



УДК 622.232.83.054.52

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИСКОВОГО ИНСТРУМЕНТА НА РАБОЧИХ ОРГАНАХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Борисов А.Ю.

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»



Информация о статье

Поступила:

26 сентября 2021 г.

Рецензирование:

18 октября 2021 г.

Принята к печати:

28 октября 2021 г.

Ключевые слова:

шахта, выработка, проходческий комбайн, исполнительный орган, коронка, резец, дисковый инструмент, узел крепления, многогранная призма, порода, уголь, проходка, разрушение, дробление, погрузка, добыча, реверс, конечно-элементная модель, напряженно-деформированное состояние, усилие, крутящий момент

Аннотация.

Поскольку применение дискового породоразрушающего инструмента на исполнительном органе проходческого комбайна избирательного действия относится к малоизученному вопросу, то данное обстоятельство диктует условия по определенным исследованиям, учитывающие процесс разрушения, дробления и погрузки горной породы при реверсивном режиме работы рабочего органа. С учетом вышесказанного, исследования по разработке двухкорончатого стреловидного исполнительного органа проходческого комбайна с дисковым породоразрушающим инструментом представляют актуальную научную задачу.

Эксплуатация проходческих комбайнов избирательного действия с последующим разрушением горного массива может сопровождаться определенными недостатками: переизмельчение угля и выход мелких фракций с последующей высокой запыленностью воздуха в горной выработке; повышенная энергоемкость; значительный расход режущего инструмента в процессе разрушения крепких и абразивных включений. При эксплуатации резцов отмечается выход их из строя за счет деформации и поломки: режущей вставки и державки, что влияет на потерю резцов. Зачастую режущие инструменты вследствие износа выходят из строя.

В данной статье представлена информация, охватывающая развитие угледобычи в России и Кузбассе за последние десять лет; формирование парка проходческих комбайнов на шахтах Кузбасса; функциональные возможности конструкций исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия; результаты исследований по параметрам разрушения горных пород при использовании дискового инструмента; направление для дальнейших исследований, связанное с разработкой двухкорончатых стреловидных исполнительных органов проходческих комбайнов с дисковым инструментом.

Для цитирования: Хорешок А.А., Маметьев Л.Е., Цехин А.М., Борисов А.Ю. Актуальные вопросы использования дискового инструмента на рабочих органах проходческих комбайнов избирательного действия // Техника и технология горного дела. – 2021. – № 4 (15). – С. 40-63. – DOI: 10.26730/2618-7434-2021-4-40-63

Введение

Анализ статистики по развитию угледобычи в России и Кузбассе представлен в табл. 1-5. Так, в России с 2011 по 2019 годы отмечается наращивание общей добычи угля на 106 млн.т. с 336,7 до 442,7 млн т. (табл. 1). За этот же временной интервал в Кузбассе выросла общая добыча угля на 63,3 млн.т. со 192 до 255,3 млн т. (табл. 2). Лидером по производству угля в России



является АО «СУЭК», включающая АО «СУЭК-Кузбасс» (табл. 3). Также представлена информация по проведению подземных горных выработок в России (табл. 4) и уровню комбайновой проходки от общего объема проведенных выработок (табл. 5).

Таблица 1. Добыча угля в России (млн. т)

Table 1. Coal production in Russia (million tons)

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Общая добыча	336,7	354,6	352,1	358,2	374	386,9	411,2	441,9	442,7	401,6
Открытый способ	236	248,9	250,8	252,9	270,4	282,6	305,7	332,5	335,2	298,7
Подземный способ	100,7	105,7	101,3	105,3	103,6	104,3	105,5	109,4	107,5	102,9

Таблица 2. Добыча угля в Кузбассе (млн. т)

Table 2. Coal production in Kuzbass (million tons)

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Добыча	192	201,5	202,7	210,8	215,6	227,9	241,09	255,3	250,5	220,3

Таблица 3. Добыча угля АО «СУЭК-Кузбасс» (млн. т)

Table 3. Coal production of JSC SUEK-Kuzbass (million tons)

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
СУЭК	92,2	97,5	96,45	98,86	97,75	105,37	107,778	110,326	106,172	101,216
СУЭК-Кузбасс	28,65	31,06	32,61	33,09	30,05	37,71	38,22	37,84	31,38	31,58

Таблица 4. Проведение подземных горных выработок (км) в России

Table 4. Underground mining operations (km) in Russia

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Всего	479,5	458	395,5	359	344	376	403,1	441,8	459	409,4
Вскрыт. и подгот.	378,6	363	319,5	292	274	292,2	348,8	358,5	377	329,6

Таблица 5. Уровень комбайновой проходки (%)

Table 5. The level of combine penetration (%)

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Уровень	–	82	86	89	93	92	91	91	96,3	95,5

Для дальнейшего наращивания объема добычи угля подземным способом следует увеличивать темпы и эффективность проведения подготовительных горных выработок (табл. 4). Данное обстоятельство охватывает направления как по расширению области применения, так и повышению надежности в процессе эксплуатации проходческих комбайнов избирательного действия в забойных массивах. Таким образом, взаимосоответствие параметров по конструкции и режимам работы исполнительных органов проходческих комбайнов с учетом горно-геологических условий их эксплуатации является ключевым обстоятельством, влияющее на уровень проведения подземных горных выработок.

Кузнецкий угольный бассейн включает породы, представленные песчаником, алевролитом, аргиллитом, включая переслаивание песчаника и алевролита. Примерно 50% углевмещающих пород соответствуют песчаникам, 40% – алевролитам, 6% – переслаивание песчаника и алевролита, 4% – аргиллит, углистый аргиллит и другие разные виды пород. При этом прочность пород варьируется в широком диапазоне с учетом площади и глубины залегания. Так, для



песчаников предел прочности при одноосном сжатии 10–200 МПа, алевролитов 8–140 МПа, аргиллитов 6–70 МПа, каменного угля 8–24 МПа. К тому же породы непосредственной почвы в подавляющем большинстве рабочих пластов угля имеют на 20–30% больше предел прочности при сжатии, чем породы непосредственной кровли. Породам соответствует контактная прочность (P_k) 250–3800 МПа. Очень редко встречаются породы 3000–4500 МПа. В табл. 6 представлена информация по распределению горных пород бассейна с учетом контактной прочности.

Таблица 6. Распределение горных пород по контактной прочности
 Table 6. Distribution of rocks by contact strength

Породы	Класс породы по контактной прочности $P_k \cdot 10^{-1}$, МПа										Σ , %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	слабые		ниже средней крепости		средней крепости		крепкие		очень крепкие		
	<30	30-40	40-50	50-65	65-90	90-125	125-175	175-245	245-340	340-450	
Песчаники	–	1,5	4,6	4,4	12	16	27,4	30,2	3,5	0,4	100
Алевролиты	1,2	4,6	7,3	4,6	28	33,4	9	10,6	1,2	0,1	100
Переслаивания песчаников и алевролитов	0,9	2,9	6,1	4,3	16,6	30,2	17	19,5	2,4	0,2	100
Аргиллиты	18	27	31,1	19	4,9	–	–	–	–	–	100
Гравелиты и конгломераты	–	–	–	–	5	14	42	18	16	5	100
Всего	1.3	3.9	6.4	4.5	19.6	26	15.4	19.9	2.8	0.2	100

Одним из главных показателей, характеризующих эффективную работу проходческого комбайна, может являться расход резцов, что оказывает влияние на производительность и себестоимость проходки, так как для замены изношенных резцов следует останавливать комбайн, а это влияет на снижение коэффициента готовности комбайна.

При возрастании удельного расхода резцов, увеличивается вероятность эксплуатации рабочего органа с изношенным или отсутствующим инструментом, а это ведет к повышению динамической нагрузки с последующей аварийностью оборудования и удельной энергоемкости процесса разрушения, что характерно в процессе работы по крепким и абразивным породным включениям.

Например, одним из направлений по повышению производительности и расширению области эксплуатации проходческого комбайна с учетом пород выше средней крепости предлагается гидромеханический способ разрушения, который заключается в комбинации при воздействии на горный массив высокоскоростных струй воды и режущего инструмента.

Также следует отметить другое направление по разработке эффективного породоразрушающего инструмента, которым является дисковый инструмент, применяемый для установки на рабочем органе буровой, очистной и проходческой горной машины, что обеспечивает расширение области эксплуатации при механическом способе разрушения угольного пласта и присекаемой горной породы с диапазоном по пределу прочности на одноосное сжатие до 100 МПа и выше.

Поэтому базовая информация по свойствам и структурным особенностям забойного массива, включая условия эксплуатации, формирует исходный массив данных для расчета нагрузок на дисковом инструменте, а также рабочем органе с последующим выбором типа исполнительного органа проходческого комбайна избирательного действия.

Данные исследования подкреплены работой, выполненной в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации по проекту № 632 с рег. № 01201456209 на тему «Исследование параметров технологий и техники для



выбора и разработки инновационных технических решений по повышению эффективности эксплуатации выемочно-проходческих горных машин в Кузбассе».

При этом работа охватывала анализ и сравнение по параметрам при разрушении различных горных пород дисковым породоразрушающим инструментом, имеющий варианты консольного узла крепления по отношению к многогранной призме, закрепленной на корпусе двухкорончатого исполнительного органа с учетом реверсивного режима работы.

Данная работа содержит следующие задачи:

- Обоснование области применения и разработка технических решений по совершенствованию конструкции стреловидного исполнительного органа, включающей узлы крепления для дисковых инструментов.
- Разработка конечно-элементных моделей для дисковых породоразрушающих инструментов, включающие консольные узлы крепления к вариантам многогранных призм, закрепленных на корпусе двухкорончатого стреловидного исполнительного органа; определение усилий при разрушении горных пород.
- Исследование напряженно-деформированного состояния на дисковых инструментах, включая их консольные узлы крепления к вариантам многогранных призм, закрепленных на корпусе двухкорончатого стреловидного исполнительного органа при разрушении горных пород.
- Оценка суммарных усилий и крутящих моментов на каждом из рабочих органов двухкорончатого исполнительного органа при наличии дисковых инструментов в процессе реверсивной их работы.

Формирование парка проходческих комбайнов на шахтах Кузбасса

При эксплуатации проходческих комбайнов совмещаются следующие основные технологические операции в проходческом цикле: отделение от массива горной породы с последующей погрузкой в транспортирующие средства; пылегашение в призабойном пространстве; крепление выработанного пространства.

С учетом конструктивных признаков исполнительные органы проходческих комбайнов подразделяются на избирательные (стреловидные), непрерывного действия (качающиеся) и буровые (роторные и планетарные). Отличительным признаком этих групп является различие схем разрушения забоя.

Избирательный исполнительный орган обрабатывает одновременно часть забоя, что определяется за счет конструктивного размера рабочего органа (коронки). Стреловидные исполнительные органы выполняются в виде консольной подвижной рукояти с коронкой, оснащенной режущими, перемещающаяся относительно горизонтальной и вертикальной плоскости. При этом исполнительные органы могут включать рабочие органы по форме в виде коронок конических, барабанных и сферических.

За счет горно-подготовительных работ обеспечивается своевременная подготовка выемочных столбов в процессе раскройки шахтных полей.

Проходческие работы на шахтах Кузбасса проводятся благодаря использованию проходческих комбайнов избирательного действия с темпами по проведению выработок от 390 до 907 м/мес. Вместе с этим проходческий комбайн избирательного действия, включающий стреловидный исполнительный орган, уступает по скоростным показателям проведения горной выработки комбайну непрерывного действия, но, обладают способностью по адаптации к разрушению структурно-неоднородного забойного массива, а также к изменению форм, размера сечения выработок.

Необходимо отметить, что в период с 2007 по 2012 г.г. на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» эксплуатировались следующие отечественные и зарубежные комбайны: 1ГПКС, П110, КП21, СМ-130, DBT Bucyrus, MD-1100, Bolter Miner MB670, Sandvik MR340, Joy 12CM30, Joy 12CM18, Joy 12CM15. По истечению времени парк проходческих комбайнов значительно изменился. Например, за аналогичный период, число комбайнов 1ГПКС снизилось в 12,5 раз, а темпы проходки выработок данными комбайнами понизились с 357 м/мес до 160 м/мес.



