

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ **ЖУРНАЛ**

УГОЛЬ

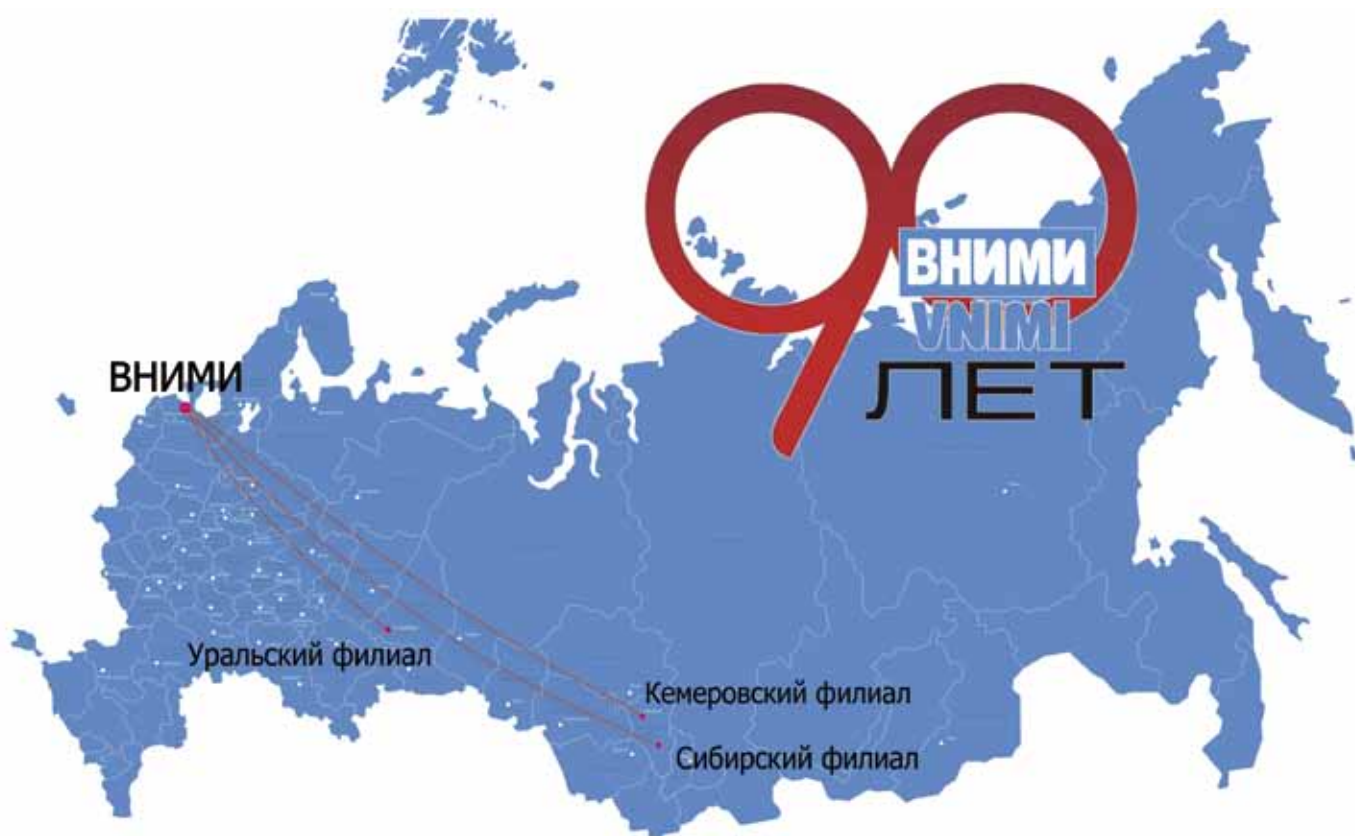
МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

10-2019

ВНИМИ
VNIMI®

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ
И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР





MORE THAN CHAIN

РЕКЛАМА

СДЕЛАНО ДЛЯ ГЕРОЕВ

Прочная связь с вашей отраслью на протяжении 200 лет!

Технологии изготовления цепей и соединительные элементы для профессионального использования в подземных работах.

Стандартные и запатентованные цепные системы в исполнении из обычной и специальной стали для вашего эффективного и успешного применения.

**JDT — когда это должно быть эффективным,
экономичным и безопасным.**



FIRMLY CONNECTED FOR 200 YEARS
1819 - 2019

Главный редактор
ЯНОВСКИЙ А.Б.

Заместитель министра энергетики
Российской Федерации,
доктор экон. наук

Зам. главного редактора
ТАРАЗАНОВ И.Г.

Генеральный директор
ООО «Редакция журнала «Уголь»,
горный инженер, чл.-корр. РАЭ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

АРТЕМЬЕВ В.Б., доктор техн. наук

ВЕРЖАНСКИЙ А.П.,

доктор техн. наук, профессор

ГАЛКИН В.А., доктор техн. наук, профессор

ЗАЙДЕНВАРГ В.Е.,

доктор техн. наук, профессор

ЗАХАРОВ В.Н., чл.-корр. РАН,

доктор техн. наук, профессор

КОВАЛЬЧУК А.Б.,

доктор техн. наук, профессор

ЛИТВИНЕНКО В.С.,

доктор техн. наук, профессор

МАЛЫШЕВ Ю.Н., академик РАН,

доктор техн. наук, профессор

МОХНАЧУК И.И., канд. экон. наук

МОЧАЛЬНИКОВ С.В., канд. экон. наук

ПЕТРОВ И.В., доктор экон. наук, профессор

ПОПОВ В.Н., доктор экон. наук, профессор

ПОТАПОВ В.П.,

доктор техн. наук, профессор

ПУЧКОВ Л.А., чл.-корр. РАН,

доктор техн. наук, профессор

РОЖКОВ А.А., доктор экон. наук, профессор

РЫБАК Л.В., доктор экон. наук, профессор

СКРЫЛЬ А.И., горный инженер

СУСЛОВ В.И., чл.-корр. РАН, доктор экон.

наук, профессор

ЩАДОВ В.М., доктор техн. наук, профессор

ЩУКИН В.К., доктор экон. наук

ЯКОВЛЕВ Д.В., доктор техн. наук, профессор

Иностранные члены редколлегии

Проф. **Гюнтер АПЕЛЬ**,

доктор техн. наук, Германия

Проф. **Карстен ДРЕБЕНШТЕДТ**,

доктор техн. наук, Германия

Проф. **Юзеф ДУБИНСКИ**,

доктор техн. наук, чл.-корр. Польской

академии наук, Польша

Сергей НИКИШИЧЕВ, комп. лицо FIMMM,

канд. экон. наук, Великобритания, Россия,

страны СНГ

Проф. **Любен ТОТЕВ**,

доктор наук, Болгария

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в октябре 1925 года

УЧРЕДИТЕЛИ

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

ОКТАБРЬ

10-2019 /1123/

УГОЛЬ

СОДЕРЖАНИЕ

ВНИМИ – 90 ЛЕТ	
Мулёв С.Н., Немец А.И., Гончаров Е.В. АО «ВНИМИ» – 90 лет _____	4
Мулёв С.Н., Старников В.Н., Романевич О.А. Современный этап развития геофизического метода регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЗМИ) _____	6
Измерительный комплекс «ANGEL-M» _____	15
Разумов Е.А. Оценка факторов сложности условий ведения горных работ на современных угольных шахтах _____	16
Егоров А.П., Кондаков И.А. Оценка возможности и эффективности внедрения технологических схем скоростной проходки подземных горных выработок на угольных шахтах _____	22
Егоров А.П., Рыжов В.А. К вопросу систематизации геофизических исследований геомеханического состояния массива горных пород и земной поверхности для оперативного контроля безопасности ведения горных работ на угольных шахтах _____	29
GITS – система сейсмического мониторинга _____	34
Гречишкин П.В., Розонов Е.Ю., Клишин В.И., Опрук Г.Ю., Щербakov В.Н. Управление кровлей для повышения эффективности поддержания выработок охраняемых податливыми целиками _____	35
Гречишкин П.В., Харченко В.Ф., Розонов Е.Ю., Горностаев В.С., Панин С.Ф. Повышение эффективности оценки состояния пород кровли выработок с применением различных методов в условиях шахты «Чертинская-Коксовая» _____	42
ГОРНЫЕ МАШИНЫ	
Шерф Б., Рогозин А.А. Использование цепи BIG-T в скребковом конвейере – путь к повышению нагрузки на забой _____	48
ДЕГАЗАЦИЯ	
Мешков А.А., Садов А.П., Харитонов И.Л., Кондратенко А.С., Карпов В.Н. Перспективы ударного погружения стальной трубы-кондуктора при бурении дегазационных скважин с поверхности _____	50
ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ	
Дудин А.А., Нагайцев И.А., Саблин М.В. Монтаж приводных, концевых и натяжных станций ленточных конвейеров анкерной крепью серии АБ _____	57
НОВОСТИ ТЕХНИКИ	
Глинина О.И. XXVI Международная специализированная выставка технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг», X Международная специализированная выставка «Охрана, безопасность труда и жизнедеятельности» и V Международная специализированная выставка «Недра России»: итоги, события, факты _____	61
ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ	
СУЭК и БЕЛАЗ совместно работают над программой роботизированных самосвалов _____	68
БЕЛАЗ-75710 рекордной грузоподъемности 450 тонн _____	70
Добровольский А.И., Леонов Е.И., Кутовой А.В., Заляднов В.Ю., Караулов Н.Г., Юсупов М.Э. Повышение эффективности разработки угольного разреза за счет оптимизации технологических параметров в сложных горно-геологических условиях _____	72

ООО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

119049, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 2А, офис 819
Тел.: +7 (499) 237-22-23
E-mail: ugol1925@mail.ru

Генеральный директор

Игорь ТАРАЗАНОВ
Ведущий редактор
Ольга ГЛИНИНА

Научный редактор
Ирина КОЛОБОВА

Менеджер

Ирина ТАРАЗАНОВА
Ведущий специалист
Валентина ВОЛКОВА

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН
Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС77-34734 от 25.12.2008

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН

в Перечень ВАК Минобрнауки и науки РФ
(в международные реферативные базы
данных и системы цитирования) –
по техническим и экономическим наукам
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,034
(без самоцитирования – 0,696)
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,536
(без самоцитирования – 0,378)

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН

в Интернете на веб-сайте

www.ugolinfo.ru
www.ugol.info

и на отраслевом портале
«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

www.rosugol.ru

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

Ведущий редактор О.И. ГЛИНИНА
Научный редактор И.М. КОЛОБОВА
Корректор В.В. ЛАСТОВ
Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 02.10.2019.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 13,5 + обложка.

Тираж 5100 экз.

Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 6700 экз.

Отпечатано:

ООО «РОЛИКС»

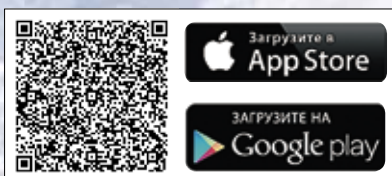
117218, г. Москва, ул. Кржижановского, 31

Тел.: (495) 661-46-22;

www.roliksprint.ru

Заказ № 71596

Журнал в **App Store** и **Google Play**



ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Агафонов В.В., Ошаров А.В., Захаров С.И.

Повышение технико-экономической эффективности производства угля на основе совершенствования его организационной структуры _____ 79

НЕДРА

Солдатов С.А., Райко Г.В., Позолотин А.С., Самок А.В., Зиняков С.А.

Сохранение монтажной камеры для повторного использования в качестве вентиляционной выработки и организации запасного выхода _____ 86

ГЕОМЕХАНИКА

Халкчев К.В.

