

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 ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С УГОЛЬНЫМ МАССИВОМ

Аннотация: Актуальными в настоящее время являются исследования по совершенствованию процесса взаимодействия режущего инструмента исполнительных органов горных машин с разрушаемым 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 целевой схеме разрушаемого 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 щеликов, глубина резания, угол установки резцов, форма их передней грани.

Определены по результатам обработки осциллограмм 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 углепородный 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 армировкой поверхности 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 пласта, 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 осуществлять разрушение инструментом с режущим диском.

Вопросы оценки и сравнения законтурных исполнительных органов для формирования каналов внешнего движителя и элементов противовращения геологов 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 °С, закалка в воде, отпуск при 230 °С) приводит к существенному повышению ее твердости (на 23%) и износостойкости (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

разрушаемой средой предложен новый показатель – коэффициент эффективности действия инструмента. Его введение позволяет не только оценивать качество воздействия инструмента на разрушаемый 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 двухопорных 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-асимметричная.

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 $b_{щ}$ 30–40 мм и глубиной $h_{щ}$ 40–50 мм, а затем производились замеры. Между щелями оставлялись целики шириной $b_{ц}$ 40–50 мм. При заглублении щели, соответствующей вылету резца,

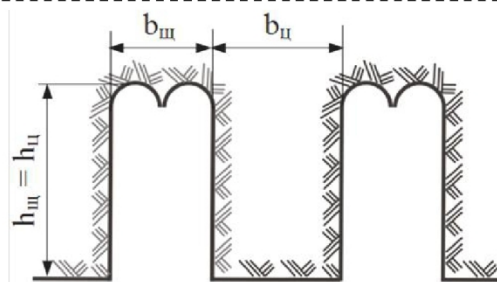


Рис. 1. Параметры щелевых резов на угольном блоке

Fig. 1. Parameters of slot-hole cuts on the coal block

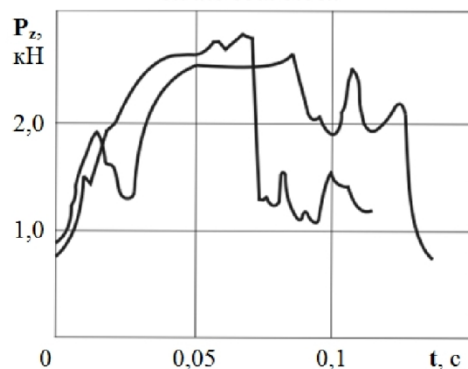


Рис. 3. Реальные импульсы усилий резания угля одиночным резцом на осциллограммах

Fig. 3. Real impulses of coal cutting efforts by a single cutter on oscillograms

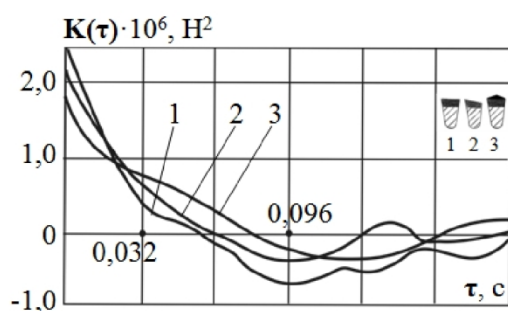


Рис. 5. Графики корреляционных функций усилий резания на одиночных резцах при прорезании щелей

Fig. 5. Graphs of correlation functions of cutting efforts on single cutters when cutting slots