Согласно динамике по изменению парка проходческих комбайнов определено, что с 2007 по 2012 годы количество проходческих комбайнов КП-21, произведенные АО «Копейский машзавод» выросло с 14,5% до 52%. При анализе парка проходческих комбайнов на предприятиях Кузбасса выявлено, что предприятия ориентированы на применение проходческого комбайна КП-21.

Например, в период с 2007 по 2012 годы бригадами АО «СУЭК-Кузбасс» проведены горно-подготовительные работы с 228 м/мес до 599 м/мес. На рис. 1 представлены темпы проходки бригадами АО «СУЭК-Кузбасс»: 1 – Фоминых В.Н. ш. Котинская; 2 – Виноградов А.В. ш. №7; 3 – Овдин И.И. ш. им. С.М. Кирова; 4 – Мукин Н.В. ш. Талдинская-Западная-1; 5 – Красуцкий М.И. ш. Талдинская-Западная-1; 6 – Авхимович А.М. ш. Красноярская.

Так, с октября 2011 по март 2012 г. проходчиками проведено 2322 м горных выработок, что стало рекордом СУЭК для проходческих комбайнов такого типа [1]. В апреле месяце 2012 года было пройдено 450 м проходческим комбайном КП-21 в условиях шахты Листвяжная ХК «СДС-Уголь» [2]. Кроме того, на АО «Копейский машзавод» в 2001 году был изготовлен и выпущен первичный образец проходческого комбайна избирательного действия КП21 среднего класса. Итого с 2001 по 2011 годы на АО «Копейский машзавод» выпущен 191 комбайн (рис. 2). В программе АО «Копейский машзавод» представлен выпуск мощных проходческих комбайнов: КП200, КП220К, КП330 (табл. 7) [3].

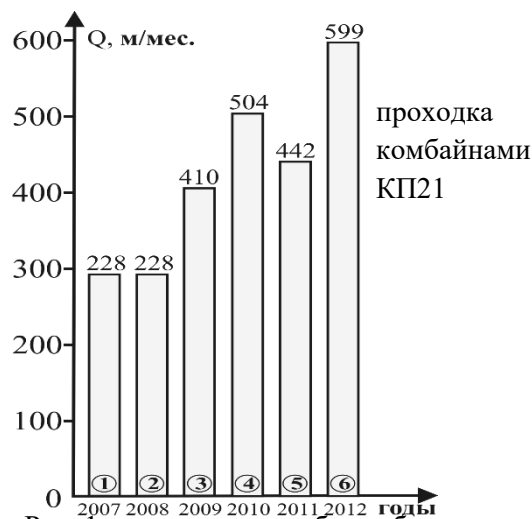


Рис. 1 – проходка выработок бригадами АО «СУЭК-Кузбасс»
Fig. 1 - sinking of workings by teams JSC "SUEK-Kuzbass"

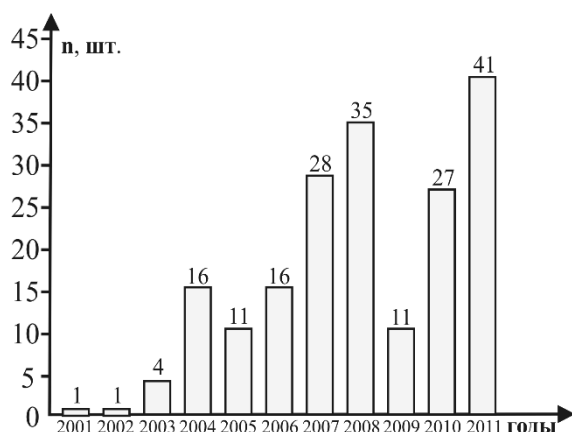


Рис. 2 – выпуск комбайнов КП21 АО «Копейский машзавод»
Fig. 2 - production of combines KP21 JSC "Kopeysky Mashzavod"

Таблица 7. Проходческие комбайны АО «Копейский машзавод»
Table 7. Tunneling combines of JSC "Kopeysky Mashzavod"

Комбайн	Угол наклона выработки, град	Сечение проводимых выработок с одной установки, м ²	Прочность разрушаемой породы $\sigma_{сж}$, МПа	Производительность по породе-углю, м ³ /мин	Масса, т
1ГПКС	от +20 до -25	7–17	70	0,1–1,42	26–28
КП21	± 12	10–28	100	0,3–2,0	46
КП200	± 12	14–39	120	0,32–1,8	75
КП220К	± 18	13–38	100	0,2–3,0	78,5
КП330	± 18	16–50	130	0,3–3,0	130



В итоге, благодаря анализу информации по формированию парка проходческих комбайнов избирательного действия и опыту их эксплуатации на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» видно, что одним из перспективных базовых вариантов отечественного исполнения комбайна стал проходческий комбайн избирательного действия КП21. При этом в ближайшее время темпы проходки могут составить от 600 до 800 м/мес, а это соответствует требованию по конкурентоспособности с зарубежными комбайнами [4].

Функциональные возможности конструкций исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия

Эффективная работа проходческих комбайнов, включая их производительность, во многом зависят, в том числе и от конструктивных особенностей исполнительного органа. Так как благодаря процессу, при котором исполнительный орган взаимодействует с разрушаемым горным массивом определяются удельные энергозатраты при разрушении, а также величина и характер внешних нагрузок, воздействующих на проходческий комбайн, что значительно сказывается на надежности и производительности проходческого комбайна.

К основным классификационным признакам для исполнительных органов можно отнести схему вождения с последующим разрушением забоя и конструктивную особенность рабочего органа [5]. При этом проходческий комбайн избирательного действия разрушает горный массив за счет сплошного фрезерования режущими инструментами, установленные на рабочем органе в виде коронки, установленной вдоль продольной или поперечной оси стрелы комбайна (рис. 3) [6, 7].

На предприятиях Кузбасса проектируются новые конструкции коронок для проходческих комбайнов избирательного действия. Так, на заводе ООО «Гидромаш-НК», г. Новокузнецк спроектированы коронки типа КЛГ 58.000 (рис. 3-г), а также КЛГ 72.000 (рис. 3-д), на корпусе которых устанавливаются резцедержатели с двумя тангенциальными поворотными резцами, это позволит обеспечить регулировку шага установки рабочих инструментов на коронках с учетом прочностных свойств разрушаемой горной породы. Данное обстоятельство определяет сразу две коронки: для работы по породе и углю [7].

При работе проходческого комбайна избирательного действия раскрывается характерная особенность, заключающаяся в том, что невозможно точно воспроизводить заданный профиль горной выработки, что влияет на переборы горной породы (до 20 % от площади проводимой горной выработки), а это характерно и при автоматизированной системе управления комбайном [8, 9].

При выборе схемы для отработки забоя следует учитывать некоторые факторы: крепость породы, а также наличие равнопрочных включений; угол наклона выработки; состояние бортов и пород кровли; водоприток в забое; прочие горно-геологические особенности.

Те варианты схем при отработке, которые уже опробованы в процессе эксплуатации проходческих комбайнов избирательного действия, можно поделить на два сегмента: обрабатывание сечения по контуру с последующим разрушением центральной части и разрушение последовательными заходами резцовой коронкой (горизонтально и вертикально, нисходящие и восходящие резы) [9, 10, 11].

Во время обработки поверхностей горной выработки при использовании исполнительного органа с радиальной коронкой обеспечивается относительно ровный профиль горной выработки, чем при использовании аксиальной коронки. Данным исполнительным органом с одной позиционной точки можно формировать удовлетворительный рельеф по боковым поверхностям горной выработки, когда коронка и центр поворота стрелы отвечают профилю горной выработки. При этом подбирается конусность коронки таким образом, чтобы обеспечить ровную поверхность почвы для выработки. К тому же могут возникать переборы в процессе обработки как кровли, так и боковых поверхностей выработки, так как по размерам и форме выработки могут быть разнообразными [11].

Обрабатывание забоя исполнительным органом с радиальной коронкой предпочтительнее горизонтальными полосами, так как обеспечивается равномерность подачи горной массы с учетом фронта погрузки, но в процессе разрушения крепких горных пород на радиальную коронку воздействует значимая внешняя нагрузка. К тому же базовая составляющая для главного

вектора внешней нагрузки имеет направление, которое противоположно направлению при подаче радиальной коронки, а поэтому следует принимать обработку забоя вертикальными полосами, как лучший вариант для обеспечения устойчивости комбайна.

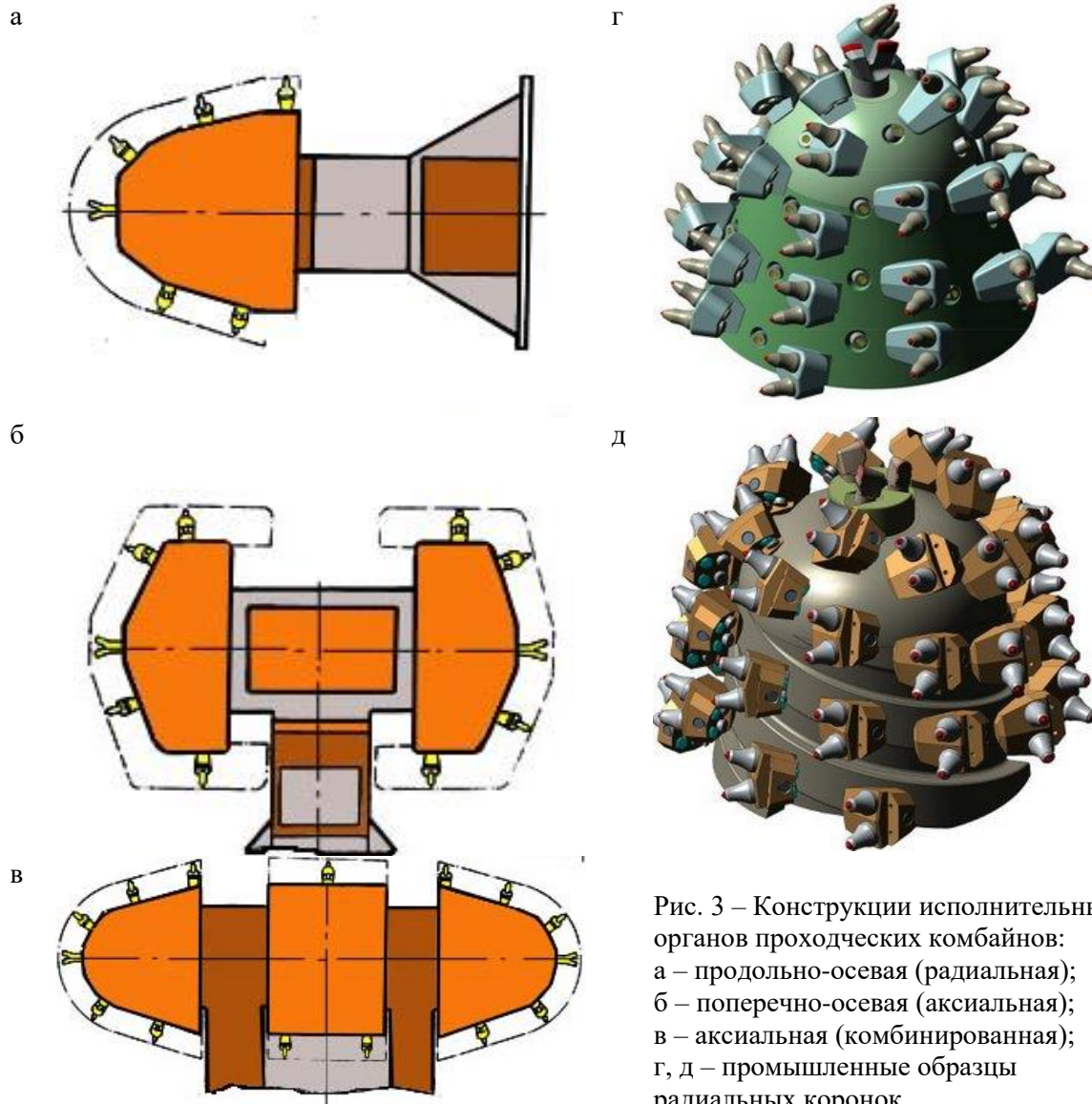


Рис. 3 – Конструкции исполнительных органов проходческих комбайнов:
а – продольно-осевая (радиальная);
б – поперечно-осевая (аксиальная);
в – аксиальная (комбинированная);
г, д – промышленные образцы
радиальных коронок

Fig. 3 - Designs of the executive bodies of tunneling combines:

- a – longitudinal-axial (radial);
- b - transverse-axial (axial); c
- axial (combined);
- d, d - industrial samples of radial crowns

В процессе работы комбайна с формированием горизонтальных и вертикальных полос обуславливаются следующие режимы работы радиальной коронки: попутное и встречное фрезерование. Для первого режима характерна нулевая толщина стружки при контакте резца с горным массивом. При втором режиме во время контакта резца с горным массивом формируется значительная толщина стружки, а это приводит к дополнительным динамическим нагрузкам. Поэтому работа по крепким породам при встречном фрезеровании усложняется и практически



невозможна, так как наблюдается высокая динамическая нагруженность проходческого комбайна.