Нелинейная математическая модель динамической системы трещиноватости в минералах углевмещающих горных пород _____ 92

ХРОНИКА

Хроника. События. Факты. Новости _____ 96

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Сборка грохотов AURY на отметке _____ 105

ЭКОЛОГИЯ

Зеньков И.В., Морин А.С., Киришина Е.В., Вокин В.Н., Веретеннова Т.А.

Восстановление экологии нарушенных земель при разработке Волчанского угольного месторождения по результатам дистанционного зондирования _____ 105

НЕКРОЛОГ

Дурнин Ким Михайлович (16.05.1928 – 04.09.2019) _____ 108

Список реклам

ВНИМИ	1-я обл.	БЕЛАЗ	69
J.D. Theile GmbH & Co.KG	2-я обл.	ЛУКОЙЛ	85
AURY	3-я обл.	НПП Завод МДУ	94
Уголь	4-я обл.	ИМПЭКС ИНДАСТРИ	95
THIELE	47	ПРОМТЕХСНАБ	97
РАНК 2	56	МУФТА ПРО	99
HAUNINCO Maschinenfabrik GmbH	67		

* * *

Журнал «Уголь» представлен в eLIBRARY.RU

Входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,034 (без самоцитирования – 0,696).

Журнал «Уголь» входит

в международные реферативные базы данных и систем цитирования
SCOPUS, GeoRef (рейтинг журнала Q3)

Журнал «Уголь» является партнером CROSSREF

Редакция журнала «Уголь» является членом Международной ассоциации по связям издателей / Publishers International Linking Association, Inc. (PILA).
Всем научным статьям журнала присваиваются Digital Object Identifier (DOI).

Журнал «Уголь» является партнером EBSCO

Редакция журнала «Уголь» имеет соглашение с компанией EBSCO Publishing, Inc. (США).
Все публикации журнала «Уголь» с 2016 г. входят в базу данных компании EBSCO Publishing (www.ebsco.com), предоставляющей свою базу данных для академических библиотек по всему миру. EBSCO имеет партнерские отношения с библиотеками на протяжении уже более 70 лет, обеспечивая содержание исследований качества, мощные технологии поиска и интуитивные платформы доставки.

Журнал «Уголь» представлен в «КиберЛенинке»

Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» (CYBERLENINKA), входит в топ-10 мировых электронных хранилищ научных публикаций и построена на парадигме открытой науки (Open Science), основной задачей которой является популяризация науки и научной деятельности. Это третья в мире электронная библиотека по степени видимости материалов в Google Scholar.

Подписные индексы:

– Каталог Роспечати «Газеты. Журналы» – **71000, 71736, 73422**
– Объединенный каталог «Пресса России» – **87717, 87776, Э87717**
– Каталог «Урал-Пресс» – **71000; 007097; 009901**

UGOL' / RUSSIAN COAL JOURNAL**UGOL' JOURNAL EDITORIAL BOARD****Chief Editor**

YANOVSKY A.B., Dr. (Economic), Ph.D. (Engineering), Deputy Minister of Energy of the Russian Federation, Moscow, 107996, Russian Federation

Deputy Chief Editor

TARAZANOV I.G., Mining Engineer, Moscow, 119049, Russian Federation

Members of the editorial council:

ARTEMIEV V.B., Dr. (Engineering), Moscow, 115054, Russian Federation

VERZHANSKIY A.P., Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 125009, Russian Federation

GALKIN V.A., Dr. (Engineering), Prof., Chelyabinsk, 454048, Russian Federation

ZAIDENVARG V.E., Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 119019, Russian Federation

ZAKHAROV V.N., Dr. (Engineering), Prof., Corresp. Member of the RAS, Moscow, 111020, Russian Federation

KOVALCHUK A.B., Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 119019, Russian Federation

LITVINENKO V.S., Dr. (Engineering), Prof., Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

MALYSHEV Yu.N., Dr. (Engineering), Prof., Acad. of the RAS, Moscow, 125009, Russian Federation

MOKHNACHUK I.I., Ph.D. (Economic), Moscow, 109004, Russian Federation

MOCHALNIKOV S.V., Ph.D. (Economic), Moscow, 107996, Russian Federation

PETROV I.V., Dr. (Economic), Prof., Moscow, 119071, Russian Federation

POPOV V.N., Dr. (Economic), Prof., Moscow, 119071, Russian Federation

POTAPOV V.P., Dr. (Engineering), Prof., Kemerovo, 650025, Russian Federation

PUCHKOV L.A., Dr. (Engineering), Prof., Corresp. Member of the RAS, Moscow, 119049, Russian Federation

ROZHKOV A.A., Dr. (Economic), Prof., Moscow, 119071, Russian Federation

RYBAK L.V., Dr. (Economic), Prof., Moscow, 119034, Russian Federation

SKRYL' A.I., Mining Engineer, Moscow, 119049, Russian Federation

SUSLOV V.I., Dr. (Economic), Prof., Corresp. Member of the RAS, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

SHCHADOV V.M., Dr. (Engineering), Prof., Moscow, 119034, Russian Federation

SHCHUKIN V.K., Dr. (Economic), Ekibastuz, 141209, Republic of Kazakhstan

YAKOVLEV D.V., Dr. (Engineering), Prof., Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

Foreign members of the editorial council:

Prof. **Guenther APEL**, Dr.-Ing., Essen, 45307, Germany

Prof. **Carsten DREBENSTEDT**, Dr. (Engineering), Freiberg, 09596, Germany

Prof. **Jozef DUBINSKI**, Dr. (Engineering), Corresp. Member PAS, Katowice, 40-166, Poland

Sergey NIKISHICHEV, FIMMM, Ph.D. (Economic), Moscow, 125047, Russian Federation

Prof. **Luben TOTEV**, Dr., Sofia, 1700, Bulgaria

Ugol' Journal Edition LLC

Leninsky Prospekt, 2A, office 819
Moscow, 119049, Russian Federation

Tel.: +7 (499) 237-2223

E-mail: ugol1925@mail.ru

www.ugolinfo.ru

MONTHLY JOURNAL, THAT DEALS WITH SCIENTIFIC, TECHNICAL, INDUSTRIAL AND ECONOMIC TOPICS

Established in October 1925

FOUNDERS

MINISTRY OF ENERGY
THE RUSSIAN FEDERATION,
UGOL' JOURNAL EDITION LLC

**OCTOBER
10'2019**

**UGOL' / RUSSIAN
COAL
JOURNAL****CONTENT****SUBSOIL USE**

Mulev S.N., Nimets A.I., Goncharov E.V.

VNIMI – 90 years _____ 4

Mulev S.N., Starnikov V.N., Romanevich O.A.

The current stage of development of the geophysical method for recording natural electromagnetic radiation (EEMI – NER) _____ 6

“ANGEL-M” measuring complex _____ 15

Razumov E.A.

Assessment of factors under the most difficult conditions of conducting mining operations on modern coal mines _____ 16

Egorov A.P., Kondakov I.A.

Evaluation of the possibility and effectiveness of the implementation of technological schemes for high-speed underground mining in coal mines _____ 22

Egorov A.P., Ryzhov V.A.

To the issue of systematization of geophysical studies of the geomechanical state of rock mass and the earth's surface for operational monitoring of the safety of mining in coal mines _____ 29

GITS – seismic monitoring system _____ 34

Grechishkin P.V., Rozonov E.Yu., Klislin V.I., Opruk G.Yu., Scherbakov V.N.

Roof management to increase the efficiency of maintaining workings guarded by malleable pillars _____ 35

Grechishkin P.V., Kharchenko V.F., Rozonov E.Yu., Gornostaev V.S., Panin S.F.

Improving the efficiency of assessing the condition of roofing rock formations using various methods in the conditions of the “Chertinskaya-Koksovaya” mine _____ 42

COAL MINING EQUIPMENT

Sherf B., Rogozin A.A.

Using a BIG-T chain in a scraper conveyor – a path to improving performance on longwall face _____ 48

DEGASIFICATION

Meshkov A.A., Sadov A.P., Kharitonov I.L., Kondratenko A.S., Karpov V.N.

Prospects for impact driving of steel hollow section pipes while drilling degasification holes from surface _____ 50

UNDERGROUND MINING

Dudin A.A., Nagaytsev I.A., Sablin M.V.

Installation of drive, end and tensioning stations of belt conveyors with anchor support of AB series _____ 57

TECHNICAL NEWS

Glinina O.I.

XXVI International Trade Fair “Ugol Rossii & Mining”, X International Trade Fair “Safety & Health”, V International Trade Fair “Nedra Rossii”: Summary, Events and Facts _____ 61

SURFACE MINING

BELAZ-75710 of record lifting capacity 450 tons _____ 70

Dobrovolskiy A.I., Leonov E.I., Kutovoy A.V., Zalyadnov V.Yu., Karaulov N.G., Yusupov M.E.

Increasing the efficiency of developing a coal mine by optimizing technological parameters in difficult mining and geological conditions _____ 72

PRODUCTION SETUP

Agafonov V.V., Osharov A.V., Zakharov S.I.

Organization of competitive technical service of ensuring operability of the mining-transport equipment _____ 79

SUBSOIL USE

Soldatov S.A., Raiko G.V., Pozolotin A.S., Samok A.V., Zinyakov S.A.

Preserving the installation chamber for reuse as a ventilation outlet and organizing an emergency exit _____ 86

GEOMECHANICS

Khalkechev K.V.

Nonlinear mathematical model of the fracturing dynamic system in minerals of coal-bearing rocks _____ 92

CHRONICLE

The chronicle. Events. The facts. News _____ 96

COAL PREPARATION

AURY screens assembly at elevation _____ 105

ECOLOGY

Zenkov I.V., Morin A.S., Kiryushina E.V., Vokin V.N., Veretenova T.A.

Remediation of the ecology of disturbed lands during the development of the Volchansky coal deposit based on the results of remote sensing _____ 105

АО «ВНИМИ» – 90 ЛЕТ

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-4-5>



МУЛЁВ С.Н.

*Директор по науке АО «ВНИМИ»,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: mulev@vnimi.ru*



НИМЕЦ А.И.

*Заведующий
учебным центром АО «ВНИМИ»,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: info@vnimi.ru*



ГОНЧАРОВ Е.В.

*Старший научный
сотрудник АО «ВНИМИ»,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: info@vnimi.ru*

Дана краткая историческая справка создания Научно-исследовательского института горной геомеханики и маркшейдерского дела – Межотраслевого научного центра ВНИМИ. Представлены основные научные и технические достижения, состояние института на сегодняшний день.

Ключевые слова: *ученые, достижения, горное дело, маркшейдерское дело, геомеханика, геофизика, геодинамика, безопасность, горные удары, уголь, руда, инструкции.*

ВНИМИ – это признанная в России и за рубежом научная школа, созданная почти 100 лет назад.

С первых лет своего существования ВНИМИ занял лидирующее положение в российском (советском) горном деле в части решения проблем горного давления, исследования физико-механических свойств горных пород, сдвига пород как при отработке рудных, так и на угольных месторождениях, устойчивости бортов карьеров и разрезов, рудничной геологии, разработки приборов, методик и нормативов маркшейдерских измерений. Нормативы и методики всегда обосновывались обширными натурными наблюдениями и экспериментами.

Эта традиция закладывалась руководителями и ведущими исследователями. В этой связи необходимо вспомнить историю создания института и имена сотрудников, внесших большой вклад и сформировавших комплекс научных подходов, составивших школу ВНИМИ.

