

**А.А. Хорешок**, д-р техн. наук, проф., **А.М. Цехин**, канд. техн. наук, доц., **В.В. Кузнецов**, канд. техн. наук, доц., **А.Ю. Борисов**, ст. преп., КузГТУ, г. Кемерово, **П.Д. Крестовоздвиженский**, менеджер, ООО "Джой Пиэндэйч Майнинг Эквипмент", г. Новокузнецк

E-mail: haa.omt@kuzstu.ru, bau.aso@rambler.ru, krepash@yandex.ru

## Опыт эксплуатации рабочего инструмента исполнительных органов горных машин на шахтах Кузбасса<sup>НГ</sup>

*Представлены результаты испытаний исполнительных органов горных машин, оснащенных тангенциальными поворотными резцами и дисковыми инструментами, на шахтах Кузбасса.*

**Ключевые слова:** очистной комбайн, проходческий комбайн, бурильная машина, исполнительный орган, расширитель, тангенциальный поворотный резец, дисковый инструмент.

**A.A. Khoreshok, A.M. Tsekhin, V.V. Kuznetsov, A.Yu. Borisov, P.D. Krestovozdvizhenskiy**

## Field Experience of the Working Tools on Effectors of Mining Machines on Mines of Kuzbass

*The results of tests of effectors of mining machines equipped with tangential rotary cutters and cutter disks on mines of Kuzbass are submitted.*

**Keywords:** shearer, road heading machine, drilling machine, effector, expander tool, tangential rotary cutter, cutter disk.

Одним из мировых лидеров по добыче и экспорту угля является Россия. В ее недрах сосредоточена треть мировых ресурсов угля (173 млрд т) и пятая часть разведанных запасов. Запасы энергетических углей составляют около 80 %. Промышленные запасы действующих предприятий – 19 млрд т, в том числе коксующихся углей – 4 млрд т. В угольной промышленности России действуют 213 угледобывающих предприятия (94 шахты и 119 разрезов). Добыча угля в России в 2006–2009 гг. составила 300,6...328,9 млн т (из них подземным способом 104,9...109,6 млн т) [1].

Кузбасский угольный бассейн является основным угледобывающим регионом РФ, при его разработке используется большой парк очистных и проходческих комбайнов, бурильных установок для бурения скважин большого диаметра.

Анализ характеристик более 130 отечественных и импортных очистных комбайнов, более 30 фирм и заводов горного машиностроения, используемых на мощных и средней мощности угольных пластах, показал [2], что с изменением диаметра шнека с 1,3 до 3,9 м конструкторы вынуждены увеличивать потребляемую мощность

приводов вращения шнеков очистного комбайна, а именно с 2×90 до 2×1250 кВт (рис. 1).

Зарубежные и отечественные очистные комбайны оснащаются шнеками диаметром 0,56; 0,7; 0,75; 0,8; 0,9; 0,95; 1,0; 1,1; 1,12; 1,25; 1,35; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,25; 2,3; 2,36; 2,4; 2,44; 2,5; 2,75; 2,8; 3,0; 3,2; 3,4; 3,6 и 3,9 м с шириной захвата 0,5; 0,6; 0,63; 0,65; 0,686; 0,7; 0,75; 0,762; 0,8; 0,85; 0,865; 0,9; 0,95; 0,955; 0,98; 1,0; 1,02; 1,05; 1,1; 1,22 м.

Ниже представлены очистные комбайны, которые можно выделить в отдельную группу "тяжеловесов" как самых больших и наиболее мощных, запущенных в эксплуатацию.

Комбайн фирмы "Айкхофф Бергбаутехник ГмбХ" ([www.eickhoffcorp.com](http://www.eickhoffcorp.com)) SL-1000 эксплуатируется на китайских шахтах на пластах мощностью до 6,2 м; с напряжением питания 3,3 кВ (50 Гц) и мощностью двигателей 2×1080 кВт, которые вращают шнеки диаметром 2,2...3,4 м (рис. 2, а) [3].