При обработке забоя стреловидным исполнительным органом с аксиальной коронкой предусматриваются определенные действия по порядку. Первоначально осуществляется вруб в нижнюю часть выработки на глубину H , которая кратна вылету коронки по отношению к корпусу редуктора. Вруб обеспечивается за счет двух-трех переменных перемещений коронки вдоль оси стрелы с последующим боковым сдвигом между этими перемещениями. Далее при подаче стрелы в горизонтальной плоскости обеспечивается рассечение возле основания забоя на глубину H . Затем осуществляются перемещения коронок по направлению снизу вверх на диапазон 0,06–0,15 м, что зависит от конструктивной особенности рабочего органа, а также перемещение в горизонтальном направлении.

В процессе эксплуатации проходческого комбайна, включающего сферической формы аксиальные коронки, полный цикл при обработке забоя, имеющего арочную форму, содержит определенное число операций по порядку: зарубка фронтальная; зарубка вертикальная; рез боковой. Также возможен вариант по схеме с обработкой забоя полосами по вертикали.

С учетом конструктивной особенности исполнительного органа с аксиальной коронкой, качественные показатели при обработке забоя ухудшаются при сравнении работы исполнительного органа с радиальной коронкой, отмечается волнистый профиль при продольном сечении горной выработки.

К тому же исполнительный орган с аксиальной коронкой обеспечивает лучшую устойчивость проходческого комбайна, чем исполнительный орган с радиальной коронкой, а это связано с усилием при повороте. При этом данное усилие следует прикладывать к стреле для последующего ее перемещения, в первом варианте гораздо меньше, чем при втором варианте. Обосновано это тем, что в процессе горизонтальной подачи аксиальной коронки на усилие при повороте воздействуют силы при подаче на режущих инструментах, а не силы при резании, расположенные в плоскостях, которые перпендикулярны по направлению подачи.

Отмечены и недостатки исполнительного органа такого типа: снижение качества при обработке забоя, чем при эксплуатации исполнительного органа с радиальной коронкой, что может отрицательно сказаться на самой трудоемкости при креплении горной выработки, а также ее устойчивости; сложности при проведении водосточных канавок и выполнения селективной выемки полезного ископаемого.

В целом, данные два типа исполнительных органов имеют основные недостатки: низкие показатели по качеству поверхности, а также точности контура горной выработки, что, в свою очередь, может негативно сказаться на возможностях при механизации процесса крепления [11].

Снижение точности при воспроизводстве установленного контура горной выработки обуславливается незначительной устойчивостью в работе проходческого комбайна. При этом устойчивость проходческого комбайна имеет зависимость от множества факторов: величина и точка воздействия от вектора внешней нагрузки; продольная и поперечная базы проходческого комбайна; наличие специализированных распирающих устройств; масса проходческого комбайна и расположение его центра масс [10, 12].

Известно, что в пространстве вне зоны приемного стола погрузочного устройства проходческого комбайна практически образуются «мертвые» участки с формированием штабеля разрушенной горной массы на почве выработки (рис. 4) [3, 13]. Схема с образованием откосов, включающих продукты разрушения горной массы в прибортовых коридорах проходческого забоя для типичных проходческих комбайнов представлена на рис. 4-б (H_v и B_v – высота и ширина выработки).

Процесс дозагрузки разрушенной горной массы в данных зонах побуждает комбайн осуществлять работу с режимом по подобию челноковой погрузочной машины в коридорах каждой из прибортовых зон штабеля разрушенной горной массы (рис. 5). На рис. 4, 5 и в табл. 8 представлены особенности в работе типичных проходческих комбайнов с учетом параметров: ширина выработки (B_v , м) и ширина приемного стола питателя ($B_{п.с.}$, м).

Из анализа табл. 8 [3, 13-16] видно, что стол питателя по отношению ко всем типам эксплуатируемых проходческих комбайнов на практике не перекрывает ширины самого

призобойного пространства, тем самым остаются коридоры в прибортовых зонах ($B_B - B_{п.с.}$), имеющие нулевую погрузочную способность, что вызывает образование прибортовых откосов высотой $h_{отк}$ от 0,6 до 0,8 от диаметра коронки комбайна (рис. 4-б, 5) [17].

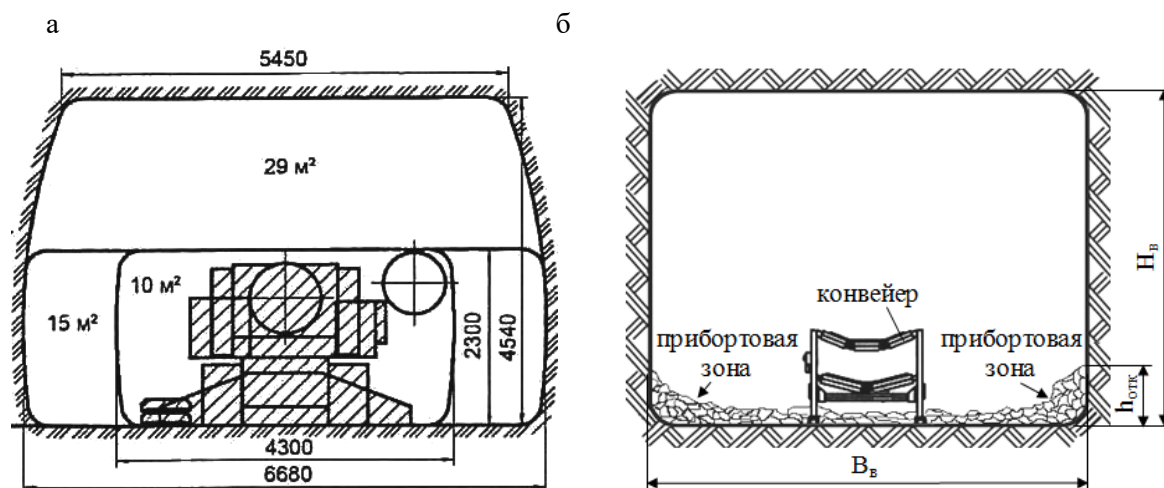


Рис. 4 – Формы поперечного сечения проводимых горных выработок комбайном КП-21: а – работа комбайна; б – расположение прибортовых зон

Fig. 4 - Cross-sectional shapes of the mining operations carried out by the KP-21 combine harvester: a - the operation of the combine; b - the location of the instrument zones

Действия по перемещению, а также маневровые операции в самих прибортовых пространствах проходческой горной выработки кроме потери времени приводят к деформациям и поломкам определенных элементов возведенной крепи.

Данные производителей говорят о том, что высота прибортовых откосов с непогруженными продуктами разрушения может быть $h_{отк} = 500-700$ мм (рис. 4, б).

Так как ленточный конвейер в конвейерном штреке сдвигается к непроходному борту на расстояние до 200–400 мм, то незачищенные прибортовые откосы смогут заштыбовать холостую ветвь конвейера. А в случае с наличием влажности, может возникнуть заилровка конвейерной ленты.

Тем самым в процессе прохождения горных выработок следует механизировать процессы по разрушению, дроблению негабаритов, а также погрузки разрушенного горного массива на транспортные средства. Что предъявляет высокие требования к породоразрушающему инструменту и узлам его крепления по износостойкости, к элементам погрузки и транспортировки продуктов разрушения в призобойной зоне, к обеспечиванию механизированного способа при дроблении негабарита, быстрой взаимозаменяемости основополагающих функциональных элементов проходческих комбайнов в процессе ремонта на месте их эксплуатации в рабочем пространстве [17, 18].

Результаты исследований по параметрам разрушения горных пород при использовании дискового инструмента

Отечественные и зарубежные исследования, а также опыт применения дисковых инструментов на исполнительных органах проходческих и очистных комбайнов показал, что он является перспективным и в некоторых случаях использования конкурентно способным режущему инструменту [17].

Так, в 1962 году были опубликованы результаты по теоретическим и экспериментальным исследованиям в области процесса разрушения горных пород дисковым инструментом, которые проведены в ИГД им. А.А. Скочинского [27]. Широко в данных исследованиях раскрыта информация по возможностям в использовании дискового инструмента для исполнительных органов проходческих комбайнов.



Научным исследованиям с дисковыми инструментами огромное внимание уделяли научно-исследовательские, учебные и проектно-конструкторские организации: ЦНИИПодземмаш, НИГРИ, Донгипроуглемаш, ДонУГИ, Украинский институт синтетических сверхтвердых материалов и инструмента, КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, ТулГУ, а также Ясиноватский машиностроительный завод, РММ и РММ предприятия НГМК и другие. В данных исследованиях было установлено влияния свойств горной породы при разрушении, геометрических параметров дисковых инструментов, схем и режимов разрушения, износ дисков, материал и других параметры на энергоемкость процесса при разрушении забоев очистными и проходческими комбайнами [23].

Таблица 8. Сопоставление ширины проходческой выработки B_b с шириной приемного стола питателя $B_{п.с.}$ проходческого комбайна

Table 8. Comparison of the width of the B_b tunneling with the width of the receiving table of the $B_{п.с.}$ feeder of the tunneling combine

Комбайны	Ширина приемного стола питателя $B_{п.с.}$, м	Ширина выработки B_b , м	Разница $B_b - B_{п.с.}$
СМ-130К [54]	3,0	5,005	2,005
«Копейский машиностроительный завод» [13, 14]			
1ГПКС	3,02	4,7	1,68
КП21	3,4	6,68	3,28
КП200	4,2	7,6	3,4
КП200Г	4,2	8,0	3,8
«Ясиноватский машиностроительный завод» [15]			
КСП-22	3,1	5,2	2,1
КСП-32(33)	3,67	6,8 (7,1 телескоп)	3,13 (3,43)
КСП-35	3,53	7,5	3,97
КСП-42	4,16	7,6	3,44
«Новокраматорский машиностроительный завод» [16]			
П110	2,1; 3,8	6,69	4,59; 2,89
П110-01 (П220)	2,4; 4,0	7,0	4,6; 3,0
П110-01М	2,4; 4,0	7,1	4,7; 3,1
П110-04	2,4; 4,0	6,8	4,4; 2,8
«REMAG S.A.»			
AMz-50	2,5; 3,0	4,8	2,3; 1,8
KR-150z	3,5 5,0	7,6	4,1; 2,6
R-130	2,0; 2,5; 3,0	5,1	3,1; 2,6; 2,1
R-200	3,555; 4,15	7,155	3,6; 3,005
«WIRTH Mining Solutions»			
Wirth T1.24	3,2	6,6; (7,2 телескоп)	3,4; (4,0)
Wirth T3.20	4,0	8,96	4,96
«Dosco Overseas Engineering Limited»			
TB 2500	5,0	8,0	3,0
TB 3000	4,5	8,9	4,4

В Кузбасском государственном техническом университете имени Т.Ф. Горбачева накоплен большой опыт по использованию дискового инструмента для разрушения углей и пород [17, 19-23, 25, 28-37].

Комбайны, оснащенные дисковым инструментом, могут разрушать уголь крупным сколом, обеспечивая увеличение скорости подачи комбайна, снижение пылеобразования и динамики в работе, удельной энергоемкости и расхода инструмента.