История АО «ВНИМИ» начинается с Всесоюзной маркшейдерской конференции Главгортопа ВСНХ СССР, созван-

ной в марте 1929 г. Одним из основных решений конференции было создание Постоянной маркшейдерской комиссии при технических советах каменноугольной, рудной и нефтяной промышленности, первое организационное заседание которой состоялось 25.05.1929

В состав комиссии вошли профессора: И.М. Бахурин, Н.Г. Кель (Ленинградский горный институт); И.П. Бухиник, А.Е. Гутт (Днепропетровский горный институт); Ф.В. Галахов (Томский индустриальный институт); П.К. Соболевский (Свердловский горный институт); доцент А.И. Дисман (Московский горный институт); начальник Маркшейдерской части Горнопромышленного надзора РСФСР доцент Ф.И. Выдрин; руководитель научно-исследовательской ячейки Маркшейдерского отдела треста «Донуголь» О.Л. Кульбах.

За три года комиссия провела детальное обследование маркшейдерских служб предприятий Донбасса, Урала, Кривого Рога, Подмосковного угольного бассейна и Кузбасса. Были разработаны технические инструкции для топографических съемок масштаба 1:2000 и 1:5000 (О.Л. Кульбах,



Генеральный директор АО «ВНИМИ» М.А. Шадрин

А.Е. Гутт, И.М. Бахурин). Начата работа по созданию единых условных обозначений на маркшейдерских планах (Ф.И. Выдрин, А.И. Дисман, О.Л. Кульбах, Ф.В. Галахов). Обоснована необходимость разработки отечественных маркшейдерских гирокомпасов для ориентирования подземных выработок.

В январе 1932 г. в Ленинграде Постоянная маркшейдерская комиссия совместно с научно-техническими советами каменноугольной и горнорудной промышленности провела Первый всесоюзный съезд по маркшейдерскому делу, на котором было принято решение о целесообразности организации маркшейдерского научно-исследовательского института. Наркомат тяжелой промышленности 27.09.1932 издал приказ о создании на базе Постоянной маркшейдерской комиссии Центрального научно-исследовательского бюро по маркшейдерскому делу (ЦНИМБ). Первым директором и бессменным научным руководителем ЦНИМБ до самой его кончины в 1940 г. был заведующий кафедрой маркшейдерского дела ЛГИ, профессор И.М. Бахурин.

Институт переименовался. Основные научные направления ВНИМИ расширялись: разработка методов и средств маркшейдерского, геологического и геофизического сопровождения технологии добычи твердых полезных ископаемых; расчет сдвижений земной поверхности; защита подрабатываемых территорий и объектов; рациональное использование недр; прогноз и предотвращение геодинамических явлений в шахтах и рудниках; геодинамические процессы и их влияние на безопасность эксплуатации шахт, рудников газонефтепроводов, подземных хранилищ нефти и газа и иных объектов ТЭК.

Исследованиями руководили: Н.Г. Келль, В.Д. Слесарев, С.Г. Авершин, П.И. Городецкий, Н.А. Гусев, К.А. Звонарев, Д.А. Казаковский, Г.А. Кротов, Г.Н. Кузнецов, Б.И. Никифоров, В.Н. Лавров, И.Н. Ушаков, Я.А. Бич, В.Д. Палий, И.М. Петухов, С.Г. Лехницкий, Г.А. Крупенников, А.Н. Омельченко, Г.Т. Нестеренко, К.А. Ардашев, Г.Л. Фисенко, Н.С. Булычев, И.А. Петухов, М.А. Иофис, Д.В. Яковлев и многие другие.

Специалистами института были проведены широкие исследования на всех месторождениях СССР. Разработаны новые маркшейдерские приборы, изучены механические свойства горных пород в натуральных условиях, разработаны методы и приборы для определения напряжений в горных выработках, внедрены новые типы механизированных крепей, созданы нормативные документы по всему спектру горного производства, внедрены новые системы разработки на угольных и рудных месторождениях, склонных к горным ударам.

В 2000-е годы учеными института выполнены научные исследования, легшие в основу новых нормативных документов по анкерному креплению, инструкций по безопасному ведению горных работ в подземных условиях на месторождениях, склонных к геодинамическим проявлениям, методических руководств по геодинамическому районированию шахтных полей, земельных отводов нефтедобывающих месторождений, подземных хранилищ нефти и газа, а также трубопроводных систем. Разработки запатентованы АО «ВНИМИ».

Методика геодинамического районирования была существенно усовершенствована и оценивала не только блочную структуру массивов горных пород с разрабатываемыми месторождениями, но и колебательные процессы в земной коре, вызывающие аномальные деформационные процессы (с амплитудой свыше 50 мм в год), воронкообразование, газопроявления и иные осложнения.

Работы по геодинамическому районированию являются основой и обоснованием для организации мониторинга геодинамических процессов, предсказания режимов их активизации и заблаговременной разработки мероприятий по предотвращению последствий. Особенно эффективны системы сейсмических и деформационных мониторинговых наблюдений, которые широко внедряются и в настоящее время на десятках горнодобывающих предприятий.

В АО «ВНИМИ» осуществляются промышленные исследования методов воздействий на нефтегазосодержащие угольные пласты с целью интенсификации нефтеотдачи, разгрузки и дегазации газоносных угольных пластов. Методы и устройства используют оригинальные, запатентованные АО «ВНИМИ» принципы и эффекты. Разработки прошли приемочные испытания и внедрялись на месторождениях Сургутнефтегаза, Казахстана, в Воркутинском и Кузнецком бассейнах.

В настоящее время АО «ВНИМИ» активно развивается и, имея филиалы в основных горнодобывающих регионах России, обеспечивает решение крупных и актуальных проблем горного производства и нефтегазодобычи на самом современном уровне.

Институт является лауреатом четырнадцати Государственных премий и премий Правительства России. В 1979 г. институту был вручен орден Трудового Красного Знамени.

Нормативно-методические документы, разработанные ВНИМИ, переиздаются и продолжают оставаться основой для проектировщиков горных предприятий, преподавателей горных и геологических вузов и студентов.

В 2016 г. АО «ВНИМИ» был приватизирован. Сегодня в состав АО «ВНИМИ» входят:

- Центральный офис в Санкт-Петербурге;
- Кемеровский, Сибирский и Уральский филиалы;
- Учебный центр повышения квалификации ИТР горных предприятий России;
- Центр геодинамического мониторинга.

Среди деловых партнеров института ведущие горнодобывающие предприятия страны: АО «ЕВРАЗ-руда», АО «ЕВРАЗ-уголь», АО «СУЭК», ПАО «ГМК «Норильский никель», АО «Воркутауголь» и другие.

SUBSOIL USE

UDC 622.831.31 © S.N. Mulev, A.I. Nimets, E.V. Goncharov, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) •
Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 4-5
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-4-5>

Title VNIMI – 90 YEARS

Authors

Mulev S.N.¹, Nimets A.I.¹, Goncharov E.V.¹

¹“Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center VNIMI” JSC, Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation

Authors' Information

Mulev S.N., Director of Science, e-mail: mulev@vnimi.ru

Nimets A.I., Manager of training center, e-mail: info@vnimi.ru

Goncharov E.V., Senior Researcher, e-mail: info@vnimi.ru

Abstract

A brief historical background is given for the creation of the Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center of the All-Russian Research Institute of Geomechanics (VNIMI). The main scientific and technical achievements are presented. Institute status today.

Keywords

Scientists, Achievements, Mining, Surveying, Geomechanics, Geophysics, Geodynamics, Safety, Rock blows, Coal, Ore, Instructions.

Received September 03, 2019

Современный этап развития геофизического метода регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ)

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-6-14>



МУЛЁВ С.Н.

*Директор по науке
АО «ВНИМИ»,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: mulev@vnimi.ru*



СТАРНИКОВ В.Н.

*Инженер геофизической лаборатории
АО «ВНИМИ»,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: info@vnimi.ru*



РОМАНЕВИЧ О.А.

*Инженер геофизической лаборатории
АО «ВНИМИ»,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: info@vnimi.ru*

ляется геофизическая аппаратура типа «Ангел». С ее помощью методом регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) также решаются задачи контроля и прогнозирования состояния вмещающих массивов горных пород и конструкций капитальных горных выработок, таких как транспортные и гидротехнические тоннели, проводятся работы по геодинамическому районированию территорий. В режиме автоматизированного комплексного геотехнического мониторинга метод регистрации ЕЭМИ используется для оперативного контроля негативных (техногенных и природных) воздействий на инженерные сооружения. Различными исследователями с помощью аппаратуры типа «Ангел» ведется поиск прогнозных критериев землетрясений в сейсмоактивных зонах по данным долгосрочных измерений естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ).

АО «ВНИМИ» (г. Санкт-Петербург) разработана новая модификация комплекса «Ангел» – ANGEL-M. В настоящее время новая аппаратура проходит опытную эксплуатацию и наработку критериев на шахтах и рудниках России, также проводятся экспериментальные работы в лабораторных условиях.

МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ЕЭМИ

Метод регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) (метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ)) основан на взаимосвязи параметров электромагнитного излучения и степени НДС в массивах горных пород различного состава. Данный метод является наиболее оперативным средством оценки изменения НДС – опыт использования бесконтактных эмиссионных методов горной геофизики свидетельствует о возможностях оперативного выполнения сплошной инструментальной диагностики конструкций подземных сооружений и вмещающих их массивов горных пород со скоростью до 1-2 км в сутки с шагом 5-10 м, включая время на обработку и анализ результатов.

Явление электромагнитной эмиссии при разрушении геоматериалов известно давно, и уже на ранних этапах исследований предполагалось, что возбуждение ЕЭМИ связано с активизацией сейсмoeлектрических и сейсмомангнитных явлений [1]. Впервые электризацию при пластическом деформировании наблюдал А.В. Степанов

В статье рассматриваются условия применения метода регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ), современные способы оперативной обработки, визуализации и интерпретации данных, полученных с помощью аппаратурного комплекса ANGEL-M.

Ключевые слова: угольные шахты, рудники, тоннели, электромагнитная эмиссия, аппаратура, мониторинг, лабораторные исследования, напряженно-деформированное состояние

ВВЕДЕНИЕ

Одной из перспективных разработок АО «ВНИМИ» (г. Санкт-Петербург), направленных на решение задач по оценке и контролю напряженно-деформированного состояния (НДС) породных массивов, определению степени удароопасности и структурной нарушенности угольных пластов и рудных залежей в зоне опорного давления, яв-

(1933 г.) [2], нагружая не склонные к проявлению пьезоэффекта кристаллы каменной соли. В дальнейшем проводились исследования влияния условий деформирования и различных факторов (примесей, облучения, температуры, наличия внешнего электрического поля) на характер электризации ионных кристаллов в процессе их пластического деформирования.

Интерес к ЕЭМИ как индикатору разрушения горных пород возрос в 1970-х годах в связи с проблемой прогноза землетрясений. Оказалось, что при подготовке землетрясений характер возмущения ЕЭМИ имеет некоторые общие черты. Так, например, возрастание интенсивности ЕЭМИ фиксируется за часы и сутки до землетрясения, которое происходит на спаде или непосредственно после аномалии ЕЭМИ. Процесс неустойчивого деформирования горных пород, как в земной коре, так и на образцах, сопровождается возбуждением многочисленных механоэлектрических преобразователей, причем динамичность и масштабность развития начальной стадии процесса разрушения определяют характеристики процесса ЕЭМИ [3, 4, 5].

На ранней стадии практического использования метода, в Томском политехническом институте под руководством профессора А.А. Воробьева, в лабораторных условиях зафиксировано ЕЭМИ при механическом воздействии на диэлектрические материалы [6].