Компания "Joy Mining Machinery" ([www.joy.com](http://www.joy.com)) разработала и изготовила очистные комбайны моделей 7LS7 (см. рис. 2, б) [4] и 7LS8 с шириной захвата 0,955; 0,1 и 1,03 м. Мо-

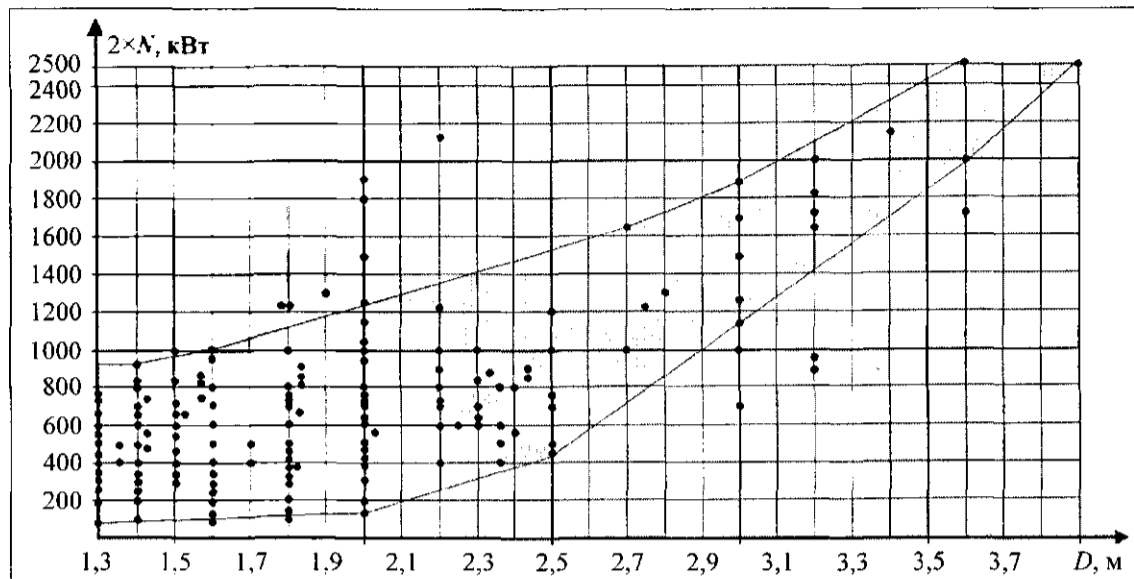


Рис. 1. Зависимости потребляемой мощности  $N$  приводов вращения шнеков очистных комбайнов от диаметра  $D$  шнеков

дель 7LS7 запущена в эксплуатацию на угольной шахте "Шеньдон Коул Бранч" в Китае на пластах мощностью 3,5...6,86 м. При этом максимальный диаметр шнеков может составлять 3,2 и 3,6 м. Комбайн с суммарной установленной мощностью 2345 кВт оснащен для вращения шнеков двумя двигателями мощностью 860 или 1000 кВт с напряжением питания 3,3 кВ (50 Гц). Модель комбайна 7LS8 предназначена для выемки пластов мощностью до 8,17 м и имеет максимальный диаметр шнеков 3,6 и 3,9 м. При этом максимальная мощность двигателей на вращение шнеков составляет  $2 \times 1250$  кВт.

Зависимости, аналогичные представленным на рис. 1, получены в КузГТУ для исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия и расширителей скважин большого диаметра бурильных установок.

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ с 1965 г. по настоящее время проводятся исследования и конструкторские проработки, позволяющие уменьшить объем потребляемой электроэнергии, нагрузку на приводах вращения шнеков очистных комбайнов (рис. 3, а) [5, 6] и коронках проходческих комбайнов избирательного действия (см. рис. 3, б) [7], а

также приводах вращения буровых ставов бурильных машин вращательного бурения скважин большого диаметра (см. рис. 3, в) [8].