Значительный вклад в исследования, связанные с процессами по разрушению углей и горных пород при использовании дисковых инструментов, синтезом проходческих и добычных

комплексов, обоснованностью и разработкой конструктивных параметров исполнительных органов проходческих комбайнов внесли отечественные, а также зарубежные ученые: Л.И. Барон, А.И. Берон, Л.Б. Глатман, М.Г. Крапивин, Г.Ш. Хазанович, В.А. Бреннер, А.Б. Жабин, М.С. Сафохин, А.Н. Коршунов, В.И. Нестеров, А.Б. Логов, Б.Л. Герики, А.А. Хорешок, В.В. Аксенов, Л.Е. Маметьев, А.М. Цехин, В.В. Кузнецов, В.М. Лизункин, А.П. Безгубов, В.Г. Мерзляков, И.А. Леванковский, В.А. Ганжа, Д.А. Юнгмейстер, В.В. Габов, С.А. Лавренко, В. Maidl, L. Schmid, W. Ritz, M. Entacher, G. Winter, T. Bumberger, K. Decker, I. Godor, R. Galler, R. Gertsch, L. Gertsch, J. Rostami, J. Roby, T. Sandell, J. Kocab, L. Lindbergh, A.E. Samuel, L.P. Seow, Y. Zhang, X.W. Wang, H.F. Liu и другие.

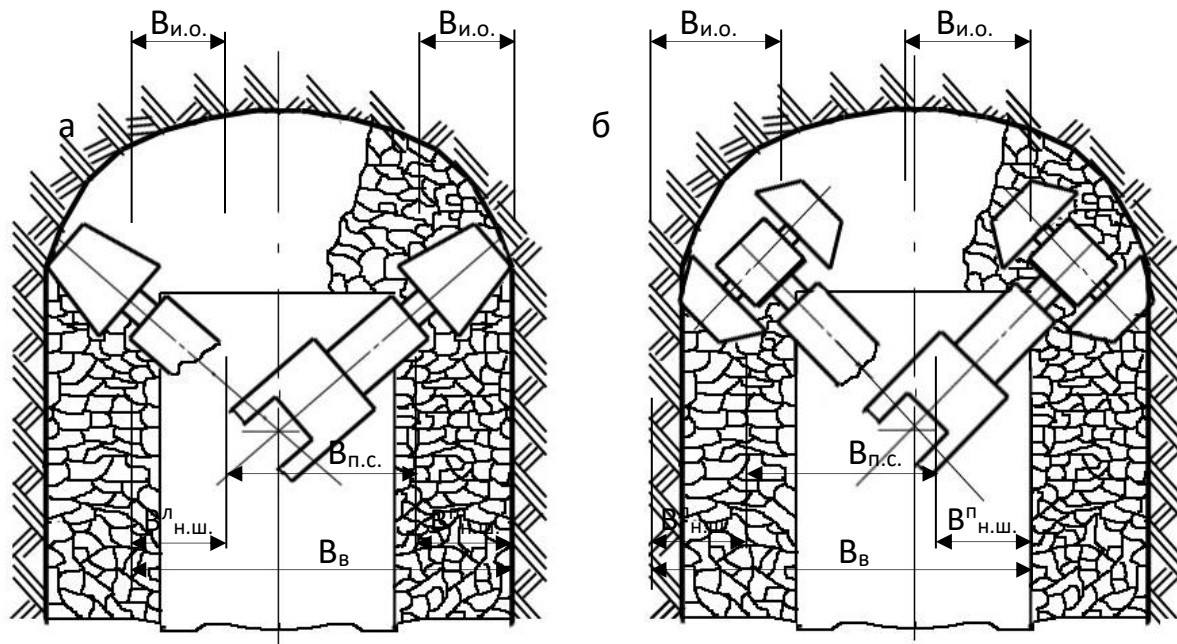


Рис. 5 – Формирование прибортовых полос из штабеля непогруженных продуктов разрушения исполнительными органами проходческих комбайнов: а – эксплуатация радиальных коронок; б – эксплуатация аксиальных коронок; $V_{и.о.}$ – прибортовая рабочая ширина исполнительного органа; $V_{л.н.ш.}$ – ширина непогруженного штабеля продуктов разрушения у левого борта; $V_{п.н.ш.}$ – ширина непогруженного штабеля продуктов разрушения у правого борта; $V_{в.}$ – ширина выработки; $V_{п.с.}$ – ширина приемного стола питателя погрузочного устройства

Fig. 5 - Formation of instrument strips from a stack of unloaded destruction products by the executive bodies of tunneling combines: а - operation of radial crowns; б - operation of axial crowns;

$V_{и.о.}$ - instrument working width of the executive body; $V_{л.н.ш.}$ - width of the unloaded stack of destruction products on the left side; $V_{п.н.ш.}$ - width of the unloaded stack of destruction products on the right side; $V_{в.}$ - width of the development; $V_{п.с.}$ - width of the receiving table of the feeder of the loading device

Основополагающее влияние на силовые показатели в процессе разрушения углей и горных пород дисковым инструментом могут оказывать следующие факторы: свойство разрушаемого материала, геометрические параметры дискового инструмента, параметры при разрушении, анизотропия разрушаемой среды и схема разрушения.

При этом одним из основных факторов, который определяет нагруженность на дисковом инструменте является его геометрия.



Такие особенности, как диаметр, угол заострения и радиус закругления режущей кромки диска, влияющие на усилия, которые возникают при разрушении горного массива, изучались следующими авторами [21-23, 28, 29, 31, 32, 35, 36, 38-45].

Утверждалось, что изменение угла заострения значительно повлияет на усилия при внедрении, распределение полей напряжения в горном массиве, а также прочность и износостойкость режущей кромки.

Например, предлагается [43] учесть влияние угла заострения γ дискового инструмента в пределах от 30° до 90° на величины усилий P_Y , P_Z при помощи соответствующих коэффициентов, которые определяются по формулам:

$$K_{\gamma z} = \frac{3,55 \gamma + 374}{525}; \quad (1)$$

$$K_{\gamma y} = \frac{19,1 \gamma + 16,5}{2519}. \quad (2)$$

При этом авторы установили, что с увеличением угла заострения больше 60° наблюдается более интенсивный рост усилий P_Y , P_Z .

Данные исследований ИГД им. Скопинского [38, 46, 47] говорят о том, что при изменении величин угла заострения γ в диапазоне от 40 до 50° не влияет практически на величину усилий.

На базе исследований ЦНИИПодземшахстроя при использовании полноразмерного стенда выявлено, что при использовании в работе дисковых шарошек с углом заострения $20-25^\circ$ наблюдалось выкрашивание режущей кромки диска и изгиб лезвия дисков, а при увеличении угла заострения до $40-45^\circ$ – этого не отмечено [48, 49].

Влияние угла заострения диска γ и глубины разрушения h_p на усилия P_Y и P_Z при разрушении андезита ($\sigma_{сж} = 780 \text{ кг/см}^2$ и $\sigma_{сж} = 1680 \text{ кг/см}^2$) и гранита ($\sigma_{сж} = 1380 \text{ кг/см}^2$) исследовалось японскими исследователями [50]. Эти исследования проводились с дисковой шарошкой диаметром 200 мм и углами заострения диска $\gamma = 60; 70; 80$ и 90° . Были получены зависимости усилий P_Y и P_Z от глубины разрушения h_p при различных углах заострения диска и крепости породы. На всех глубинах разрушения увеличение угла заострения приводит к росту усилий P_Y и P_Z . Такой характер изменений усилий P_Y и P_Z при увеличении угла заострения γ отмечен для всех пород, при этом интенсивность роста усилий несколько различна.

Исследование напряженно-деформированного состояния упругой полуплоскости с уступом при сосредоточенном воздействии под уступ, проведенное Бундаевым В.В. [47], показало, что толщина разрушаемого слоя и угол приложения сосредоточенной нагрузки оказывают существенное влияние на распределение полей напряжения в массиве. Важным фактором при формировании этих полей и разрушении уступа является угол заострения рабочей кромки инструмента.

Детальное исследование влияния радиуса закругления режущей кромки дисковой шарошки на силовые показатели процесса разрушения горных пород было проведено К.Ф. Деркачом, М.Г. Крапивиным [51]. Опыты проводились на трех блоках песчаника различной прочности ($P = 111; 145$ и 153 кг/мм^2) по выровненной поверхности без взаимного влияния проходов. Глубина разрушения составляла $0,004 \text{ м}$. Исследовались шарошки с радиусом закругления $\rho_d = 0,001; 0,0015; 0,0022; 0,0025; 0,003; 0,004 \text{ м}$. Исследования показали, что увеличение радиуса закругления в указанных пределах вызывает значительный рост усилий P_Y и P_Z . В диапазоне $\rho_d = 0,001-0,0035 \text{ м}$ рекомендуется учитывать влияние ρ_d на P_Y и P_Z соответствующими коэффициентами, величина которых определяется по следующим формулам [23]:

$$K_{\rho y} = \frac{682 \rho_d + 761}{1443}; \quad (3)$$

$$K_{\rho z} = \frac{118 \rho_d + 413}{531}. \quad (4)$$

По мнению С.Л. Загорского [26], изменение радиуса закругления в пределах $0,001-0,002 \text{ м}$ не будет существенно влиять на величину усилий P_Y и P_Z , а, следовательно, и на энергоёмкость процесса разрушения.



На основе анализа весьма значительного экспериментального материала авторы исследования [52] отмечают, что радиус закругления режущей кромки следует принимать минимально возможным. При этом отмечается, что радиус закругления влияет на величину усилий в большой степени, чем угол заострения дисковой шарошки. Учитывая необходимость обязательного применения термообработки, минимальный радиус закругления рекомендуется принимать в пределах 0,001–0,0015 м.

Влиянию диаметра D дискового инструмента от 0,15 до 0,32 м на усилия перекачивания P_z и подачи P_y посвящены исследования авторов [22, 23, 29, 38, 43].

При увеличении диаметра дискового инструмента уменьшается сила трения качения, происходит скалывание более крупных элементов и снижается удельная энергоемкость процесса разрушения [46]. Однако с увеличением диаметра инструмента усилия подачи и боковое возрастают, что объясняется увеличением площадок контакта разрушающего обода диска с массивом. По данным Безгубова А.П. [39] при увеличении диаметра $D_{ш}$ от 0,15 до 0,30 м усилие P_x увеличивается в среднем в 2,4 раза, усилие P_y увеличивается в среднем в 2,7 раза, причем максимальное увеличение усилия P_y происходит на участке изменения диаметра $D_{ш}$ от 0,15 до 0,20 м – усилие P_y увеличивается в 2 раза, затем увеличение P_y происходит значительно медленнее, – при изменении диаметра от 0,20 до 0,30 м усилие P_y увеличивается только в 1,23 раза.

Влияние диаметра дискового инструмента $D_{ш}$ на величину подачи P_y и перекачивания P_z экспериментально исследовались в ИГД им. А.А. Скочинского [26]. Использовались дисковые инструменты диаметром 0,068; 0,104; 0,150 и 0,199 м.

В работе К.Ф. Деркача [53] установлено, что при изменении диаметра инструмента в пределах 0,12–0,35 м и 0,20–0,30 м усилие P_y возрастает в 2,23 и 1,37 раза.

Исходя из условия повышения прочности опорного узла и износостойкости дискового инструмента, снижения скорости скольжения точек лезвия относительно породы, возможности увеличения шага разрушения и уменьшения количества дисков на исполнительном органе выемочного комбайна, то наиболее целесообразно использовать диски диаметром 0,27–0,31 м [22, 23].

Анализируя влияние основных факторов на силовые и энергетические показатели процесса разрушения горных пород дисковыми инструментами, а также сравнительные испытания указанного инструмента на отечественных и зарубежных проходческих комбайнах можно сделать вывод, что данный инструмент является в указанных условиях более эффективным по сравнению с резцовым инструментом. Так, энергоемкость процесса разрушения снижается в среднем на 30–35%, а при работе по крепким породам преимущества дисковых инструментов еще более заметны с точки зрения стойкости инструмента [23].

Основными параметрами разрушения являются шаг разрушения t и глубина разрушения h . Уменьшение числа дисковых инструментов на исполнительном органе может быть достигнуто путем увеличения шага разрушения t .

Возможность увеличения шага разрушения t ограничивается недопустимостью превышения предельных нагрузок, действующих на дисковый инструмент. Максимальное значение шага разрушения не должно превышать величины, соответствующей блокированному режиму разрушения, при котором резко возрастают усилия на инструменте. Кроме того, величина допустимых усилий зависит от сопротивляемости разрушению массива дисковым инструментом, а также от глубины разрушения h [22].