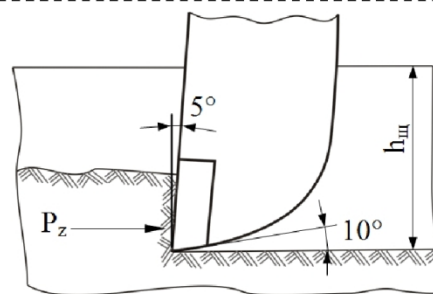


Рис. 2. Схема взаимодействия реза с угольным массивом

Fig. 2. Scheme of interaction of a cutter with the coal mass

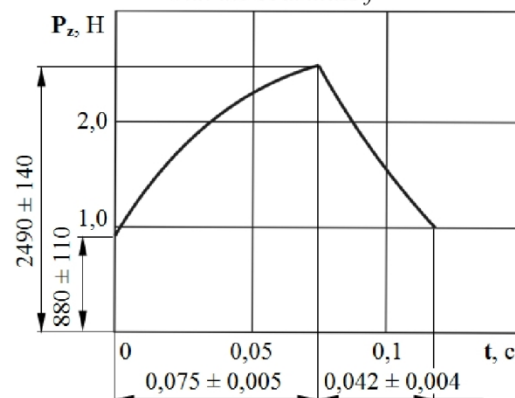


Рис. 4. Модель импульса усилия резания угля одиночным резцом

Fig. 4. Model of coal cutting effort impulse by a single cutter

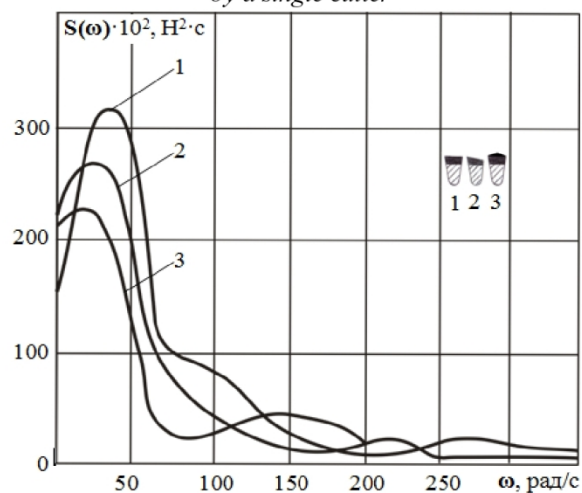


Рис. 6. Графики спектральных плотностей усилий резания на одиночных резцах при прорезании щелей

Fig. 6. Graphs of spectral density of cutting efforts on single cutters when cutting slots

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 реза в щели регулировался поворотом головки тензодинамометра от 0° до 15° . С помощью трехкомпонентного тензодинамометра на осциллограммах производилась запись усилий резания P_z , усилий подачи P_y и бокового усилия P_x . В качестве примера в статье рассматриваются закономерности формирования

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 осциллограмм. 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 скалывание 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 осциллограмм был проведен корреляционный анализ нагрузки на одиночном резце (рис. 5, 6). Обработка осциллограмм усилий резания одиночным резцом показала, что корреляционные функции выражаются общей зависимостью вида:

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

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:

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

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

$$K_3(\tau) = (11900 \cdot e^{-28\tau} + 4450 \cdot \cos 8,5\pi\tau + 420 \cdot \cos 42\pi\tau) \cdot 10^2, \text{ Н}^2 \quad (4)$$

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. Т. 51. No 2. pp. 323-329.
4. Режущая вставка тангенциального поворотного резца: пат. 2629507 РФ на изобретение: МПК Е 21С 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 законтурных исполнительных органах геологов / 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 // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2016. – № 3. – С. 526–530.

12. 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.

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, Vorobyev 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 Vesennyaya, 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 ω_{0-1} and ω_{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 sverhtverdyim kompozitsionnym materialom, i tekhnicheskie sredstva dlya ocenki ih

ehffektivnosti / L.T. Dvornikov, V.A. Korneev, C.M. Nikitenko, Krestovozdvizhenskij P.D. // Innovacii v toplivno-ehnergeticheskom 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 povorotnyh rezcov / V.I. Klishin, B.L. Gerike, S.M. Nikitenko, P.D. Krestovozdvizhenskij // Gornyj zhurnal. – 2016. – № 7. – pp. 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. No 2. pp. 323–329.

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

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

6. Prokopenko, S.A. Razrabotka kombajnovykh 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 ehffektivnosti razrusheniya gornyh porod prohodcheskimi kombajnami / S.A. Prokopenko, V.S. Ludzish, I.A. Kurzina // Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. – 2016. – № 1. – pp. 152–159.

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

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

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

11. 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. – pp. 526–530.

12. Gerike, B.L. Novyj pokazatel' ehffektivnosti dejstviya instrumenta v razrushaemoj srede / B.L. Gerike, V.I. Klishin, P.B. Gerike // Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. – 2016. – № 3. – pp. 55–62.

13. Mamet'ev, L.E. Raspredelenie napryazhenij mezhdru detalyami uzlov krepleniya diskovykh instrumentov pri razrushenii prohodcheskikh zaboev / L.E. Mamet'ev, A.A. Khreshok, A.M. Tsekhin, A.Yu. Borisov // Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh. – 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.