В дальнейшем явление ЕЭМИ было исследовано как в России, так и за рубежом при деформациях различных материалов, включая щелочно-галоидные кристаллы, металлы и сплавы, монокристаллы, горные породы и лед. Наиболее интересные результаты были получены при проведении лабораторных и натурных исследований в ИФЗ РАН (Г.А. Соболев, А.В. Пономарев, М.Б. Гохберг), в Томском ПУ (А.А. Воробьев, Р.М. Гольд, Ш.Р. Мастов, Ю.П. Малышков, Л.В. Яворович, А.А. Беспалько, В.Н. Саломатин, В.Н. Сальников), в ИГД СО РАН (М.В. Курленя, В.Н. Опарин, Г.Е. Яковицкая, Г.И. Кулаков, А.Г. Вострецов), в КузГТУ (В.В. Тарасов, В.В. Дырдин), в ЛМГТ (К.П. Безродный, А.И. Баданин, А.С. Максимов, А.Д. Басов, К.В. Романевич), в МГУ (В.В. Ржевский, В.С. Ямщиков, В.Л. Шкуратник, А.С. Вознесенский, В.В. Набатов, Д.В. Тамарин), в МИФИ (В.В. Сурков), во ВНИМИ (В.И. Фрид, А.П. Скаун, В.М. Проскуряков, А.П. Шабаров, С.Ф. Панин, С.Н. Мулёв).

Аналогичные исследования проводились также за рубежом – в Грузии, Армении, Казахстане, Узбекистане, Украине и Киргизии. Важные результаты исследований, заключающиеся в фиксации возникновения ультразвуковых излучений перед землетрясениями, а также закономерностей увеличения количества электромагнитных эмиссионных сигналов перед внезапными выбросами угля и газа, были получены в США, Канаде, Японии, Китае, Индии, Израиле и других странах.

Из многочисленных лабораторных исследований было установлено, что ЕЭМИ связано с развитием процессов микротрещинообразования и возникает в процессе разрушения материалов. Эта особенность аномалии ЕЭМИ аутентична как на уровне лабораторных испытаний, так и для крупномасштабных исследований, включая взрывы и землетрясения.

Тщательное исследование особенностей ЕЭМИ во время разрушения горных пород, стекла и стеклокерамических материалов привело к пониманию того, что колеблющиеся электрические диполи, создаваемые на поверхностях трещин, являются источниками ЕЭМИ вне зависимости от химической/минералогической структуры материала и/или режима приложения нагрузки. Обосновано использование метода ЕЭМИ для идентификации активных разломов и оценки направления напряжений вокруг тоннелей. Наибольшее признание метод ЕЭМИ получил для оценки интенсивности напряжений в подземных выработках и тоннелях. Например, в работе [7] представлено наличие положительной корреляции между интенсивностью ЕЭМИ и напряжением горных пород, в то время как частота сигналов ЕЭМИ была обратно пропорциональна ширине микротрещин. Отметим, что это наблюдение согласуется с данными работы [8]. В работах [9, 10] продемонстрировано, что характеристики сигнала ЕЭМИ изменяются во временной и частотной областях при изменениях напряженного состояния, интенсивности трещинообразования и газовыделения в процессе добычи. В работах [11, 12] сравниваются особенности ЕЭМИ, вызванные разрушением горных пород, и показано, что увеличение скорости распространения трещин приводит к увеличению интенсивности ЕЭМИ. Эти результаты согласуются с результатами работы [13], в которой проанализированы изменения интенсивности, числа импульсов и частоты ЕЭМИ, соответствующих одноосному сжатию, растяжению и циклической нагрузке образцов горных пород, и продемонстрирована высокая степень корреляции между этими параметрами ЕЭМИ и уровнем приложенной нагрузки.

АО «ВНИМИ» (г. Санкт-Петербург) разработана методика регистрации активности ЕЭМИ в горных выработках. Согласно этой методике выделение наиболее напряженных участков осуществляется по активности или амплитуде ЕЭМИ, измеряемых на одном пороге регистрации, в процессе профилирования выработок, а расстояние до максимума определяется с помощью каротажа скважин или регистрации ЕЭМИ при бурении. Эта методика в различных модификациях нашла применение на рудных месторождениях. Исследования проводились на Таштаголе, в Норильске и Апатитах. Способ определения удароопасности массива горных пород по электромагнитной эмиссии защищен патентом РФ 2535329. Патентообладателем является АО «ВНИМИ».

Исследования феномена ЕЭМИ продолжаются. В 2019 г. в Национальном исследовательском Томском политехническом университете А.А. Беспалько успешно защищена докторская диссертация на тему «Физические основы и реализация метода электромагнитной эмиссии для мониторинга и краткосрочного прогноза изменений НДС горных пород» [14]. Разрабатываются новые методики и средства оценки и контроля параметров электромагнитных сигналов и характеристик электромагнитной эмиссии. В результате исследований ЕЭМИ при строительстве транспортных тоннелей в России обосновано применение метода регистрации электромагнитного излучения на дневной поверхности над горными выработками.

ми и внутри них для обнаружения и контроля изменений НДС крепи и вмещающего породного массива при изменениях напряжений 5-20% от разрушающих, разработана методика оперативной идентификации и прогнозирования относительно слабых геомеханических процессов в массиве горных пород по регистрации электромагнитного излучения [15].

АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ANGEL-M

На базе метода регистрации естественного импульсного электромагнитного излучения институтом ВНИМИ (г. Санкт-Петербург) разработана новая модификация аппаратного комплекса ANGEL-M, являющаяся одной из наиболее перспективных разработок компании (рис. 1).

Комплекс ANGEL-M предназначен для оценки параметров нестационарных геофизических полей, связанных с разрушением горных пород, и может применяться в горных выработках, в том числе опасных по газу и пыли. В шахтных условиях комплекс ANGEL-M используется для контроля устойчивости горных пород.

Комплекс состоит из блока регистрации и приемной электромагнитной штыревой антенны. ANGEL-M в автоматическом режиме выполняет прием сигналов переменного магнитного поля на антенну и выделяет аналоговыми методами и методами цифровой обработки импульсную составляющую нестационарных сигналов, связанную с естественным излучением горных пород. Фиксированное направление приема излучения задают ориентацией антенны.



Рис. 1. Блок регистрации аппаратного комплекса ANGEL-M
Fig. 1. Registration unit of the hardware complex ANGEL-M

Комплекс переносится и обслуживается одним оператором. Оператор выбирает режим при помощи вложенного меню, отображаемого на экране матричного дисплея. Цикл наблюдений в каждом режиме включает: прием сигналов от датчика в течение заданного интервала времени, обработку полученных данных, запоминание параметров и оценки. Через заданный временной интервал происходит запись файла, содержащего динамику изменения измеряемого поля с частотой дискретизации сигнала до 467000 Гц. Данные копируются из памяти прибора в компьютер и оформляются в виде табличных файлов для текстового или графического документирования.

Результаты измерений выводятся на табло прибора (рис. 2), где указываются номер замера и показатели структуры излучения A, B, где A – средняя амплитуда импульсов, зарегистрированных в заданный промежуток времени (10; 20; 40; 80 с), B – показатель распределения амплитуд импульсов по 10 уровням (L1-L10) (tg угла наклона прямой распределения).

Фильтрация и визуализация результатов регистрации ЭЭМИ, получаемых с помощью аппаратуры ANGEL-M, производятся по специальному алгоритму, интерпретации подвергаются как сам сигнал, так и его спектральные характеристики и рассчитанные автоматически показатели структуры излучения.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕГИСТРАЦИИ ЭЭМИ

Наиболее мощные импульсы электромагнитного излучения фиксируются на участках горных выработок, где происходит резкое изменение напряженно-деформированного состояния в динамической форме: шелушение, стрельяние, динамическое заколообразование, микроудары и горные удары.

Пример визуализации натуральных данных, полученных ВНИМИ (2017 г.) при регистрации в нестабильных горных выработках Таштагольского месторождения с помощью аппаратуры ANGEL-M, представлен на рис. 3.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЭМИ

Аналогичные сигналы получены в ходе многочисленных лабораторных исследований [16, 17, 18, 19] при нагружении на прессах различных материалов (гранит, мрамор, мел, стеклокерамика, стекло, металлы, лед и проч.), причем характерные виды излучения получены для каждой из стадий напряженно-деформированного состояния, начиная от стадии упругого деформирования и заканчивая стадией разрушения образца.

В работе [16] показано, что чем больше горная порода склонна к хрупкому разрушению, тем больший уровень

Line	Picket	Comp.	τ[s]	A[mkv]	L1[mkv]	L10[mkv]	var_A[%]	B	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10
1	1	1	10	9.3	18.2	72.9	0	0.190	65005	64909	64786	64412	63435	59892	45472	15196	3819	256
1	2	1	10	10.0	19.5	83.1	0	0.184	65003	64894	64752	64417	63411	59396	42921	12554	3321	256
1	3	1	10	9.6	18.7	77.1	0	0.184	65000	64904	64780	64467	63482	59862	45217	14780	3566	256
1	4	1	10	9.8	19.1	76.2	0	0.186	65003	64909	64788	64485	63619	60318	46734	16434	3939	256
1	5	1	10	10.0	19.9	74.1	0	0.198	65001	64904	64780	64471	63623	60539	47871	17835	3893	258
1	6	1	10	9.1	17.9	68.4	0	0.195	65010	64929	64796	64509	63659	60440	47506	17295	3907	258
1	7	1	10	9.2	18.0	68.3	0	0.194	65000	64903	64783	64511	63647	60374	47243	17194	4072	256
1	8	1	10	9.1	18.2	67.9	0	0.200	65002	64898	64784	64528	63635	60479	47540	17543	3848	257
1	9	1	10	9.0	17.9	66.8	0	0.197	65004	64905	64779	64510	63653	60645	47905	17826	4069	256
1	10	1	10	8.5	16.9	66.3	0	0.190	65004	64887	64742	64431	63498	59789	45900	16200	4058	256

Рис. 2. Пример вывода информации текстового файла

Fig. 2. An example of the output of text file information

поверхностной плотности энергии регистрируется при образовании трещин. В работе [17] подробно рассмотрены спектрально-временные характеристики сигналов электромагнитного излучения при разрушении горных пород.

В ходе лабораторных экспериментов, целью которых являлась оценка возможности оперативной визуализации и интерпретации электромагнитных сигналов от разрушающихся образцов различных материалов, во ВНИМИ были получены данные, соответствующие теоретическим представлениям распространения электромагнитного импульсного излучения и данным предыдущих многочисленных испытаний на прессах (рис. 4).