Важное значение имеет относительный шаг разрушения, выражаемый соотношением t/h . Авторами работы [38] замечено, что с ростом толщины стружки (по абсолютному значению шага разрушения) размеры зоны установившегося режима работы дискового инструмента увеличиваются.

Деркачом К.Ф., Бароном М.И., Глатманом Л.Б. было отмечено, что с увеличением шага разрушения $t > 0,032–0,04$ м работа дискового инструмента происходит в прерывисто-установившемся режиме, причем, если в зоне установившегося режима интенсивность прироста величин усилий P_y и P_z невелика, то в зоне прерывисто-установившегося режима вместе с ростом



сопротивляемости разрушению абсолютные различия величин усилий P_y и P_z по мере увеличения шага разрушения становятся все более и более значительными.

В то же время коэффициенты неравномерности усилий k_z и k_y от толщины стружки и шага разрушения практически не зависят, что объясняется, очевидно, периодическим распространением опережающих трещин перед работающим диском [22, 24, 53, 54].

Результаты исследований И.И. Лозовского [55] при разрушении углещементного блока с сопротивляемостью резанию 140–170 кН/м дисковым инструментом диаметром $D = 0,30$ м с углом резания $\gamma = 30^\circ$ при шаге разрушения $t = 0,05$ м представлены на рис. 6-а. Во время исследований регистрировались усилия P_y и P_z , а также определялась сортность продуктов разрушения. Зависимости усилий подачи P_y , перекатывания P_z от глубины резания h при различном соотношении t/h параметров разрушения изображены на рисунке 6-б, энергоёмкость процесса разрушения – на рисунке 6-в.

Эти исследования установили эффективность работы дисковых инструментов при разрушении угля даже по сравнению с резами струговых исполнительных органов.

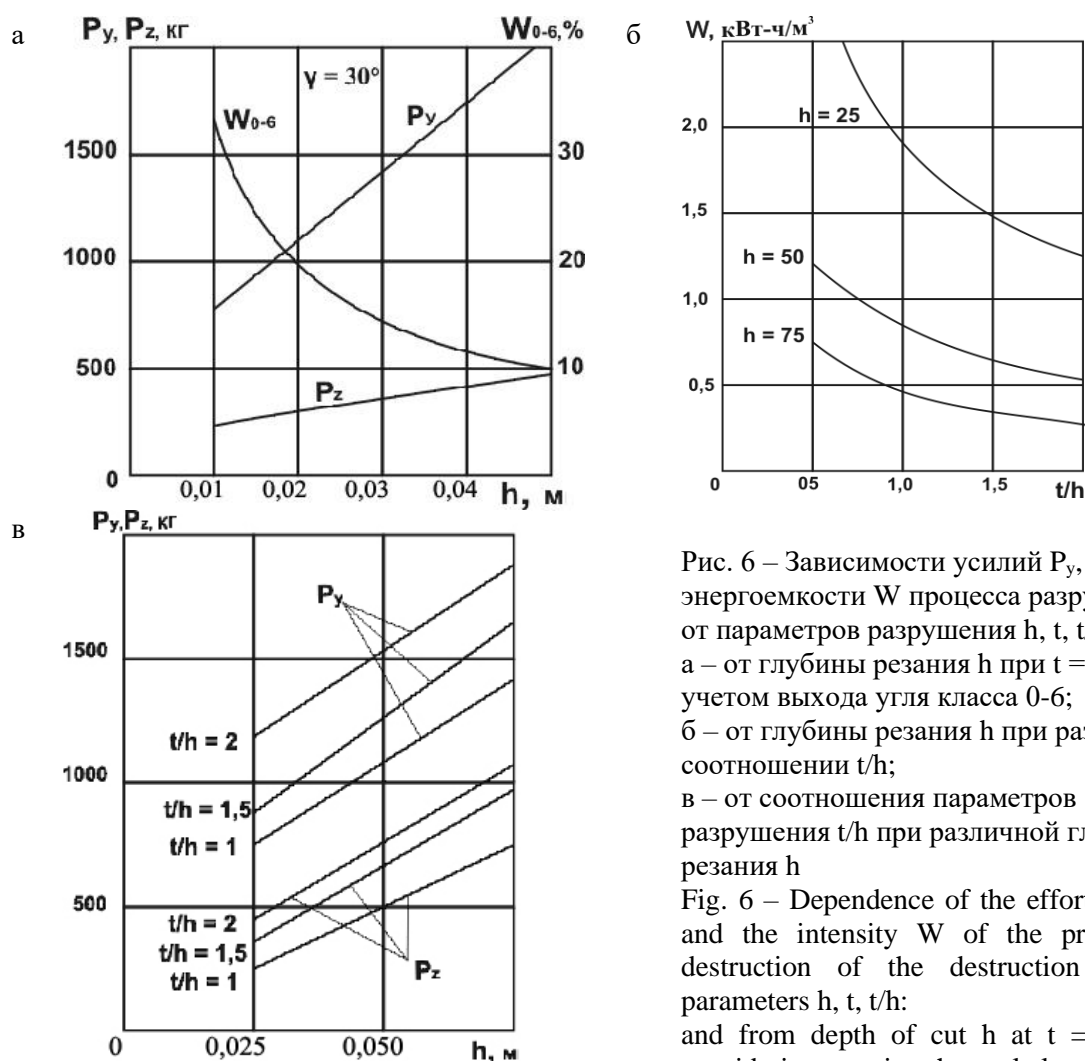


Рис. 6 – Зависимости усилий P_y , P_z и энергоёмкости W процесса разрушения от параметров разрушения h , t , t/h :
а – от глубины резания h при $t = 0,05$ м с учетом выхода угля класса 0-6;
б – от глубины резания h при различном соотношении t/h ;
в – от соотношения параметров разрушения t/h при различной глубине резания h

Fig. 6 – Dependence of the efforts P_y , P_z and the intensity W of the process of destruction of the parameters h , t , t/h :
and from depth of cut h at $t = 0.05$ m considering entering the coal class 0-6;
b – from the cutting depth h at different ratio t/h ;
from the ratio of the parameters of the destruction of the t/h at different depth of cut h



В работе А.С. Шанина [31] приведены зависимости усилий при разрушении блока с временным сопротивлением одноосному сжатию $\sigma_{сж} = 89,7$ МПа дисковым инструментом диаметром 0,20; 0,24; 0,28; 0,32 м и углом резания $\gamma = 30^\circ$, при шаге разрушения $t = 0,04\text{--}0,06$ м и глубине стружки $h = 0,02\text{--}0,04$ м:

$$P_Y = 0,808D + 16,5t + 24,5h; \quad (5)$$

$$P_Z = -0,85D + 20,05t + 25,71h \quad (6)$$

с коэффициентами вариации соответственно равными: 44,8–47,5% и 15,8–18,5%, что говорит о большом разбросе данных, полученных для усилия P_Z .

В работе Прейс Е.В. [34] представлены исследования по расчету нагрузок на дисковом инструменте и энергоёмкости процесса разрушения:

$$P_Z = R\theta t_p \sin \phi \cdot \sin(k\theta) \sigma_{сж}(\gamma) / 2,3, \text{ кН} \quad (7)$$

$$H_w = \frac{A(P_Z)}{V_{cp}} = 0,0272 \frac{P_Z \cdot Z}{V_{cp}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3 \quad (8)$$

Определено, что для угля чем больше соотношение t_p/h , тем меньше энергоёмкость и эффективнее процесс разрушения. Зависимости H_w от t_p/h для различных значений углов наклона плоскостей ослабления к поверхности разрушения $\gamma = 0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ показывают, что наименьшие затраты энергоёмкости наблюдаются для угла $\gamma \approx 60^\circ$. Этому же значению γ соответствует наилучшая сортность угля.

Таким образом, в процессе проектирования проходческих горных машин и их рабочего инструмента необходимо знание величины и характера нагрузок, возникающих на инструменте в процессе его работы. Эти нагрузки определяются при моделировании процесса разрушения дисковым инструментом пород и углей.

Исследование дисковых инструментов, как элемента, непосредственно участвующего во взаимодействии горной машины с разрушаемым массивом, до определенного времени были направлены, в основном, на определение работоспособности того или иного типа дискового инструмента. Изучению самого процесса взаимодействия уделялось мало внимания. При этом использование разными авторами различных критериев разрушения вносит некоторую неопределенность в полученные результаты и не позволяет однозначно использовать их при проектировании нового типа дискового скалывающего инструмента.

Так, например, И.И. Лозовский [55] для описания состояния разрушаемого массива использовал сопротивляемость резанию, Д.М. Дергунов [23] – осредненный коэффициент крепости, а А.С. Шанин [31] – предел прочности на сжатие, на изгиб и контактную прочность горных пород. Однако при приведении этих различных показателей к одному (например, к осредненному коэффициенту крепости) с помощью эмпирических зависимостей и сопоставление этих силовых показателей работы дискового инструмента при одинаковых режимных параметрах показывает, что различие в полученных данных составляет 37–62% [21]. Объясняется это тем, что вышеприведенные критерии не соответствуют механизму отделения стружки дисковым скалывающим инструментом.

Для описания взаимодействия дисковых инструментов с массивом пород или угля, необходимо разработать универсальный критерий, отвечающий механизму разрушения массива дисковым инструментом, основанный на описании разрушаемой среды реологическими моделями, разработанными в механике сплошных сред и механике хрупкого разрушения.

Представляют интерес результаты производственных исследований, в которых использованы дисковые инструменты на рабочих органах проходческих комбайнов избирательного действия для механического способа разрушения углей и крепких горных пород.

Общий вид, схемы набора и расстановки породоразрушающих инструментов на опытных образцах рабочих органов представлены на рисунках 7–11 со следующими элементами: 1 – коронка; 2 – дисковый инструмент; 3 – резец; 4 – забурник; 5 – зарубной диск; 6 – погрузочная лопасть.

Методика и условия проведения производственных испытаний реализованы при проведении выработок по рудным и угольным пластам с твердыми включениями и прослойками



с пределом прочности на сжатие $\sigma_{сж}$ до 87 МПа и $\sigma_{сж}$ до 112 МПа. Испытания проводились в два этапа. Первый этап включал в себя исследования комбайна, оборудованного серийным рабочим органом, второй – экспериментальным рабочим органом, оснащенным дисковыми инструментами. В процессе сравнительных исследований определялись силовые, энергетические показатели работы комбайна и удельный расход рабочего инструмента.

Основные элементы дискового инструмента имеют следующие геометрические параметры: диаметр $D = 0,16$ м, угол заострения $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 30 \div 35^\circ$.

Во время испытаний была выявлена трудоемкость прямого забуривания телескопом стрелы рабочего органа (рис. 7) из-за высоких осевых нагрузок.

Конструкция рабочего органа по рис. 8 показала более высокую работоспособность, особенно в режиме забуривания.

На рабочем органе с погрузочными лопастями (рис. 9-10) было отмечено налипание песчано-глинистых пород и резкое ухудшение погрузочной способности при работе в водонасыщенных пластах. Удовлетворительная энергоёмкость и расширенная область применения проходческих комбайнов по прочности горных пород были получены при эксплуатации коронок, изображенных на рис. 11.