В результате замены резцов на дисковый инструмент на исполнительных органах очистных комбайнов, как показали результаты обработки осциллограмм, в диапазонах исследованных скоростей подачи потребляемая мощность значительно уменьшилась. Причем с увеличением скорости подачи преимущество дисковых инструментов существенно возросло. Потребляемая мощность и удельная энергоёмкость, например, экспериментальных шнеков очистных комбайнов с дисковыми инструментами оказались на

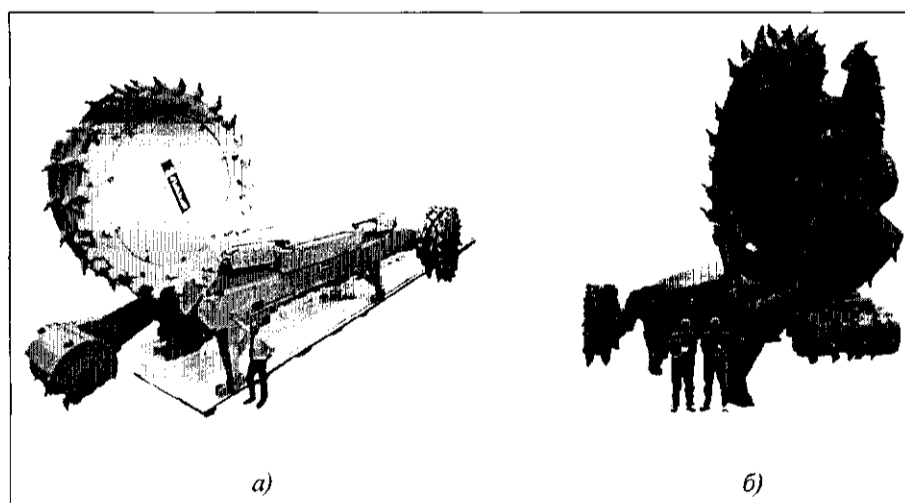


Рис. 2. Очистные комбайны:  
а – SL-1000; б – Joy 7LS7

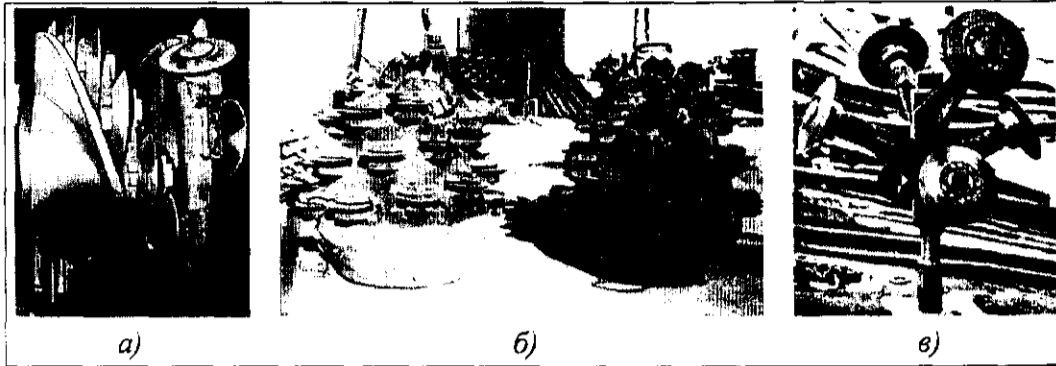


Рис. 3. Исполнительные органы горных машин, оснащенные дисковыми инструментами:  
а – шнек; б – коронки; в – расширитель

30...40 % ниже, чем для серийных шнеков, оснащенных резцами [9].

Причиной этого является не только величина средней нагрузки на привод комбайна, сколько ее вариативность. Это подтверждают полученные по результатам обработки осциллограмм функции спектральных плотностей скорости подачи и потребляемой мощности при различных режимах работы. При работе шнеков с резцами с увеличением скорости подачи резко возрастает дисперсия потребляемой мощности, что может привести к опрокидыванию электродвигателя комбайна. При любом режиме работы комбайна, шнеки которого оснащены резцами, корреляционные функции более неравномерны. Наоборот, для шнеков с дисковыми инструментами спектральная картина случайных функций потребляемой мощности свидетельствует о более рациональном режиме работы комбайна, о его меньшей чувствительности к возмущающим усилиям, об уменьшении вероятности возникновения аварийной ситуации.