Лабораторные эксперименты представляют собой регистрацию акустической и электромагнитной эмиссии на нескольких видах датчиков в широком диапазоне частот в процессе разрушения образцов горных пород и искусственных материалов под действием внешних сил на нагружающих устройствах различного типа с фиксацией величины нагрузки. Разрушение образца происходит после перехода за предел прочности нормальных и касательных напряжений, возникающих в материале при его упругих де-

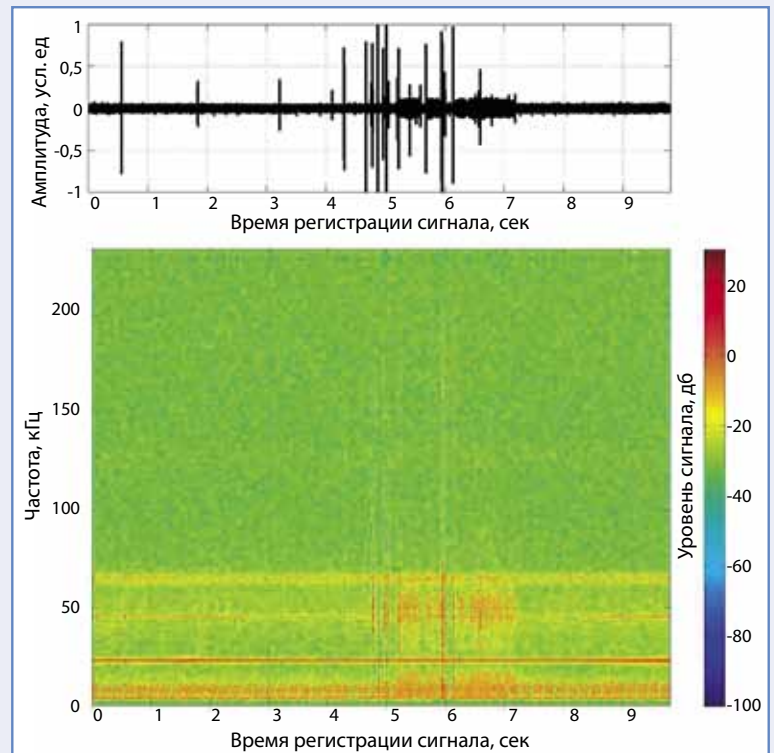


Рис. 3. Пример визуализации натуральных данных, полученных при регистрации ЕЭМИ в горных выработках Таштагольского месторождения (ВНИМИ, 2017 г). Зарегистрированный сигнал – вверху, спектрограмма – внизу

Fig. 3. An example of the visualization of field data obtained during the registration of EEMI (NER) in the mine workings of the Tashtagol field (VNIMI, 2017). The registered signal is at the top, the spectrogram is at the bottom



формациях – сжатию, растяжению, изгибе, сдвиге, в основном по ослабленным сечениям, имеющим дефекты, которые практически всегда присутствуют в горных породах. Регистрация электромагнитного излучения производится на расстоянии 0,5-1 м от разрушаемого образца.

Системой нагружения является испытательный гидравлический пресс, измерительная система реализована на базе модулей QMBox («Р-Технолджи», г. Москва), акустическим каналом является акселерометр BC-201 (ООО «ЭТМС»,

Рис. 4. Опытная регистрация ЕЭМИ в лаборатории ВНИМИ: А, В – набор образцов различных материалов для испытаний; С – монтаж приемной антенны на защитную пенополистироловую пластину; D – зона разрушения образцов; E – регистрация ЕЭМИ аппаратным комплексом ANGEL-M

Fig. 4. Experimental registration of EEMI (NER) in the VNIMI laboratory: A, B – a set of samples of various materials for testing; C – installation of a receiving antenna on a protective polystyrene foam plate; D – is the destruction zone of the samples; E – registration of the EEMI (NER) with the hardware complex ANGEL-M

г. Зеленоград), каналом ЕЭМИ – штыревая ферритовая антенна и аналоговый модуль комплекса ANGEL-M, датчик нагрузки – тензометрический.

На рис. 5 представлены характерный вид сигнала ЕЭМИ и его спектрограмма при разрушении образца горной породы (аргиллит).

Также были исследованы параметры импульсов ЕЭМИ, возникающих в образцах горных пород под приложенной нагрузкой (без ее увеличения) до момента их разрушения. Испытанию подвергались образцы различных горных пород: гранит, аргиллит и другие.

Так, при испытаниях гранитного керна диаметром 40 мм, высотой 85 мм (рис. 6) были получены характерные сигналы электромагнитного излучения и акустической эмиссии при прорастании микротрещин в образцах под статической нагрузкой без ее увеличения.

Испытания проводились в режиме одноосного сжатия образца с нарастанием приложенного усилия – от 0 до $\frac{3}{4}$ критического, выдержка нагружения составляла 0,5 мин, после чего проводилось дальнейшее увеличение нагрузки до момента разрушения образца, скорость приложения разрушающего усилия – 75 кН/с. Регистрация результатов велась в режиме реального времени, фиксировались величина нагрузки, сигналы акустической эмиссии (АЭ) и сигналы ЕЭМИ (рис. 7).

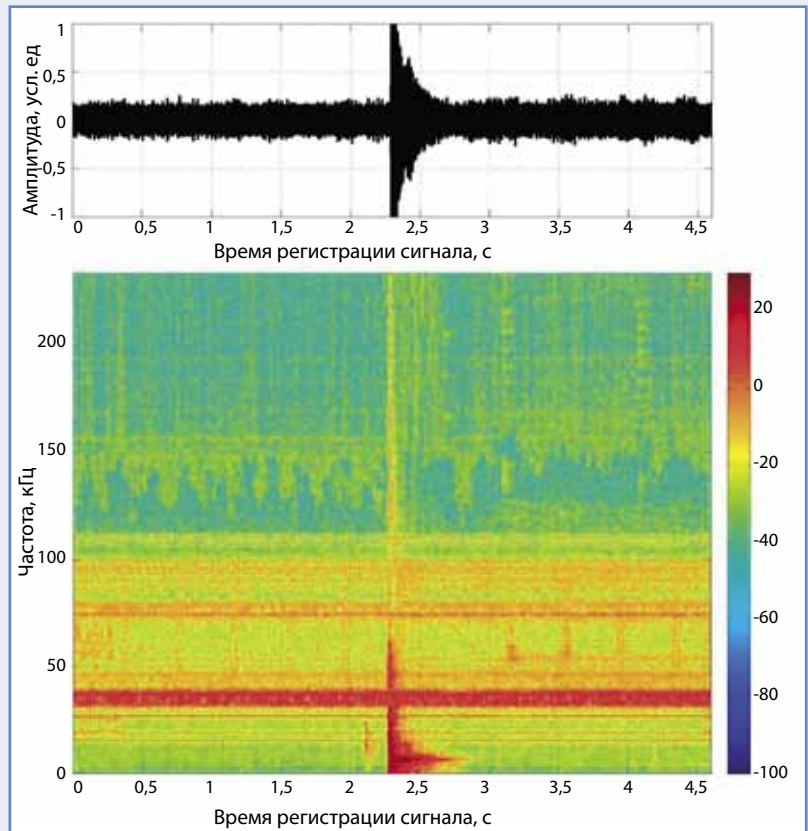


Рис. 5. Результаты регистрации ЕЭМИ при разрушении образца горной породы (аргиллит). Форма сигнала – вверху, его спектрограмма – внизу

Fig. 5. The results of the registration of EEMI (NER) during the destruction of a rock sample (mudstone). The waveform is at the top, its spectrogram is at the bottom



Рис. 6. Внешний вид образца
Fig. 6. Appearance of the sample

При расшифровке записи результатов и их анализе отмечалось следующее:

- на отметке 4 с – скол образца (усилие – порядка 175 кН): на графике нагрузки – кратковременный скачок усилия, на графиках ЕЭМИ и АЭ – фиксация импульсов эмиссии;
- в интервале 4-32 с – нагрузка 180 кН (величина напряжения – 138 МПа): регистрируются импульсы ЕЭМИ и редкие импульсы АЭ на протяжении всего периода статической нагрузки;
- в интервале 32-38 с – возобновление режима роста нагрузки до момента разрушения образца;
- на отметке 32 с – падение нагрузки (вероятно, из-за конструкции гидравлической системы);
- разрушение образца происходит при нагрузке 240 кН (предел прочности образца – 185 МПа): при разрушении образца регистрируются импульсы ЕЭМИ и АЭ.

Результаты подобных опытов подтверждают наличие практической возможности прогнозирования разрушения образцов горных пород и других искусственных материалов по электромагнитному излучению, регистрируемому аппаратурой ANGEL-M.

В настоящее время в аппаратном комплексе ANGEL-M также реализована возможность учета и фильтрации промышленных помех при диагностике реальных массивов

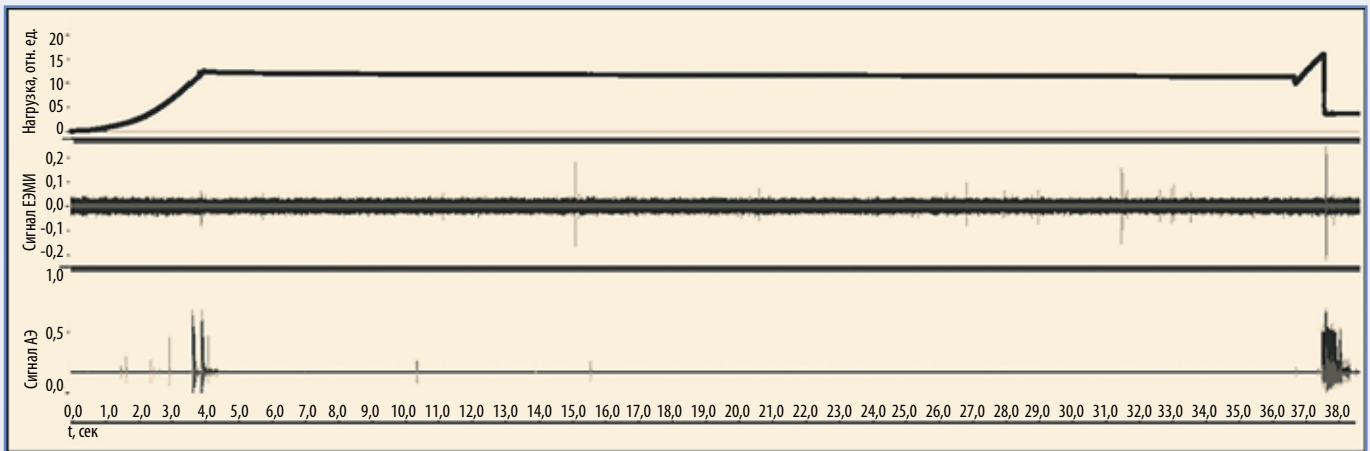


Рис. 7. Результаты регистрации величины нагрузки, сигналов ЕЭМИ и АЭ при прорастании микротрещин в образце
Fig. 7. The results of recording the magnitude of the load, the EEMI and AE signals during the germination of microcracks in the sample

горных пород. На рис. 8 приведен пример регистрации электромагнитного поля с искусственной помехой, создаваемой генератором электромагнитных импульсов в широкой полосе частот (аналог промышленных помех в строящихся и действующих подземных сооружениях). Таким образом, получаемый сигнал после его визуализации может быть «очищен» от влияния различных помех и проинтерпретирован с их учетом.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ ЕЭМИ

В соответствии с действующими нормативными документами [20] метод регистрации ЕЭМИ может применяться для решения широкого круга задач при инженерно-геологических изысканиях для строительства:

- изучение в плане и разрезе положения геологических границ;
- обнаружение и локализация участков смещения масс горных пород и трещинообразования на ранних стадиях подготовки этих процессов при изменениях напряженного состояния массива с определением времени начала смещений и его прогноз;
- контроль развития деформаций подработанных территорий, осадок и просадок территории, в том числе вследствие сейсмической активности;
- выявление и оконтуривание зон повышенной трещиноватости, тектонических нарушений и активных разрывных структур;
- определение состояния и свойств грунтов в массиве и их изменений;
- наблюдение за изменением напряженного состояния, возникновением и развитием трещин и проведение мониторинга опасных геологических и инженерно-геологических процессов.