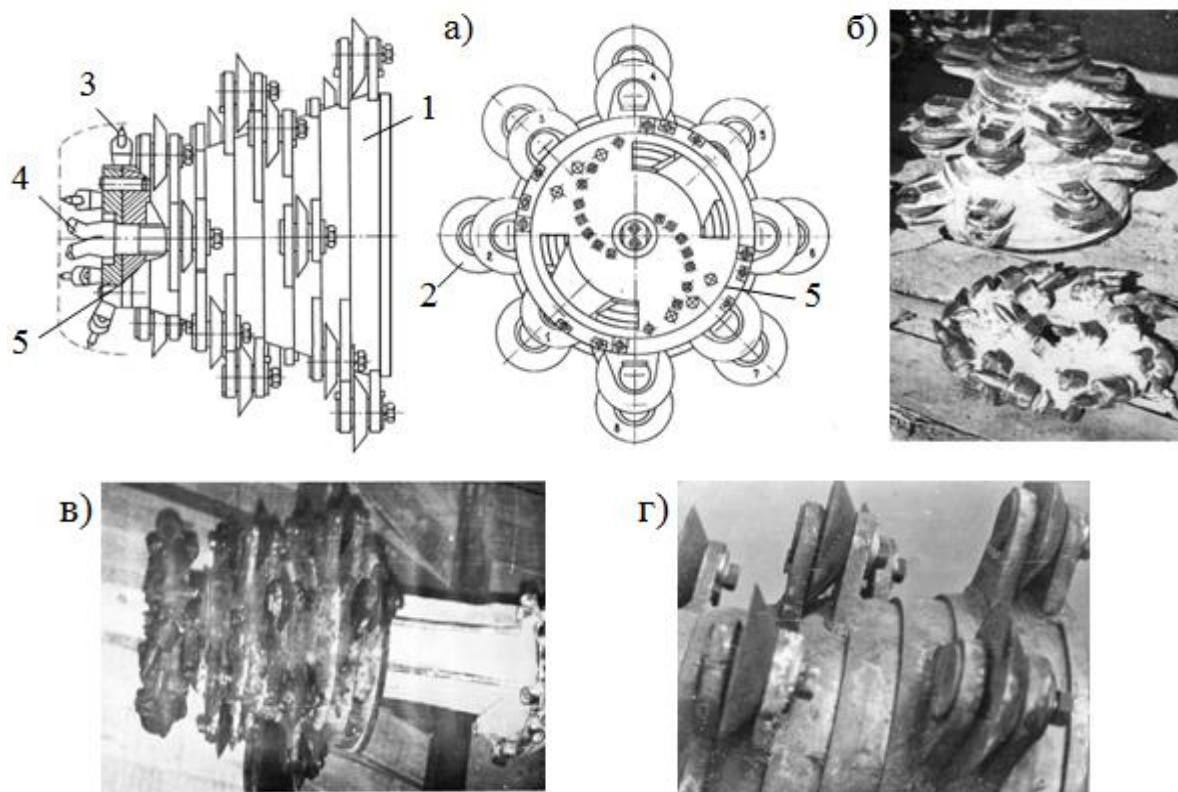


Рис. 7 – Рабочий орган 1-го типа
Fig. 7 - Working body of the 1st type

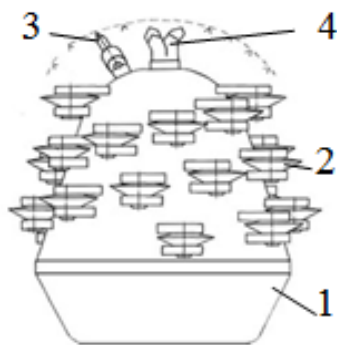


Рис. 8 – Рабочий орган 2-го типа
 Fig. 8 - Working body of the 2nd type



Рис. 9 – Рабочий орган 3-го типа
 Fig. 9 - Working body of the 3rd type

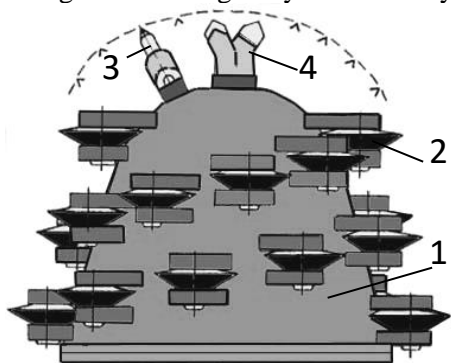


Рис. 10 – Рабочий орган 3-го типа
 Fig. 10 - Working organ of the 3rd type

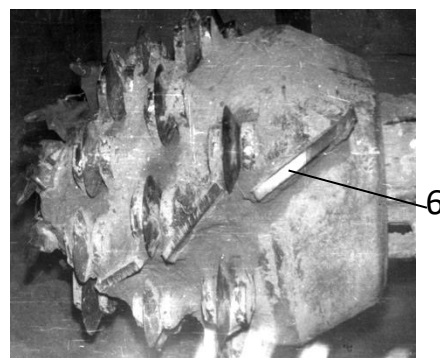


Рис. 11 – Рабочий орган 4-го типа
 Fig. 11 - Working organ of the 4th type

В целом обобщенный анализ известных исследований процесса разрушения горных пород и углей дисковыми инструментами показывает, что его влияние на режимы нагружения исполнительных органов различных горных машин носит неоднозначный характер, затрудняющий разработку универсальной модели напряженно-деформированного состояния отдельных узлов и деталей. Это ограничивает возможности применимости известных методик расчета и проектирования проходческих комбайнов избирательного действия с дисковым инструментом на исполнительных органах.

Кроме того, обобщенный анализ современного уровня развития горнопроходческой техники показывает, что в известных научных исследованиях и конструкторских разработках отсутствует информация о совмещении процессов разрушения, дробления негабаритов и погрузки разрушенной горной массы и реализации реверсивных режимов работы коронок на исполнительных органах проходческих комбайнов избирательного действия с дисковым инструментом.

Перспективным и важным направлением представляется разработка конструкции модульных блоков с узлами консольного крепления дискового инструмента на многогранных призмах корпусов рабочих органов проходческих комбайнов с целью снижения заштыбовки и повышения эффективности процесса монтажно-демонтажных операций при замене дисковых инструментов в призабойном пространстве.

Заключение

Из угледобывающих регионов России самым мощным поставщиком угля является Кузнецкий бассейн, в котором отмечается ежегодный рост добычи угля. Прочность горных пород Кузнецкого бассейна изменяется в очень широких пределах, как по площади, так и по глубине залегания. Предел прочности при одноосном сжатии песчаников составляет 10-200 МПа, алевролитов – 8-140 МПа, аргиллитов – 6-70 МПа, каменного угля – 8-24 МПа.



За последние пять лет уровень комбайновой проходки увеличился с 92 до 96,3% от общего объема проведенных выработок. При этом дальнейшее наращивание объемов добычи полезных ископаемых подземным способом повлечет за собой необходимость увеличения темпов и эффективности проведения подготовительных выработок, что потребует расширения области применения и повышения функциональных возможностей проходческих комбайнов при эксплуатации в структурно-неоднородных забойных массивах.

Установлено, что для комбайнов с исполнительными органами, оснащенными дисковым инструментом характерно разрушение угля крупным сколом, увеличение скорости подачи комбайна, снижение пылеобразования, динамичности работы, удельной энергоемкости и расхода инструмента.

Выявлено, что в известных научных исследованиях и конструкторских проработках отсутствует информация о конструктивных блоках с дисковыми инструментами для совмещения процессов разрушения, дробления и погрузки горных пород при реверсивных режимах работы коронок исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия. Поэтому данное обстоятельство позволило сформировать актуальную научную задачу для решения описанных вопросов, как направление для дальнейших исследований, связанных, в том числе, с разработкой двухкорончатых стреловидных исполнительных органов проходческих комбайнов с дисковым инструментом.

Список источников

1. АО «КМЗ» Новые рекорды КП21 / [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.kopemash.ru/company/awards/detail.php?ID=562>
2. АО «КМЗ» Новый рекорд по проходке установлен на КП21 / [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.kopemash.ru/company/news/553.html>
3. АО «Копейский машзавод» / [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.kopemash.ru/products/1/>
4. Ютяев, Е.П. Обеспечение безопасности при интенсивной разработке пластов на шахтах ОАО «СУЭК-Кузбасс» / Е.П. Ютяев // Горная промышленность. – 2015. – № 1. – С. 18–22.
5. Сафохин, М.С. Горные машины и оборудование / М.С. Сафохин, Б.А. Александров, В.И. Нестеров. – М.: Недра. – 1995. – 463 с.
6. Сатлыков, Р.З. Обоснование и выбор основных параметров привода исполнительного органа проходческих комбайнов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р.З. Сатлыков. – Кемерово, 1989. – 16 с.
7. ООО «Завод Гидромаш-НК» / [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://gidromash.ru>
8. Семенченко, А.К. Разработка структурно-компоновочной схемы проходческого комбайна нового технического уровня / А. К. Семенченко, О.Е. Шабаев, Д.А. Семенченко, Н.В. Хиценко // Горные машины и автоматика. – 2005. – № 1. – С. 31–32.
9. Семенченко, А.К. Перспективы развития проходческих комбайнов / А.К. Семенченко, О.Е. Шабаев, Д.А. Семенченко, Н.В. Хиценко // Горная техника: добыча, транспортировка и переработка полезных ископаемых: каталог-справочник, 2006. – СПб. : Славутич. – С. 8–15.
10. Шабаев, О.Е. Влияние структуры исполнительного органа проходческого комбайна на эффективность его работы / О.Е. Шабаев, Д.А. Семенченко, Н.В. Хиценко, В.А. Мизин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 11. – С. 145–148.
11. Семенченко, А.К. Перспективы создания проходческих комбайнов нового технического уровня / А.К. Семенченко, О.Е. Шабаев, Д.А. Семенченко, Н.В. Хиценко // Горная техника : добыча, транспортировка и переработка полезных ископаемых : каталог-справочник, 2005. – СПб. : Славутич. – С. 60–69.
12. Семенченко, Д.А. Обоснование параметров исполнительного органа проходческих комбайнов с аксиальными коронками: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.А. Семенченко. – Донецк, 2003. – 20 с.
13. Калашников, С.А. Основные направления совершенствования горно-проходческой техники / С.А. Калашников, О.А. Малкин, А.Н. Левченко // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – № 8. – С. 27–33.
14. Хорешок, А.А. Систематизация узлов проходческого комбайна СМ-130К по наработкам / А.А. Хорешок, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов, Ю.В. Дрозденко, Е.В. Прейс, В.Е. Рябов // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – № 3. – С. 11–14.



15. «Ясиноватский машиностроительный завод» / [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.jscymz.com>
16. «Новокураматорский машиностроительный завод» / [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.nkmz.com>
17. Нестеров, В.И. Исполнительный орган проходческого комбайна для совмещения процессов разрушения забоя с дроблением негабаритов и погрузкой горной массы / В.И. Нестеров, Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов // Вестник КузГТУ. – 2012. – № 3. – С. 112–117.
18. Отроков, А.В. Выбор параметров погрузочных органов проходческих комбайнов с нагребающими звездами // А.В. Отроков, Г.Ш. Хазанович, Н.Б. Афонина // Горное оборудование и электромеханика. – 2014. – № 7. – С. 12–16.
19. Герике, П.Б. Разрушение горных пород дисковым инструментом машин для послойного фрезерования: автореф. дис. ... канд. техн. наук / П.Б. Герике. – Кемерово, 2005. – 16с.
20. Ганжа, В.А. Обоснование конструкции и основных параметров дискового режущего инструмента для разрушения снежно-ледяных образований: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.А. Ганжа. – Красноярск, 2011. – 24с.
21. Герике, Б.Л. Исследование режимов работы исполнительных органов очистных комбайнов с дисковым скалывающим инструментом : автореф. дис. ...канд. техн. наук / Б.Л. Герике. – Кемерово, 1977. – 24с.
22. Соколова, Е.К. Установление нагруженности дискового скалывающего инструмента шнековых исполнительных органов выемочных машин: автореф. дис. ...канд. техн. наук / Е.К. Соколова. – Кемерово, 1984. – 16 с.
23. Дергунов, Д.М. Исследование процесса разрушения угля дисковыми шарошками применительно к исполнительным органам узкозахватных комбайнов: автореф. дис. ...канд. техн. наук / Д.М. Дергунов. – Кемерово, 1972. – 16 с.
24. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение агрегированными инструментами. Коллективная монография. Наука, 1977. – 160 с.
25. Барон, Л.И. Разрушение горных пород шарошечным инструментом /Л.И. Барон, Л.Б. Глатман, С.Л. Загорский [и др]. Наука, 1966. – 139 с.
26. Барон, Л.И. Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение шарошками / Л.И. Барон, Л.Б. Глатман, С.Л. Загорский. – Наука, 1969. – 152 с.
27. Барон, Л.И. Исследование процесса разрушения горных пород свободно вращающимися клиновыми дисками / Л.И. Барон, С.Л. Загорский, В.М. Логунцов. ИГД им. А.А. Скочинского, М., 1962.
28. Корчуганов Ф.В. Исследование и совершенствование конструкции исполнительных органов узкозахватных комбайнов с целью повышения : эффективности комбайновой выемки в условиях Кузбасса: автореф. дис. ...канд. техн. наук / Ф.В. Корчуганов. – Кемерово, 1974. – 24 с.
29. Нестеров, В.И. Экспериментально-теоретические основы повышения качества процесса взаимодействия рабочих органов очистных комбайнов с разрушаемым массивом: автореф. дис. ...докт. техн. наук / В.И. Нестеров. – Кемерово, 1989. – 42 с.
30. Хорешок, А.А. Разработка и создание рабочих органов выемочных машин для улучшения сортового состава добываемого угля: автореф. дис. ...д-ра техн. наук / А.А. Хорешок. – Кемерово, 1997. – 36 с.
31. Шанин, А.С. Изыскание средств и способов повышения эффективности комбайновой выемки угля из пластов с твердыми включениями в условиях производственного объединения «Юж Кузбассуголь»: автореф. дис. ...канд. техн. наук / А.С. Шанин. – Кемерово, 1975. – 30 с.
32. Полкунов, Ю.Г. Циклическое разрушение крепких пород инструментами горных машин, формирующими трещины нормального разрыва: автореф. дис. ... докт. техн. наук / Ю.Г. Полкунов. – Кемерово, 2000. – 30 с.
33. Вернер, В.Н. Исследование и обоснование рациональных параметров шнековых погрузочно-транспортирующих органов выемочных машин: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.Н. Вернер. – Кемерово, 1999. – 35 с.
34. Прейс, Е.В. Оценка гранулометрического состава угля при разрушении исполнительными органами очистных комбайнов с дисковыми шарошками: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е.В. Прейс. – Кемерово, 1994. – 18 с.
35. Раскин, А.Б. Создание исполнительного органа очистных комбайнов для отработки рудных жил: дис. ...канд. техн. наук / А.Б. Раскин. – Кемерово, 1989. – 207 с.
36. Коршунов, А.Н. К вопросу отработки угольных пластов с твердыми включениями / А.Н. Коршунов, В.И. Нестеров, А.С. Шанин, Б.Л. Герике. – Науч.тр. / КузПИ, вып. 63, Кемерово, 1974. – С. 60–67.