Работа исполнительных органов большого диаметра, как правило, сопровождается значительными динамическими нагрузками на элементы трансмиссии. В КузГТУ разработан алгоритм для системы управления электроприводом (на примере комбайна SL-300 фирмы "Eickhoff"). Сравнение управляемого и неуправляемого вариантов показало, что колебание упругих моментов у управляемого варианта имеют отклонение от средних около 4 %, в то время как при нерегулируемом варианте это отклонение достигает 50 % при тех же нагрузках. Помимо этого, практически исключается колебательный характер пусковых переходных процессов [9].

Такой же эффект был получен при исследовании расширителей скважин для бурильных машин БГА-2М, БГА-4М (ОАО "Анжеромаш"). При

бурении скважин по крутопадающим угольным пластам диаметром более 1 м происходит "опрокид" электродвигателя привода вращения бурового става в случае, когда расширитель (например, РС-1070) оснащался резцами. Замена резцов на дисковый инструмент (см. рис. 3, в)

позволила при той же мощности двигателя бурить скважины диаметром 1200 (РС-1200), 1320 (РС-1320) и 1500 мм (РС-1500) [8].

В настоящее время на шахтах Кузбасса эксплуатируются горные комбайны, исполнительные органы которых оснащены тангенциальными поворотными резцами (ТПР).

Как известно, износ ТПР в процессе эксплуатации исполнительных органов отмеченных выше горных машин существенно влияет на динамические нагрузки, выход из строя элементов трансмиссии, их электроприводов. В этой связи заводом ООО "Горный инструмент" (г. Новокузнецк) в Кузбассе и других регионах РФ были проведены исследования и промышленные испытания новых конструкций тангенциальных резцов [10, 11], позволяющих повысить их эффективность и надежность. В качестве примера в таблице приведены некоторые результаты шахтных промышленных испытаний ТПР, позволившие установить причины износа, выхода из строя резцов и определить их удельный расход.

Промышленные испытания ТПР типа РШ также проводились в период с 2002 по 2009 г. на шахтах: Егоровская, шахтоуправление Анжерское, Котинская, Ленина, Польшаевская и на шахтах Воркутинского угольного бассейна.

Расчет удельного расхода ТПР выполнялся после добычи шнеком очистного комбайна 20 тыс. т угля ( $N_{уд} = \Sigma N/Q$ , шт./тыс. т, где  $N$  – общий расход резцов за время испытаний, шт.;  $Q$  – объем добычи, тыс. т или 1 м<sup>3</sup> проходки) [11]. При этом учитывался передний шнек, оснащенный экспериментальными резцами и снимающий пачку угля, равную по мощности его диаметру. Проведенные испытания ТПР позволили определить удельный расход резцов на ряде угледобывающих предприятий, выработать рекомен-

Результаты шахтных промышленных испытаний ТПР

Шахта	Год испытаний	Комбайн	Резец	Удельный расход, шт./тыс. т
Хакасская	2009		РШ32-70/18SK	12,9
Хакасская	2008		РШ32-70/16SK	59,3
Хакасская	2008		РШ38-110/16SK	20,1
Романовская	2008		РШ32-70/17.5	16,7
Романовская	2008	К500Ю	РШ32-70/16S.M1	27,1
Романовская	2008		РШ32-70/18SK	89,1
Хакасская	2008		РШ32-70/17.5	9,3
Березовская	2004	KGS345	РШ32-78/18SK	0,85
Юбилейная	2005	SL300	РШ38-110/16.M2	0,7
Заречная	2006	MB12	РШ32-70/16	1,7
Чертинская-Коксовая	2006	KGS345	РШ32-85/18SK.M2	6,5
Листвяжная	2007	4LS20	РШ35-95/18SK	1,1
Комсомолец	2005	K500Ю	РШ32-70/12BL	2,0
Комсомолец	2004	K500Ю	РШ32-70/16.10	1,2
Комсомолец	2004	K500Ю	РШ32-70/12SK	0,52
им. Кирова	2004	4LS5	РШ32-70/16SK.M1	0,15
им. 7 Ноября	2003	KGS445	РШ32-78/16.M4	0,7
Октябрьская	2006	K500Ю	РШ32-70/16	2,97
Первомайская	2005	ГПКС	РШ25-65/16SK	0,04*
им. 7 Ноября	2004	ГПКС	РШ25-65/16SK	0,004*
Заречная	2005	П-110	РШ32-85/17.5	0,95*
Шахтоуправление Салкинское	2006	КПД	РШ32-85L61/16SK.M2	0,02*