Метод регистрации ЕЭМИ широко применяется для контроля напряженно-деформированного состояния с

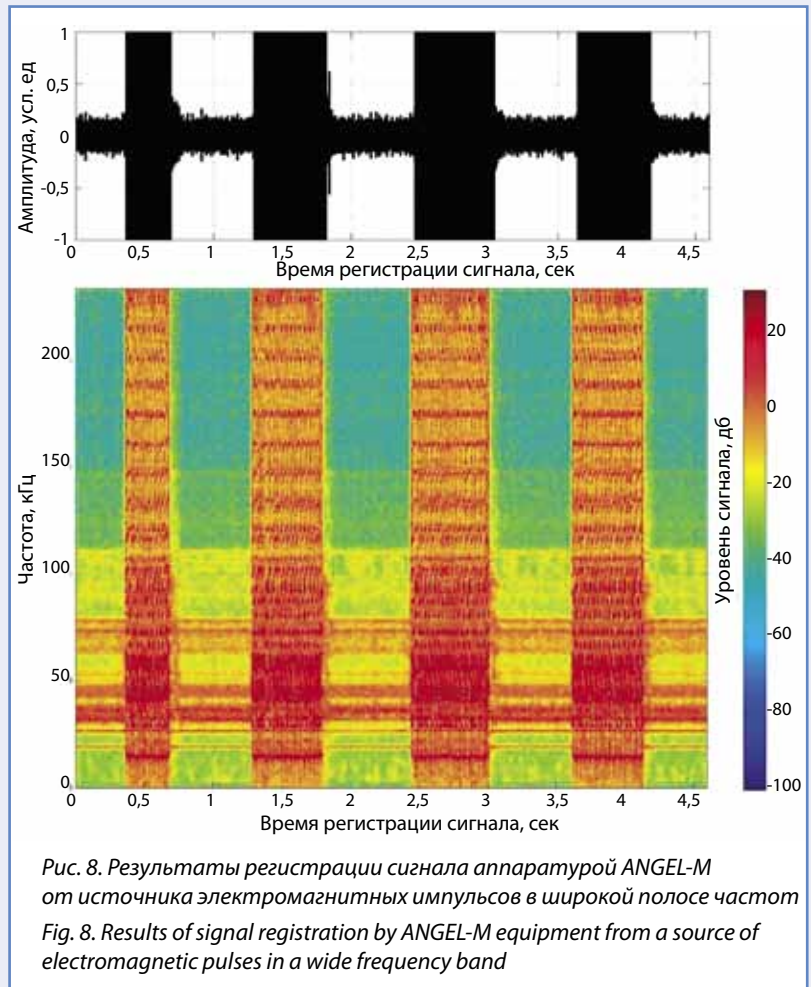


Рис. 8. Результаты регистрации сигнала аппаратурой ANGEL-M от источника электромагнитных импульсов в широкой полосе частот
Fig. 8. Results of signal registration by ANGEL-M equipment from a source of electromagnetic pulses in a wide frequency band

целью выделения участков, склонных к проявлению динамических форм горного давления на шахтах и рудниках [21].

Являясь эффективным техническим средством неразрушающего контроля, метод регистрации ЕЭМИ способен регистрировать и отображать даже незначительные изменения напряженно-деформированного состояния как конструкций, так и вмещающего грунтового массива.

ва при строительстве и последующей эксплуатации подземных сооружений. Так, в работе [22] показана техническая возможность применения метода регистрации ЕЭМИ для контроля устойчивости выработок Петербургского метрополитена, а в работе [23] – опыт оценки взаимного влияния подземных сооружений метрополитена при строительстве и эксплуатации, в том числе с использованием метода ЕЭМИ. В последнем случае отмечается, что максимум уровня сигналов естественного электромагнитного излучения регистрируется не в пределах самого пересекающегося в плане тоннеля, а в тех интервалах, где по теоретическим и практическим данным находятся максимумы опорного давления, а также еще и вторичные зоны опорного давления. Этими исследованиями подтверждаются общие представления о знакопеременном распределении напряженно-деформированного состояния в окрестностях подземных выработок, имеющем характер зональной дезинтеграции горных пород.

Весьма актуальным является применение метода регистрации ЕЭМИ для мониторинга опасных геологических процессов, включающего систему постоянных наблюдений, анализа и прогноза состояния геологической среды, а также оценку негативного влияния горных работ на окружающую среду и безопасность. В соответствии с требованиями действующих нормативных документов [24] при мониторинге проводят контроль процессов, протекающих в конструкциях объектов и грунте, для своевременного обнаружения на ранней стадии тенденции негативного изменения напряженно-деформированного состояния конструкций и оснований, которое может повлечь переход объекта в ограниченно работоспособное или аварийное состояние. Одним из специальных методов раннего выявления и локализации зон изменения напряженно-деформированного состояния вмещающих пород и конструкций подземных сооружений является метод регистрации ЕЭМИ, применение которого обосновано как в виде режимных наблюдений с заданным регламентом измерений, так и в виде автоматизированной системы мониторинга.

В качестве примера реализации стационарной автоматизированной системы мониторинга технического состояния строительных конструкций уникальных подземных сооружений, основанной на регистрации ЕЭМИ, можно привести мониторинговую систему непрерывной регистрации естественного электромагнитного излучения в действующих транспортных (автодорожных и железнодорожных) тоннелях линии Сочи – Красная поляна. В работе [25] приводится краткое описание методики выделения прогнозных критериев в сигналах электромагнитного излучения, регистрируемых автоматической системой регистрации ЕЭМИ в транспортных тоннелях. В общем виде представлена структура этой системы, являющейся, по сути, инструментом локального автоматизированного мониторинга состояния конструкций контролируемых тоннелей и вмещающих их массивов горных пород и оперативного контроля за негативными (техногенными и природными) воздействиями на тоннельные сооружения на всем их протяжении. Вместе с тем представлена техническая возможность

проведения регистрации удаленных землетрясений и выполнения контроля сейсморежима региона в целом с помощью подсистем комплексного автоматизированного геотехнического мониторинга (ГТМ). Также приводятся некоторые результаты, демонстрирующие эффективность предлагаемых прогнозных критериев сейсмособытий по результатам регистрации ЕЭМИ [25]. О похожих результатах, полученных с помощью аппаратуры ANGEL-M при землетрясениях в Гималаях, сообщают также коллеги из Центральной Индии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе кратко рассмотрены условия применения метода регистрации ЕЭМИ, современные способы оперативной обработки, визуализации и интерпретации данных, полученных с помощью аппаратурного комплекса ANGEL-M, в котором реализована возможность учета и фильтрации промышленных помех при диагностике реальных массивов горных пород.

Результаты лабораторных испытаний, а также многочисленные натурные наблюдения методом регистрации ЕЭМИ с аппаратурой ANGEL-M подтверждают наличие практической возможности контроля деформирования и разрушения массивов горных пород и искусственных материалов по электромагнитному излучению.

Отмечается, что исследование феномена естественного электромагнитного излучения продолжается – разрабатываются новые методики и средства оценки и контроля параметров электромагнитных сигналов и характеристик естественного электромагнитного излучения горных пород и материалов конструкций подземных сооружений.

Широкое применение метода регистрации ЕЭМИ в угольной и рудной промышленности, при инженерно-геологических изысканиях для строительства, а также в режиме мониторинга (в том числе автоматизированного мониторинга) опасных геологических процессов позволяет говорить о значительном прогрессе, достигнутом на современном этапе изучения ЕЭМИ, в том числе благодаря разработке аппаратуры типа «Ангел» и ее новой модификации ANGEL-M.

Список литературы

1. Гридин О.М., Гончаров С.А. Электромагнитные процессы: учебник для вузов. М.: Горная книга, 2009. 498 с.
2. Stepanow A.W. Uber den Mechanismus der plastischen Deformation // Zeitschrift fuer Physik. 1933. Bd. 81. N. 7-8. P. 560-564.
3. Яковицкая Г.Е. Разработка метода и измерительных средств диагностики критических состояний горных пород на основе электромагнитной эмиссии: дис. ... д-ра техн. наук. Новосибирск, 2007. 427 с.
4. Яворович Л.В. Взаимосвязь параметров электромагнитных сигналов с изменением напряженно-деформированного состояния горных пород: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2005. 196 с.
5. Каталог импульсных электромагнитных предвестников землетрясений / АН СССР, Ин-т физики Земли им. О.Ю. Шмидта [составители Н.Н. Никифорова, С.И. Зубков и др.]. М.: Наука, 1991. 126 с.

6. Воробьев А.А. О возможности электрических разрядов в недрах Земли // Геология и геофизика. 1970. № 12. С. 3-13.
7. Study on the characteristics of coal rock electromagnetic radiation (EMR) and the main influencing factors / X. Song, X. Li, Z. Li, Z. Zhang, F. Cheng, P. Chen, Y. Liu // *Journal of Applied Geophysics*. 2018. Vol. 148. P. 216–225.
8. Rabinovitch A., Frid V., Bahat D. Surface oscillations-A possible source of fracture induced electromagnetic radiation // *Tectonophysics*. 2007. Vol. 431. P. 15-21 (and refs therein).
9. Characteristics and precursor information of electromagnetic signals of mining-induced coal and gas outburst / L. Qiu, Z. Li, E. Wang, Z. Liu, J. Ou, X. Li, M. Ali, Y. Zhang, S. Xia // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2018. Vol. 54. P. 206–215.
10. Measurement of the stress field of a tunnel through its rock EMR / L. Qiu, E. Wang, D. Song, Z. Liu, R. Shen, G. Lv, Z. Xu // *Journal Geophys. Eng.* 2017. Vol. 14. P. 949–959.
11. Changes in frequency of electromagnetic radiation from loaded coal rock / D. Song, E. Wang, X. Song, P. Jin, L. Qiu // *Rock Mech Rock Eng.* 2016. Vol. 49. P. 291-302.
12. Use of electromagnetic radiation from fractures for mining-induced stress field assessment / D. Song, E. Wang, X. He, H. Jia, L. Qiu, P. Chen, S. Wang // *Journal Geophys. Eng.* 2018. Vol. 15. P. 1093–1103.
13. Liu X., Wang E. Study on characteristics of EMR signals induced from fracture of rock samples and their application in rockburst prediction in copper mine // *Journal Geophys. Eng.* 2018. Vol. 15. P. 909–920.
14. Беспалько А.А. Физические основы и реализация метода электромагнитной эмиссии для мониторинга и краткосрочного прогноза изменений напряженно-деформированного состояния горных пород; дис. ... д-ра техн. наук. Томск, 2019. 398 с.
15. Романевич К.В. Разработка критериев и методики идентификации геодинамических процессов по электромагнитному излучению вблизи выработок неглубокого заложения: дис. ... канд. техн. наук. М., 2015. 156 с.
16. Характеристики электромагнитного излучения горных пород при их разрушении в лабораторных экспериментах / А.Г. Вострецов, А.В. Кривецкий, А.А. Бизяев, Г.Е. Яковицкая // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. 2013. № 2. С. 46-54.
17. Регистрация и обработка сигналов электромагнитного излучения горных пород / М.В. Курленя, А.Г. Вострецов, Г.И. Кулаков, Г.Е. Яковицкая. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2000. 232 с.
18. Фурса Т.В. Электромагнитная эмиссия строительных материалов: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 1998. 167 с.
19. Bahat D., Rabinovitch A., Frid V. Tensile fracturing in rocks. *Tectonofractographic and Electromagnetic Radiation Methods*. Springer. Heidebberg, 2005. 569 p.
20. СП 11-105-97. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. I. Общие правила производства работ; ГОСТ Р 57208-2016 Тоннели и метрополитены. Правила обследования и устранения дефектов и повреждений при эксплуатации; ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния; СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Ч. VI. Правила производства геофизических исследований. М.: Стандартинформ, 2014.
21. Яковлев Д.В., Мулёв С.Н. Опыт применения многофункциональной геофизической аппаратуры АНГЕЛ-М в угольной и рудной промышленности // *Уголь*. 2014. № 10. С. 14-19. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102014.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).
22. Романевич К.В., Басов А.Д. О возможности применения метода регистрации естественного электромагнитного излучения для контроля устойчивости выработок Петербургского метрополитена // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2016. Т. 1. № 3. С. 163-167.
23. Лебедев М.О., Романевич К.В., Басов А.Д. Оценка взаимного влияния подземных сооружений метрополитена при строительстве и эксплуатации // *Геотехника*. 2018. Т. 10. № 1. С. 82-92.
24. ГОСТ 32019-2012. Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений. Правила проектирования и установки стационарных систем (станций) мониторинга (с изменением № 1, с поправкой). М.: Стандартинформ, 2014.
25. Поиск прогнозных критериев сейсмособытий по данным автоматической системы комплексного геотехнического мониторинга в транспортных тоннелях Сочи / С.Г. Катаев, М.О. Лебедев, К.В. Романевич и др. // Тезисы конференции «Инженерная и рудная геофизика 2019». Геленджик, 22-26 апреля 2019 г.