37. Коршунов, А.Н. Результаты исследований процесса разрушения углей дисковыми шарошками / А.Н. Коршунов, Д.М. Дергунов, А.Б. Логов, Б.Л. Герике // ФТПРПИ. – 1975. – № 5. – С. 118–120.
38. Барон, Л.И. О корреляции силовых показателей процесса разрушения горных пород групповыми дисковыми шарошками с характеристиками свойств разрушаемых пород / Л.И. Барон, Л.Б. Глатман, Ю.Н. Козлов // Разрушение горных пород проходческими комбайнами. Разрушение агрегированными инструментами. – М.: Наука, 1977. – С. 77–87.
39. Безгубов, А.П. Влияние диаметра шарошки на силовые показатели процесса разрушения горной породы при уступном забое / А.П. Безгубов. – Науч. тр. / ИГД им. А.А. Скочинского, 1980, вып. 189. – С. 32–34.
40. Безгубов, А.П. Установление рациональных параметров процесса разрушения горных пород дисковыми шарошками в уступном забое: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.П. Безгубов. – М., 1982. – 16 с.
41. Черемных, М.И. Исследование разрушения горных пород шарошечным инструментом на полноразмерном стенде / М.И. Черемных, В.И. Долгов, А.С. Комаров – В кн.: Разрушение горных пород механическими способами. – М.: Наука, 1966. – С. 110–116.
42. Загорский, С.Л. Разрушение горных пород дисковыми шарошками. – В кн.: Разрушение горных пород механическими способами / С.Л. Загорский. – М.: Наука, 1966. – С. 100–110.
43. Деркач, К.Ф. К расчетному определению усилий при разрушении горных пород дисковыми шарошками / К.Ф. Деркач, М.Г. Крапивин, В.Г. Михайлов // Уголь Украины. – 1969. – № 11. – С. 37–38.
44. Азерская, К.Ф. Исследование параметров режима разрушения горных пород тангенциальной дисковой шарошкой / К.Ф. Азерская. – Науч. тр. ИГД им. А. А. Скочинского, 1973, вып. 106. – С. 55–58.
45. Миткевич, Ю.Ф. Взаимодействие дисковых шарошек породопроходческого комбайна с плоским забоем / Ю.Ф. Миткевич, М.Г. Крапивин, К.Ф. Деркач, И.И. Мельников // Изв. Вузов. Горный журнал. – 1974. – №2. – С. 73–78.
46. Барон, Л.И. К выбору критерия оценки сопротивляемости горных пород разрушению шарошечным инструментом / Л.И. Барон, Л.Б. Глатман // Разрушение горных пород шарошечным инструментом. – М.: Наука, 1966. – С. 18–27.
47. Бундаев, В.В. Зависимость напряженно-деформированного состояния упругой полуплоскости с уступом от степени затупленности жесткого клина / В.В. Бундаев // ФТПРПИ. – 1981. – № 3. – С. 88–93.
48. Черемных, М.И. К вопросу создания проходческих комбайнов / М.И. Черемных, А.С. Комаров // Тр. Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института подземного и шахтного строительства. – 1967. – №5.
49. Храмов, В.П. Исследование исполнительных органов проходческих комбайнов на полноразмерных стендах / В.П. Храмов // Тр. Центрального научно-исследовательского и проектно-конструкторского института подземного и шахтного строительства. – 1968. – вып. 6.
50. Takaoaka S., Naumizu H., Misana S. Studies on the fracture of rock by rotary cutters. P.Z. Rock fracturing by disc cutter – «Nuxon kore kайси». J. of the mining and metallurg Justitute of Japan» 1968. – 84 p.
51. Деркач, К.Ф. Исследование работы дисковых шарошек проходческого комбайна для пород средней крепости / К.Ф. Деркач, М.Г. Крапивин // Шахтное строительство. – 1967. – № 12.
52. Крапивин, М.Г. Особенности работы и износа дисковых шарошек для проходческих комбайнов / М.Г. Крапивин, К.Ф. Деркач, Ю.Т. Коженцов // Тр. Новочеркасского политехнического института. – 1970. – № 218.
53. Деркач, К.Ф. Исследование работы дисковых шарошек для проходческих комбайнов: автореф. дис. ...канд. техн. наук / К.Ф. Деркач. – Новочеркасск, 1969. – 23 с.
54. R. Teat. The mechanical excavation of rock – experiments with rotter cutter. – Internat . J. of rock Mechanics and Mining Sci., 1963. – №1.
55. Лозовский, И.И. Исследование эффективности разрушения угля клинодисковым органом применительно к струговым установкам: дис. ...канд. техн. наук / И.И. Лозовский. – Донецк, 1969.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2021 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии CreativeCommons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Информация об авторах

Хорешок Алексей Алексеевич, докт. техн. наук, профессор
e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Маметьев Леонид Евгеньевич, докт. техн. наук, профессор
e-mail: mametyevle@kuzstu.ru

Цехин Александр Михайлович, канд. техн. наук, доцент
e-mail: tsekhinam@kuzstu.ru

Борисов Андрей Юрьевич, канд. техн. наук, доцент
e-mail: borisovau@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

CURRENT ISSUES OF DISK TOOLS USE ON THE WORKING BODIES OF SELECTIVE ACTION ROADHEADERS

**Alexey A. Khoreshok, Leonid E. Mametyev, Alexander M. Tsekhin,
Andrew Yu. Borisov**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University»



Article info

Received:
17 September 2021

Revised:
15 October 2021

Accepted:
23 October 2021

Keywords: placer deposits,
formations, natural resources,
minerals, precious metals,
sedimentation, placer formation

Abstract.

Since the use of disc rock destruction tool on the selective action cutting header's executive body is a little-studied issue, this circumstance dictates conditions for certain research considering the process of breaking, crushing and loading the rock in the reversible mode of operation of the working body. In view of the above, research on the development of a double-crown boom-operated cutting header with a disc rock-destroying tool is an urgent scientific task.

Operation of cutting headers with selective action and subsequent destruction of rock mass can be accompanied by certain disadvantages such as overgrinding of coal and leaving of small fractions followed by high air dustiness in the mine working, increased power consumption, significant consumption of cutting tools in the process of destruction of hard and abrasive rocks inclusions. At operation of cutters their failure at the expense of deformation and breakage: a cutting insert and a holder that influences on loss of cutters is marked. Often, cutting tools fail due to wear and tear.

This article presents information covering the development of coal mining in Russia and Kuzbass during the last ten years; formation of the park of roadheaders at Kuzbass mines; functional capabilities of the designs of selective action roadheaders executing bodies; research results on rock destruction parameters when using disc tools; direction for further research related to the development of double-crowned boom-operated executing bodies of disc-type roadheaders.

For citation Khoreshok A., Mametyev L., Tsekhin A., Borisov A. (2021) Current issues of disk tools use on the working bodies of selective action roadheaders, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 4(15):40. DOI: 10.26730/2618-7434-2021-4-40-63



References

1. АО «КМЗ» Novye rekordy KP21 / [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. dan. – Rezhim dostupa: <http://www.kopemash.ru/company/awards/detail.php?ID=562>
2. АО «КМЗ» Novyj rekord po prohodke ustanovlen na KP21 / [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. dan. – Rezhim dostupa: <http://www.kopemash.ru/company/news/553.html>
3. АО «Копежский машзавод» / [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. dan. – Rezhim dostupa: <http://www.kopemash.ru/products/1/>
4. Jutjaev, E.P. Obespechenie bezopasnosti pri intensivnoj razrabotke plastov na shahtah OAO «SUJeK-Kuzbass» / E.P. Jutjaev // Gornaja promyshlennost'. – 2015. – № 1. – S. 18–22.
5. Safihin, M.S. Gornye mashiny i oborudovanie / M.S. Safihin, B.A. Aleksandrov, V.I. Nesterov. – M.: Nedra. – 1995. – 463 s.
6. Satlykov, R.Z. Obosnovanie i vybor osnovnyh parametrov privoda ispolnitel'nogo organa prohodcheskih kombajnov: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / R.Z. Satlykov. – Kemerovo, 1989. – 16 s.
7. ООО «Завод Гидромаш-НК» / [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. dan. – Rezhim dostupa: <http://gidromash.ru>
8. Semenchenko, A.K. Razrabotka strukturno-komponovочноj shemy prohodcheskogo kombajna novogo tehničeskogo urovnja / A. K. Semenchenko, O.E. Shabaev, D.A. Semenchenko, N.V. Hicenko // Gornye mashiny i avtomatika. – 2005. – № 1. – S. 31–32.
9. Semenchenko, A.K. Perspektivy razvitiya prohodcheskih kombajnov / A.K. Semenchenko, O.E. Shabaev, D.A. Semenchenko, N.V. Hicenko // Gornaja tehnika: dobycha, transportirovka i pererabotka poleznyh iskopaemyh: katalog-spravochnik, 2006. – SPb. : Slavutich. – S. 8–15.
10. Shabaev, O.E. Vlijanie struktury ispolnitel'nogo organa prohodcheskogo kombajna na jeffektivnost' ego raboty / O.E. Shabaev, D.A. Semenchenko, N.V. Hicenko, V.A. Mizin // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. – 2003. – № 11. – S. 145–148.
11. Semenchenko, A.K. Perspektivy sozdaniya prohodcheskih kombajnov novogo tehničeskogo urovnja / A.K. Semenchenko, O.E. Shabaev, D.A. Semenchenko, N.V. Hicenko // Gornaja tehnika : dobycha, transportirovka i pererabotka poleznyh iskopaemyh : katalog-spravochnik, 2005. – SPb. : Slavutich. – S. 60–69.
12. Semenchenko, D.A. Obosnovanie parametrov ispolnitel'nogo organa prohodcheskih kombajnov s aksial'nymi koronkami: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / D.A. Semenchenko. – Doneck, 2003. – 20 s.
13. Kalashnikov, S.A. Osnovnye napravleniya sovershenstvovaniya gorno-prohodcheskoj tehniki / S.A. Kalashnikov, O.A. Malkin, A.N. Levchenko // Gornoe oborudovanie i jelectromehanika. – 2008. – № 8. – S. 27–33.
14. Khoreshok, A.A. Sistematizacija uzlov prohodcheskogo kombajna SM-130K po narabotkam / A.A. Khoreshok, V.V. Kuznecov, A.Ju. Borisov, Ju.V. Drozdenko, E.V. Prejs, V.E. Rjabov // Gornoe oborudovanie i jelectromehanika. – 2009. – № 3. – S. 11–14.
15. «Jasinovatskij mashinostroitel'nyj zavod» / [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. dan. – Rezhim dostupa: <http://www.jscymz.com>
16. «Novokramatorskij mashinostroitel'nyj zavod» / [Jelektronnyj resurs]. – Jelektron. dan. – Rezhim dostupa: <http://www.nkmz.com>
17. Nesterov, V.I. Ispolnitel'nyj organ prohodcheskogo kombajna dlja sovmeshhenija processov razrushenija zaboja s drobleniem negabaritov i pogruzkoj gornoj massy / V.I. Nesterov, L.E. Mamet'ev, A.A. Khoreshok, A.Ju. Borisov // Vestnik KuzGTU. – 2012. – № 3. – S. 112–117.
18. Otrokov, A.V. Vybor parametrov pogruzochnyh organov prohodcheskih kombajnov s nagrebajushhimi zvezdami // A.V. Otrokov, G.Sh. Hazanovich, N.B. Afonina // Gornoe oborudovanie i jelectromehanika. – 2014. – № 7. – S. 12–16.
19. Gerike, P.B. Razrushenie gornyh porod diskovym instrumentom mashin dlja poslojnogo frezerovaniya: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / P.B. Gerike. – Kemerovo, 2005. – 16s.
20. Ganzha, V.A. Obosnovanie konstrukcii i osnovnyh parametrov diskovogo rezhushhego instrumenta dlja razrushenija snezhno-ledjanyh obrazovaniy: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / V.A. Ganzha. – Krasnojarsk, 2011. – 24s.
21. Gerike, B.L. Issledovanie rezhimov raboty ispolnitel'nyh organov ochistnyh kombajnov s diskovym skalyvajushhim instrumentom : avtoref. dis. ...kand. tehn. nauk / B.L. Gerike. – Kemerovo, 1977. – 24s.
22. Sokolova, E.K. Ustanovlenie nagruzhennosti diskovogo skalyvaju-shhego instrumenta shnekovyh ispolnitel'nyh organov vyemochnyh mashin: avtoref. dis. ...kand. tehn. nauk / E.K. Sokolova. – Kemerovo, 1984. – 16 s.