\*Удельный расход, шт./м<sup>3</sup>.

дации по их применению в конкретных горно-геологических условиях и сформулировать два направления по их совершенствованию: конструктивное и технологическое.

Первое направление предусматривает создание ТПР с наилучшими показателями прочности (прочность корпуса, вставки, закрепления вставки в корпусе), износостойкости (как вставки, так и корпуса резца), работоспособности (вращение в резцедержателе, закрепление в резцедержателе) и надежности. Это направление отражено, например, в патентах на изобретение и полезную модель: № 2212535 от 17.12.2001, МПК E21C35/18; № 44744 от 27.03.2005, МПК E21C35/18.

Второе направление заключается в исследовании и использовании новых материалов для корпуса и режущей вставки ТПР и методов их обработки (см., например, патент на полезную модель № 54628 от 10.07.2006, МПК E21C35/18).

Учитывая особенности эксплуатации горных машин и их значительный рост по энерговооруженности, необходимо также принимать во вни-

мание параметры их исполнительных органов и схем набора инструмента.

#### Список литературы

1. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь—март 2010 г. / И.Г. Таразанов // Уголь. 2010. № 6. С. 44—52.
2. Морозов В.И. Очистные комбайны / В.И. Морозов, В.И. Чуденков, Н.В. Сурина: справочник; под общ. ред. В.И. Морозова. М.: Изд-во МГГУ, 2006. 650 с.
3. Айкхофф SL1000. Очистной комбайн будущего для разработки мощных пластов // Уголь. 2008. № 10. С. 16—19.
4. Новый очистной комбайн Joy добыл в Китае 10 млн тонн угля // Коул Интернэшнл. 2009. Вып. 2. С. 39.
5. Логов А.Б. Механическое разрушение крепких горных пород / А.Б. Логов, Б.Л. Герике, А.Б. Раскин. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 141 с.
6. Нестеров В.И. Разрушение угольных и рудных пластов с твердыми включениями шнековыми рабочими органами / В.И. Нестеров, А.А. Хорешок, В.Н. Вернер [и др.]: Кузбасс. гос. техн. ун-т, Кемерово: 2001. 125 с.
7. Хорешок А.А. Совершенствование конструкции продольно-осевых коронок проходческого комбайна избирательного действия / А.А. Хорешок, Л.Е. Маметьев, А.Ю. Борисов, С.Г. Мухортиков // Горное оборудование и электромеханика. 2010. № 5. С. 2—6.
8. Сафохин М.С. Машины и инструмент для бурения скважин на угольных шахтах / М.С. Сафохин, И.Д. Богомолов, Н.М. Скорняков, А.М. Цехин. М.: Недра, 1985. 213 с.
9. Хорешок А.А. Повышение эффективности эксплуатации горных комбайнов / А.А. Хорешок, А.М. Цехин, В.М. Завьялов, В.В. Кузнецов, А.Ю. Борисов // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности: Тр. Межд. науч.-практ. конф. Кемерово: ННЦ ГП-ИГД им. А.А. Скочинского, ИУУ СО РАН, КузГТУ, ЗАО КВК "Экспо-Сибирь", 2009. С. 174—179.
10. Крестовоздвиженский П.Д. Некоторые результаты наблюдений за работой очистных комбайнов на шахтах Кузбасса / П.Д. Крестовоздвиженский // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 6. С. 120—123.
11. Белич Е.В. Испытание нового горно-режущего инструмента в шахтах Воркуты / Е.В. Белич, Л.М. Гусельников, Д.А. Задков, А.А. Подосенов // Горное оборудование и электромеханика. 2007. № 8. С. 2—5.

