–62.

13. Mamet'ev, L.E. Raspredelenie napryazhenij mezhdu detaljami uzlov krepleniya diskovyh instrumentov pri razrushenii prohodcheskih zaboev / L.E. Mamet'ev, A.A. Khreshok, A.M. Tsekhin, A.Yu. Borisov // Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznyh iskopaemyh. – 2015. – № 6. – pp. 93–100.

14. 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. V. 91. p. 012084.

15. Khoreshok A, Mametyev L, Borisov A, Vorobiev A. Stress-deformed state knots fastening of a disk tool on the crowns of roadheaders. Mining 2014. Taishan academic forum - project on mine disaster prevention and control. Chinese coal in the XXI century: Mining, green and safety. – Qingdao, China, October 17-20, 2014, Atlantis press, Amsterdam-Paris-Beijing, 2014. pp. 177-183.

Библиографическое описание статьи

Маметьев Л.Е., Хорешок А.А., Цехин А.М., Борисов А.Ю. Исследование взаимодействия режущего инструмента с угольным массивом // Горное оборудование и электромеханика — 2018. — № 6 (140). — С. 34-39.

Reference to article

Mametyev L.E., Khoreshok A.A., Tsekhin A.M., Borisov A.Yu. Research of interaction of the cutting tool with the coal massif. Mining Equipment and Electromechanics, 2018, no. 6 (140), pp. 34-39.