23. Dergunov, D.M. Issledovanie processa razrusheniya uglja diskovymi sharoshkami primenitel'no k ispolnitel'nym organam uzakozhatnyh kombajnov: avtoref. dis. ...kand. tehn. nauk / D.M. Dergunov. – Kemerovo, 1972. – 16 s.
24. Razrushenie gornyh porod prohodcheskimi kombajnami. Razrushenie agregirovannymi instrumentami. Kollektivnaya monografiya. Nauka, 1977. – 160 c.
25. Baron, L.I. Razrushenie gornyh porod sharoshechnym instrumentom /L.I. Baron, L.B. Glatman, S.L. Zagorskij [i dr]. Nauka, 1966. – 139 s.
26. Baron, L.I. Razrushenie gornyh porod prohodcheskimi kombajnami. Razrushenie sharoshkami / L.I. Baron, L.B. Glatman, S.L. Zagorskij. – Nauka, 1969. – 152 s.
27. Baron, L.I. Issledovanie processa razrusheniya gornyh porod svobodno vrashhajushhimisja klinovymi diskami / L.I. Baron, S.L. Zagorskij, V.M. Loguncov. IGD im. A.A. Skochinskogo, M., 1962.
28. Korchuganov F.V. Issledovanie i sovershenstvovanie konstrukcii ispolnitel'nyh organov uzakozhatnyh kombajnov s cel'ju povysenija : jeffektivnosti kombajnovoj vyemki v uslovijah Kuzbassa: avtoref. dis. ...kand. tehn. nauk / F.V. Korchuganov. – Kemerovo, 1974. – 24 c.
29. Nesterov, V.I. Jeksperimental'no-teoreticheskie osnovy povysenija kachestva processa vzaimodejstvija rabochih organov ochistnyh kombajnov s razrushaemym massivom: avtoref. dis. ...dokt. tehn. nauk / V.I. Nesterov. – Kemerovo, 1989. – 42 s.
30. Khoreshok, A.A. Razrabotka i sozdanie rabochih organov vyemochnyh mashin dlja uluchsheniya sortovogo sostava dobyvaemogo uglja: avtoref. dis. ...d-ra tehn. nauk / A.A. Khoreshok. – Kemerovo, 1997. – 36 s.
31. Shanin, A.S. Izyskanie sredstv i sposobov povysenija jeffektivnosti kombajnovoj vyemki uglja iz plastov s tverdymi vkljuchenijsjami v uslovijah proizvodstvennogo ob#edinenija «Juzhkuzbassugol'»: avtoref. dis. ...kand. tehn. nauk / A.S. Shanin. – Kemerovo, 1975. – 30 s.
32. Polkunov, Ju.G. Ciklicheskoje razrushenie krepkih porod instrumentami gornyh mashin, formirujushhimi treshhiny normal'nogo razryva: avtoref. dis. ... dokt. tehn. nauk / Ju.G. Polkunov. – Kemerovo, 2000. – 30 s.
33. Verner, V.N. Issledovanie i obosnovanie racional'nyh parametrov shnekovyh pogruzochno-transportirujushhijh organov vyemochnyh mashin: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk / V.N. Verner. – Kemerovo, 1999. – 35 s.
34. Prejs, E.V. Ocenka granulometricheskogo sostava uglja pri razrushenii ispolnitel'nymi organami ochistnyh kombajnov s diskovymi sharoshkami: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / E.V. Prejs. – Kemerovo, 1994. – 18 s.
35. Raskin, A.B. Sozdanie ispolnitel'nogo organa ochistnyh kombajnov dlja otrabotki rudnyh zhil: dis. ...kand. tehn. nauk / A.B. Raskin. – Kemerovo, 1989. – 207 s.
36. Korshunov, A.N. K voprosu otrabotki ugol'nyh plastov s tverdymi vkljuchenijsjami / A.N. Korshunov, V.I. Nesterov, A.S. Shanin, B.L. Gerike. – Nauch.tr. / KuzPI, vyp. 63, Kemerovo, 1974. – S. 60–67.
37. Korshunov, A.N. Rezul'taty issledovanij processa razrusheniya uglej diskovymi sharoshkami / A.N. Korshunov, D.M. Dergunov, A.B. Logov, B.L. Gerike // FTPI. – 1975. – № 5. – S. 118–120.
38. Baron, L.I. O korrelyacii silovyh pokazatelej processa razrusheniya gornyh porod gruppovymi diskovymi sharoshkami s harakteristikami svojstv razrushaemyh porod / L.I. Baron, L.B. Glatman, Ju.N. Kozlov // Razrushenie gornyh porod prohodcheskimi kombajnami. Razrushenie agregirovannymi instrumentami. – M.: Nauka, 1977. – S. 77–87.
39. Bezgubov, A.P. Vlijanie diametra sharoshki na silovye pokazateli processa razrusheniya gornoj porody pri ustupnom zaboe / A.P. Bezgubov. – Nauch. tr. / IGD im. A.A. Skochinskogo, 1980, vyp.189. – S. 32–34.
40. Bezgubov, A.P. Ustanovlenie racional'nyh parametrov processa razrusheniya gornyh porod diskovymi sharoshkami v ustupnom zaboe: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / A.P. Bezgubov. – M., 1982. – 16 s.
41. Cheremnyh, M.I. Issledovanie razrusheniya gornyh porod sharoshechnym instrumentom na polnorazmernom stende / M.I. Cheremnyh, V.I. Dolgov, A.S. Komarov – V kn.: Razrushenie gornyh porod mehanicheskimi sposobami. – M.: Nauka, 1966. – S. 110–116.
42. Zagorskij, S.L. Razrushenie gornyh porod diskovymi sharoshkami. – V kn.: Razrushenie gornyh porod mehanicheskimi sposobami / S.L. Zagorskij. – M.: Nauka, 1966. – S. 100–110.
43. Derkach, K.F. K raschetnomu opredeleniju usilij pri razrushenii gornyh porod diskovymi sharoshkami / K.F. Derkach, M.G. Krapivin, V.G. Mihajlov // Ugol' Ukrainy. – 1969. – № 11. – S. 37–38.
44. Azerskaja, K.F. Issledovanie parametrov rezhima razrusheniya gornyh porod tangencial'noj diskovoj sharoshkoj / K.F. Azerskaja. – Nauch. tr IGD im. A. A. Skochinskogo, 1973, vyp. 106. – S. 55–58.
45. Mitkevich, Ju.F. Vzaimodejstvie diskovyh sharoshek porodoprohodcheskogo kombajna s ploskim zaboom / Ju.F. Mitkevich, M.G. Krapivin, K.F. Derkach, I.I. Mel'nikov // Izv. Vuzov. Gornyj zhurnal. – 1974. – №2. – C. 73–78.



46. Baron, L.I. K vyboru kriterija ocenki soprotivljaemosti gornyh porod razrusheniju sharoshechnym instrumentom / L.I. Baron, L.B. Glatman // Razrushenie gornyh porod sharoshechnym instrumentom. – M.: Nauka, 1966. – С. 18–27.
47. Bundaev, V.V. Zavisimost' naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija uprugoj poluploskosti s ustupom ot stepeni zatuplennosti zhestkogo klina / V.V. Bundaev // FTPRPI. – 1981. – № 3. – С. 88–93.
48. Cheremnyh, M.I. K voprosu sozdaniya prohodcheskih kombajnov / M.I. Cheremnyh, A.S. Komarov // Tr. Central'nogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktorskogo instituta podzemnogo i shahtnogo stroitel'stva. – 1967. – №5.
49. Hramov, V.P. Issledovanie ispolnitel'nyh organov prohodcheskih kombajnov na polnorazmernyh standah / V.P. Hramov // Tr. Central'nogo nauchno-issledovatel'skogo i proektno-konstruktorskogo instituta podzemnogo i shahtnogo stroitel'stva. – 1968. – vyp.6.
50. Takaoka S., Haumizu H., Misana S. Studies on the fracture of rock by rotary cutters. P.Z. Rock fracturing by disc cutter – «Huxon kore kajci». J. of the mining and metallurg Justitute of Japan» 1968. – 84 p.
51. Derkach, K.F. Issledovanie raboty diskovyh sharoshek prohodcheskogo kombajna dlja porod srednej kreposti / K.F. Derkach, M.G. Krapivin // Shahtnoe stroitel'stvo. – 1967. – № 12.
52. Krapivin, M.G. Osobennosti raboty i iznosa diskovyh sharoshek dlja prohodcheskih kombajnov / M.G. Krapivin, K.F. Derkach, Ju.T. Kozhencov // Tr. Novocherkasskogo politehnicheskogo instituta. – 1970. – № 218.
53. Derkach, K.F. Issledovanie raboty diskovyh sharoshek dlja prohodcheskih kombajnov: avtoref. dis. ...kand. tehn. nauk / K.F. Derkach. – Novocherkassk, 1969. – 23 s.
54. R. Teat. The mechanical excavation of rock – experiments with rotter cutter. – Internat . J. of rock Mechanics and Mining Sci., 1963. – №1.
55. Lozovskij, I.I. Issledovanie jeffektivnosti razrushenija uglja klinodiskovym organom primenitel'no k strugovym ustanovkam: dis. ...kand. tehn. nauk / I.I. Lozovskij. – Doneck, 1969.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2021 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Alexey A. Khoreshok, Dr.Sc. (Tech.), Professor
e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Leonid E. Mametyev, Dr.Sc. (Tech.), Professor
e-mail: mametyevle@kuzstu.ru

Alexander M. Tsekhin, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
e-mail: tsekhinam@kuzstu.ru

Andrew Yu. Borisov, Ph.D. (Tech.), Associate Professor
e-mail: borisovau@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
Russian Federation, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Kemerovo, 28 Vesennyya st.