ле К (с катушкой 12; 24; 36 В с соответствующим добавочным резистором).

## 2. Способ форсировки тока возбуждения электродвигателей подъема и напора в тяжелых режимах работы

*Преимущества данного способа:*

1) при работе карьерного экскаватора снижаются динамические удары в механизмах и электродинамические удары в обмотках электрических машин;

2) увеличивается срок службы механизмов, электрических машин, снижаются затраты на их обслуживание;

3) снижается удельный расход электроэнергии на экскаваторах, осуществляющих погрузку из прямого забоя, из забоя в автотранспорт и с перегрузочных складов на 5...10 %;

4) сокращается время цикла экскавации, повышается производительность карьерного экскаватора, при работе экскаватора улучшается наполняемость ковша, за счет чего, по статистике, время погрузки железнодорожного транспорта сокращается на 10 %.

На способ форсировки тока возбуждения электродвигателей подъема и напора выдан патент РФ на изобретение № 2400008(2).

### 2.1. Рекомендации по применению способа форсировки тока возбуждения электродвигателей подъема и напора карьерного экскаватора в тяжелых режимах работы

1. Схему форсировки тока возбуждения электродвигателей напора и подъема на карьерных экскаваторах с НКУ ОАО "Рудоавтоматика" на тиристорных блоках ПТЭМ-2Р-22АЦ (АЦ1,

АЦ4) смонтировать в соответствии с принципиальными схемами (рис. 5, 6).

2. Изготовить плату форсировки тока возбуждения для электродвигателей подъема. Исходя из значения тока уставки по входу, равного 75 %  $I_{\text{стоп}}$ , выставляются величины сопротивлений  $R1^* = 820 \text{ Ом}$ ,  $R2^* = 1 \text{ кОм}$ . Остальные элементы  $VT1^*$  – оптотранзистор АОТ 128,  $R3^* = 220 \text{ кОм}$ ,  $R4^* = 100 \text{ кОм}$ .

3. Изготовить плату форсировки тока возбуждения для электродвигателя напора. Исходя из значения тока уставки по входу, равного 75 %  $I_{\text{стоп}}$ , выставляются величины сопротивлений  $R1^* = 430 \text{ Ом}$ ,  $R2^* = 1 \text{ кОм}$ . Остальные элементы  $VT1^*$  – оптотранзистор АОТ 128,  $R3^* = 220 \text{ кОм}$ ,  $R4^* = 180 \text{ кОм}$ .

### Список литературы

1. Способ обеспечения "мягкого" режима работы сетевых синхронных электродвигателей на карьерных экскаваторах (ЭКГ): Патент РФ на изобретение № 2260242 / С.В. Павленко, В.Е. Маклаков, С.Ф. Хомяков, Е.Д. Гончаров; Заявл. 15.12.2003, № 2003136365. Опубл. 10.09.2005. Бюл. № 25.

2. Способ форсировки тока возбуждения электродвигателей подъема и напора карьерного экскаватора (ЭКГ): Патент РФ на изобретение № 2400008 / С.В. Павленко, В.Е. Маклаков, С.Ф. Хомяков, Е.Д. Гончаров; Заявл. 28.07.2009. № 2009129146. Опубл. 20.09.2010. Бюл. № 26.

---

ООО "Издательство "Новые технологии", 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Дизайнер Т.Н. Погорелова. Технический редактор Т.И. Андреева. Корректоры Л.И. Сажина, Л.Е. Солюшкина

Сдано в набор 18.02.11 г. Подписано в печать 19.04.11 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 7,67. Заказ 197. Цена свободная.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-19854 от 15 апреля 2005 г.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика". 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15.



ISSN 1816-4528

# ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА



4+2011



НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

# ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

4  
2011

Учредитель: Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

Главный редактор  
КАНТОВИЧ Л.И.

Зам. гл. редактора  
ИВАНОВ С.Л.  
ЛАГУНОВА Ю.А.

Редакционный совет:

КОЗОВОЙ Г.И.  
(сопредседатель)  
ТРУБЕЦКОЙ К.Н.  
(сопредседатель)  
АНТОНОВ Б.И.  
ГАЛКИН В.А.  
КОЗЯРУК А.Е.  
КОСАРЕВ Н.П.  
МЕРЗЛЯКОВ В.Г.  
НЕСТЕРОВ В.И.  
ЧЕРВЯКОВ С.А.

Редакционная коллегия:

АНДРЕЕВА Л.И.  
ГАЛКИН В.И.  
ГЛЕБОВ А.В.  
ЕГОРОВ А.Н.  
ЕДЫГЕНОВ Е.К.  
ЖАБИН А.Б.  
ЗЫРЯНОВ И.В.  
КАРТАВЫЙ Н.Г.

КРАСНИКОВ Ю.Д.

КУЛАГИН В.П.  
МАХОВИКОВ Б.С.  
МИКИТЧЕНКО А.Я.  
МЫШЛЯЕВ Б.К.  
ПЕВЗНЕР Л.Д.  
ПЛЮТОВ Ю.А.  
ПОДЭРНИ Р.Ю.  
САВЧЕНКО А.Я.  
САМОЛАЗОВ А.В.  
СЕМЕНОВ В.В.  
СТАДНИК Н.И.  
СТРАБЫКИН Н.Н.  
ХАЗАНОВИЧ Г.Ш.  
ХОРЕШОК А.А.  
ЮНГМЕЙСТЕР Д.А.

Редакция:

БЕЛЯНКИНА О.В.  
ДАНИЛИНА И.С.

Телефоны редакции:

(499) 269-53-97, 269-55-10

Факс (499) 269-55-10

E-mail: [gma@novtex.ru](mailto:gma@novtex.ru)

<http://novtex.ru/gormash>

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

- Гуляев В.Г., Китаева С.А. Повышение технического уровня насосных агрегатов для систем гидропривода механизированных крепей ..... 2
- Хорешок А.А., Цехин А.М., Кузнецов В.В., Борисов А.Ю., Крестовоздвиженский П.Д. Опыт эксплуатации рабочего инструмента исполнительных органов горных машин на шахтах Кузбасса ..... 8
- Мазин С.В., Потапов М.А. Пенотрунтная компенсация давления в забое тоннелепроходческого щита, ее контроль и прогноз ..... 12

### ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ

- Шемякин С.А., Иванченко С.И., Чебан А.Ю., Матвеев Д.Н., Белов В.Е. Скреперы для работы по послыно-полосовым технологиям ..... 17

### НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

- Асаенко В.В. Оценка усталостной долговечности обечайки приводного барабана ленточного конвейера ..... 22
- Горбатов П.А., Лысенко Н.М., Перинский М.В. Методы прогнозирования максимальных нагрузок в подсистемах привода исполнительных органов очистных комбайнов ..... 28

### ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА. АВТОМАТИЗАЦИЯ

- Дробкин Б.З., Емельянов А.П., Козярук А.Е., Свириденко А.О. Высокодинамичные энергоэффективные электроприводы горных машин ... 34
- Мальчер М.А., Аникин А.С. Проблемы внедрения частотного регулирования в горно-добывающей отрасли ..... 40
- Павленко С.В. Повышение эффективности функционирования электротехнических систем карьерных экскаваторов ..... 47
- Кузьмин С.В., Майнагашев Р.А., Гаврилова Е.В., Немков С.В. Опыт эксплуатации средств защиты от коммутационных перенапряжений в системах электроснабжения 6 кВ горных предприятий ..... 53

### ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ РАЗРАБОТКИ

- Захаров Ю.Н., Щерба Т.П. Исследование эффективности работы шнекового исполнительного органа очистного комбайна ..... 55

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, и входит в систему Российского индекса научного цитирования.