UDC 622.831.31 © S.N. Mulev, V.N. Starnikov, O.A. Romanevich, 2019
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 6-14
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-6-14>

Title
THE CURRENT STAGE OF DEVELOPMENT OF THE GEOPHYSICAL METHOD FOR RECORDING NATURAL ELECTROMAGNETIC RADIATION (EEMI – NER)

Authors

Mulev S.N.¹, Starnikov V.N.¹, Romanevich O.A.¹

¹Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center VNIMI¹ JSC, Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation

Authors' Information

Mulev S.N., Director of Science, e-mail: mulev@vnimi.ru

Starnikov V.N., geophysical laboratory engineer, e-mail: info@vnimi.ru

Romanevich O.A., geophysical laboratory engineer, e-mail: info@vnimi.ru

Abstract

In this paper, we consider the conditions for applying the method of recording natural electromagnetic radiation (EEMI – NER), modern methods for the operational processing, visualization and interpretation of data obtained using the ANGEL-M hardware complex.

Keywords

Coal mines, Mines, Tunnels, Electromagnetic emission, Equipment, Monitoring, Laboratory tests, Stress-strain state.

References

- Gridin O.M. & Goncharov S.A. *Elektromagnitnyye protsessy: uchebnik dlya vuzov* [Electromagnetic processes: a textbook for high schools]. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2009, 498 p. (In Russ.).
- Stepanov A.W. *Über den Mechanismus der plastischen Deformation. Zeitschrift fuer Physik*, 1933, Bd. 81, H. 7-8, pp. 560-564.
- Yakovitskaya G.E. *Razrabotka metoda i izmeritel'nykh sredstv diagnostiki kriticheskikh sostoyaniy gornykh porod na osnove elektromagnitnoy emissii*. Diss. dokt. techn. nauk [Development of a method and measuring tools for the diagnosis of critical conditions of rocks based on electromagnetic emission. Dr. eng. sci. diss.]. Novosibirsk, 2007, 427 p. (In Russ.).
- Yavorovich L.V. *Vzaimosvyaz' parametrov elektromagnitnykh signalov s izmeneniyem napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gornykh porod*. Diss. kand. techn. nauk [The relationship of the parameters of electromagnetic signals with a change in the stress-strain state of rocks. PhD eng. diss.]. Tomsk, 2005, 196 p. (In Russ.).
- Nikiforova N.N., Zubkov S.I. et al. *Katalog impul'snykh elektromagnitnykh predvestnikov zemletryaseniy*. AN SSSR, In-t fiziki Zemli im. O.Yu. Shmidta [Earthquake Pulsed Electromagnetic Earthquake Catalog. USSR Academy of Sciences, Institute of Physics of the Earth named after O.Yu. Schmidt]. Moscow, Nauka Publ., 1991, 126 p. (In Russ.).
- Vorobyev A.A. *O vozmozhnosti elektricheskikh razryadov v nedrah Zemli [About the possibility of electric discharges in the bosom of the earth]*. *Geology and geophysics*, 1970, No. 12, pp. 3-13. (In Russ.).
- Song X., Li X., Li Z., Zhang Z., Cheng F., Chen P. & Liu Y. Study on the characteristics of coal rock electromagnetic radiation (EMR) and the main influencing factors. *Journal of Applied Geophysics*, 2018, Vol. 148, pp. 216–225.
- Rabinovitch A., Frid V. & Bahat D. Surface oscillations-A possible source of fracture induced electromagnetic radiation. *Tectonophysics*, 2007, Vol. 431, pp. 15-21 (and refs therein).
- Qiu L., Li Z., Wang E., Liu Z., Ou J., Li X., Ali M., Zhang Y. & Xia S. Characteristics and precursor information of electromagnetic signals of mining-induced coal and gas outburst. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2018, Vol. 54, pp. 206–215.
- Qiu L., Wang E., Song D., Liu Z., Shen R., Lv G. & Xu Z. Measurement of the stress field of a tunnel through its rock EMR. *Journal Geophys. Eng.*, 2017, Vol. 14, pp. 949–959.
- Song D., Wang E., Song X., Jin P. & Qiu L. Changes in frequency of electromagnetic radiation from loaded coal rock. *Rock Mech Rock Eng.*, 2016, Vol. 49, pp. 291-302.
- Song D., Wang E., He X., Jia H., Qiu L., Chen P. & Wang S. Use of electromagnetic radiation from fractures for mining-induced stress field assessment. *Journal Geophys. Eng.*, 2018, Vol. 15, pp. 1093–1103.
- Liu X. & Wang E. Study on characteristics of EMR signals induced from fracture of rock samples and their application in rockburst prediction in copper mine. *Journal Geophys. Eng.*, 2018, Vol. 15, pp. 909–920.
- Bespalko A.A. *Fizicheskiye osnovy i realizatsiya metoda elektromagnitnoy emissii dlya monitoringa i kratkosrochnogo prognoza izmeneniy napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya gornykh porod*. Diss. dokt. techn. nauk [Physical foundations and implementation of the method of electromagnetic emission for monitoring and short-term forecast of changes in the stress-strain state of rocks. Dr. eng. sci. diss.]. Tomsk, 2019, 398 p. (In Russ.).
- Romanevich K.V. *Razrabotka kriteriyev i metodiki identifikatsii geodinamicheskikh protsessov po elektromagnitnomu izlucheniyu vblizy vyrabotok neglubokogo zalozheniya*. Diss. kand. techn. nauk [Development of criteria and methods for identifying geodynamic processes by electromagnetic radiation near shallow workings. PhD eng. diss.]. Moscow, 2015, 156 p. (In Russ.).
- Vostretsov A.G., Krivetsky A.V., Bizyaev A.A. & Yakovitskaya G.E. *Kharakteristiki elektromagnitnogo izlucheniya gornykh porod pri ikh razrushenii v laboratornykh eksperimentakh* [Characteristics of electromagnetic radiation of rocks during their destruction in laboratory experiments]. *Doklady Akademii nauk vysshey shkoly Rossiyskoy Federatsii – Reports of the Academy of Sciences of the Higher School of the Russian Federation*, 2013, No. 2 (21), pp. 46-54. (In Russ.).
- Kurlenya M.V., Vostretsov A.G., Kulakov G.I. & Yakovitskaya G.E. *Registratsiya i obrabotka signalov elektromagnitnogo izlucheniya gornykh porod* [Registration and processing of signals of electromagnetic radiation of rocks]. Novosibirsk, Publishing House SB RAS, 2000, 232 p. (In Russ.).
- Fursa T.V. *Elektromagnitnaya emissiya stroitel'nykh materialov*. Diss. kand. techn. nauk [Electromagnetic emission of building materials. PhD eng. diss.]. Tomsk, 1998, 167 p. (In Russ.).
- Bahat D., Rabinovitch A. & Frid V. *Tensile fracturing in rocks. Tectonofractographic and Electromagnetic Radiation Methods*. Springer, Heidelberg, 2005, 569 p.
- SP 11-105-97. *Inzhenerno-geologicheskiye izyskaniya dlya stroitel'stva*. Ch. I. *Obshchiye pravila proizvodstva rabot; GOST R 57208-2016 Tonneli i metropoliteny. Pravila obsledovaniya i ustraneniya defektov i povrezhdeniy pri ekspluatatsii; GOST 31937-2011 Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya; SP 11-105-97 Inzhenerno-geologicheskiye izyskaniya dlya stroitel'stva*. Ch. VI. *Pravila proizvodstva geofizicheskikh issledovaniy* [SP 11-105-97. Engineering and geological surveys for construction. Part I. General rules for the production of work; GOST R 57208-2016 Tunnels and subways. Rules for inspection and elimination of defects and damage during operation; GOST 31937-2011 Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition; SP 11-105-97 Engineering and geological surveys for construction. Part VI. Rules for the production of geophysical surveys]. Moscow, Standardinform Publ., 2014. (In Russ.).
- Yakovlev D.V. & Mulyov S.N. *Opyt primeneniya mnogofunktional'noj geofizicheskoy apparatury ANGEL-M v ugol'noy i rudnoy promyshlennosti* [Experience of ANGEL-M multipurpose geophysical equipment use in coal industry and ore mining]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2014, No. 10, pp. 14-19. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102014.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).
- Romanevich K.V. & Basov A.D. *O vozmozhnosti primeneniya metoda registratsii yestestvennogo elektromagnitnogo izlucheniya dlya kontrolya ustoychivosti vyrabotok Peterburgskogo metropolitena* [About the possibility of using the method of recording natural electromagnetic radiation to control the stability of the workings of the St. Petersburg metro]. *Fundamental'nyye i prikladnyye voprosy gornykh nauk – Fundamental and applied issues of mining*, 2016, Vol. 1, No. 3, pp. 163-167. (In Russ.).
- Lebedev M.O., Romanevich K.V. & Basov A.D. *Otsenka vzaimnogo vliyaniya podzemnykh sooruzheniy metropolitena pri stroitel'stve i ekspluatatsii* [Assessment of the mutual influence of underground metro structures during construction and operation]. *Geotekhnika*, 2018, Vol. 10, No. 1, pp. 82-92. (In Russ.).
- GOST 32019-2012. *Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy*. Pravila proyektirovaniya i ustanovki stantsionnykh sistem (stantsiy) monitoringa (s izmeneniyem № 1, s popravkoy). [GOST 32019-2012. Monitoring the technical condition of unique buildings and structures. Rules for the design and installation of stationary monitoring systems (stations) (as amended by No. 1, as amended).] Moscow, Standardinform Publ., 2014. (In Russ.).
- Kataev S.G., Lebedev M.O., Romanevich K.V. et al. *Poisk prognoznykh kriteriyev seysmosobiytiy po dannym avtomaticheskoy sistemy kompleksnogo geotekhnicheskogo monitoringa v transportnykh tonnellyakh Sochi: Tezisy konferentsii "Inzhenernaya i rudnaya geofizika 2019"* [Search for predictive criteria for seismic events according to the data of an automatic system for integrated geotechnical monitoring in Sochi transport tunnels: Abstracts of the conference "Engineering and ore geophysics 2019"]. Gelendzhik, April 22-26, 2019. (In Russ.).

Received September 03, 2019

Измерительный комплекс «ANGEL-M»

Комплекс «ANGEL-M» – программно-аппаратный комплекс оборудования, обеспечивающий прием электромагнитных волн, вызванных процессами разрушения горных пород, накопление и анализ данных, а также запись результатов в память для вывода на компьютер и последующего документирования. Комплекс состоит из блока регистрации (ресивера) и подключаемой приемной электромагнитной антенны штыревого типа.

Комплекс «ANGEL-M» предназначен для оценки параметров нестационарных электромагнитных полей, возникающих при разрушении горных пород. Комплекс может применяться в горных выработках, в том числе опасных по газу и пыли. В шахтных условиях комплекс используется для контроля устойчивости горных пород.

Во время регистрации комплекс в течение заданного интервала времени принимает сигнал переменного электромагнитного поля и выделяет аналоговыми методами и методами цифровой обработки импульсную составляющую нестационарных сигналов, связанную с естественным излучением горных пород.

ОСНОВНЫЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ:

- Поиск и текущий контроль участков напряженно-деформированного состояния массива горных пород в горных выработках, опасных по горным ударам и внезапным выбросам угля и газа;
- Изучение влияния геомеханических процессов на промышленные сооружения;
- Инженерно-геологические исследования при сооружении и эксплуатации зданий, трубопроводов, коммуникаций в условиях городской застройки.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЕМНОГО БЛОКА:

- Тип интерфейса: USB 2.0 с реализацией Mass Storage Device. На компьютере блок виден как внешний накопитель объемом 1 Гб, файловая система FAT16;
- Полоса регистрируемых частот: 5000-150000 Hz;
- Частота дискретизации сигнала: 467000 Hz;
- Разрядность аналого-цифрового преобразования: 16 бит;
- Аналоговые фильтры: ФНЧ – 1 порядка, ФВЧ – 1 порядка;
- Коэффициент усиления: 30;
- Время непрерывной работы (до перезарядки аккумуляторов): не менее 20 ч;
- Срок хранения данных: не менее 1 года;
- Пылевлагозащищенность: IP65;
- Срок службы – не менее 5 лет.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АНТЕННЫ ПРИЕМНОЙ:

- Полоса регистрируемых частот: 5000-150000 Hz;
- Резонансная частота: 25000 Hz;
- Аналоговые фильтры: ФВЧ – 2 порядка;
- Коэффициент усиления предусилителя: 100;
- Питание: 5 В;
- Потребляемый ток: не более 3 мА;
- Максимальная удаленность от блока регистрации: 2 м;
- Пылевлагозащищенность: IP65;
- Срок службы – не менее 5 лет.

Больше подробной информации на сайте: www.vnimi.ru



**АО «Научно-исследовательский институт горной геомеханики
и маркшейдерского дела – межотраслевой научный центр ВНИМИ»
(АО «ВНИМИ»)**

199106, г. Санкт-Петербург, 22-я линия ВО, 3/1

Тел./Факс: +7 (812) 327-21-20. E-mail: info@vnimi.ru

Оценка факторов сложности условий ведения горных работ на современных угольных шахтах

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-16-21>



РАЗУМОВ Е.А.
Директор
Сибирского филиала
АО «ВНИМИ»,
653004, г. Прокопьевск,
Россия,
e-mail: vol96@gmail.com

Предложена методика оценки сложности горно-геологических и горнотехнических факторов, негативно влияющих на показатели работы выемочных участков современных угольных шахт. Разработана классификация условий ведения горных работ на современных высокопроизводительных угольных шахтах по горно-геологическим и по горнотехническим факторам. По результатам статистической обработки годовых показателей работы очистных и подготовительных забоев трех шахт Кузбасса построены и систематизированы графики распределения объема месячной добычи и скорости подвигания подготовительных забоев. Проведено ранжирование наиболее значимых факторов, влияющих на эффективность работы очистных и подготовительных забоев. Установлено, что факторы, влияющие на объемы добычи угля в очистных и скорость подвигания подготовительных забоев, простои этих забоев ранжируются по степени снижения негативного влияния следующим образом: пересечение забоями зон повышенной трещиноватости и дизъюнктивных нарушений; ведение горных работ в зонах повышенного горного давления; пересечение забоями передовых выработок. Обоснованы рекомендации по планировке пространственного положения очистных и подготовительных выработок посредством снижения вредного влияния зон с высоким рангом негативного влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на основные показатели очистных и подготовительных забоев.

Ключевые слова: угольная шахта, выемочный участок, факторы сложности, очистной забой, подготовительный забой, статистический метод.

ВВЕДЕНИЕ

Понятие сложности горно-геологических и горнотехнических условий подземной разработки угольных месторождений по мере развития технологии угледобычи в России [1, 2] и за рубежом [3, 4, 5, 6], достижений горной науки и практики периодически изменяется. В этой связи актуальной является проблема оценки и ранжирования факторов по степени их влияния на эффективность подземной геотехнологии на разных этапах ее развития, в том числе в будущие периоды по мере создания и реализации элементов безлюдной роботизированной цифровой шахты [2, 7]. На основе проведенного анализа выявленных российскими и иностранными учеными и практиками критериев сложности ведения горных работ в широком диапазоне горно-геологических условий в разные периоды развития геотехнологии выделены следующие основные классификационные природные признаки, горно-геологические и технологические факторы сложности [8, 9], систематизированные в *таблице*.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Под классификацией в настоящей статье следует понимать распределение системы горно-геологических и технологических факторов по их влиянию на эффективность работы очистных и подготовительных забоев с выделением наиболее существенных признаков в каждом классе или подклассе [6, 10].

Указанные в *таблице* критерии и факторы сложности подтверждаются результатами измерений и наблюдений, проведенных на действующих отечественных и зарубежных угольных шахтах [7, 9, 11, 12], а также результатами моделирования геомеханических и технологических процессов [10, 13, 14]. Например, по результатам хронометражных наблюдений на сопряжении очистного забоя и выемочного штрека в зоне влияния дизъюнктивного геологического нарушения установлено, что изменчивость гипсометрии пласта, наличие включений породных блоков привели к отклонениям режимов управления механизированным комплексом в плоскости пласта, вывалам пород кровли впереди очистного забоя, повышению зольности горной массы, снижению объемов добычи. Негативное влияние указанных факторов было частично компенсировано при реализации следующих мероприятий: упрочнение угольного пласта и вмещающих пород клеевыми составами, усиление крепи [12], изменение режимов

Классификация сложности условий ведения горных работ на современных высокопроизводительных угольных шахтах

Классы сложности условий ведения горных работ						
простые		средней сложности			сложные	
по горно-геологическим условиям	по горнотехническим факторам	по горно-геологическим условиям	по горнотехническим факторам	по горно-геологическим условиям	по горнотехническим факторам	по горнотехническим факторам
Моноклиальные	Постоянные способ и средства управления кровлей, параметры крепи, производственные режимы, процессы в очистных и подготовительных забоях	Пликативные геологические нарушения	Необходимость адаптации формы и размеров выемочных участков, технологических схем водоотлива и транспорта из-за изменчивости углов падения пластов в пределах выемочных участков	Пликативные и дисъюнктивные геологические нарушения, мелкие нарушения, мелколочные структуры	Ограничение размеров выемочных участков, переменные длина и ширина выемочных столбов, необходимость комбинирования систем разработки	
Постоянная мощность пласта	Постоянные способ и средства выемки угля	Переменная мощность пласта	Присечка боковых пород, оставление угольной пачки у кровли и почвы пласта	Выклинивание, расщепление, размывы пластов	Ограничение размеров выемочных участков, необходимость перемонтажа технологического оборудования	
Негазовые	Ведение горных работ без ограничений по газовому фактору	Газоносность меньше 13 м ³ /т	Применение традиционных способов и средств дегазации углеметановых пластов обеспечивает эффективность и безопасность их отработки	Газоносность больше 13 м ³ /т	Применение кроме традиционных и специальных способов дегазации, ограничение производительности машин и оборудования по газовому фактору	
Эндогенная трещиноватость	Постоянные способ и средства управления вмещающими породами	Эндогенные и экзогенные трещины	Выбор оптимального простраственного положения горных выработок для обеспечения максимальной их устойчивости	Интенсивная трещиноватость, блочная структура	Применение упрочнения пласта и пород клевыми составами, специальных способов крепления выработок, дренаж подземных вод	
Угольные пласты, не склонные к динамическим явлениям	Специальные мероприятия не проводятся	Угольные пласты, угрожаемые по динамическим явлениям	Проводится прогноз категории опасности	Угольные пласты, опасные по динамическим явлениям	Проводятся прогноз категории опасности и профилактические мероприятия	
Месторождение расположено в умеренном климате	Применяются традиционные способы и средства управления горным давлением	Сезонная криотозона	Ведение горных работ с учетом сезонной динамики температуры	Зона вечной мерзлоты	Применяются нетрадиционные способы и средства управления горным давлением	
Простое строение пласта	Ведение горных работ по традиционным технологическим схемам	Сложное строение пласта	Селективная выемка пластов, высокая зольность горной массы	Выклинивание, слияние и размывы пласта	Применение систем разработки с короткими забоями, консервация балансовых запасов угля	
Легкоуправляемые кровли пласта	Ведение горных работ по традиционным технологическим схемам	Среднеуправляемые кровли пласта	Ведение горных работ с периодическим применением специальных мероприятий	Трудноуправляемые кровли пласта	Ведение горных работ по специальным мероприятиям	
В выемочном столбе отсутствуют пересекательные очистные забоевые выработки	Ведение горных работ по традиционным технологическим схемам	В выемочном столбе одна пересекательная очистная забоевая выработка	Ведение горных работ по типовым мероприятиям	В выемочном столбе две и более пересекательные очистные забоевые выработки	Ведение горных работ по специальным мероприятиям	
Гравитационное поле напряжений: среда А.Н. Динника	Ведение горных работ по традиционным схемам с использованием действующих нормативных документов	Гидростатическое поле напряжений	Ведение горных работ по традиционным схемам с использованием дополнительных к действующим нормативным документам мероприятий	Геотектоническое поле напряжений: горизонтальные напряжения превышают вертикальные	Ведение горных работ по результатам дополнительных исследований и заключениям специализированных организаций	

работы очистного комбайна [15], применение комбинированной технологии угледобычи [16], стратификация труднообрушаемых пород кровли [17]. При реализации этих мероприятий возникла задача: влияние какого фактора на эффективность работы очистного забоя и обеспечение безопасных условий труда персонала является основным?

Учитывая внезапность или случайность проявления негативных факторов, ограниченность по времени и име-

ющимся ресурсам для ликвидации нестандартных ситуаций [11, 18], возникла научно-практическая задача количественной оценки и ранжирования факторов сложности с целью оперативного принятия управленческих решений. Для решения поставленной задачи был проведен анализ причин отклонений показателей очистных и подготовительных забоев от проектных в условиях шахт «Юбилейная», «Распадская», «Чертинская-Коксовая» в Кузбассе.

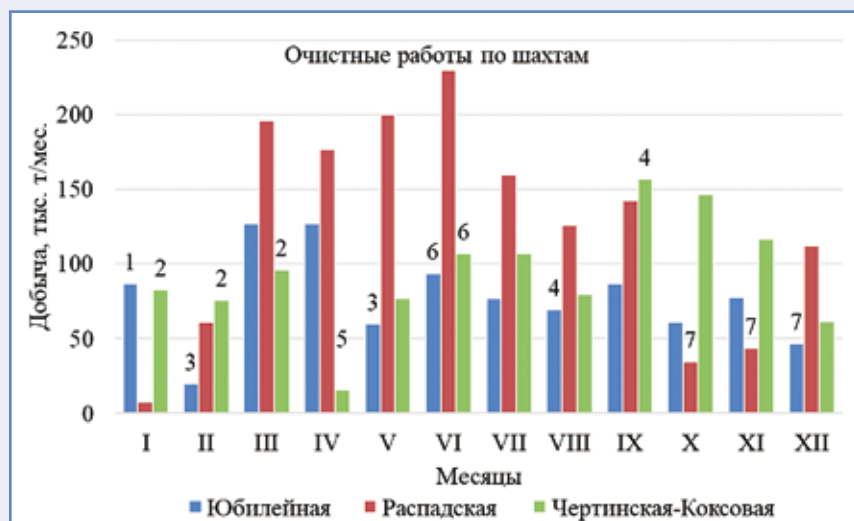


Рис. 1. Гистограмма месячной добычи угля КМЗ, причины отклонения: 1 – отход от монтажной камеры; 2 – зона ПГД; 3 – зона повышенной трещиноватости; 4 – дизъюнктивное нарушение; 5 – вывал пород кровли; 6 – переезд разрезной печи; 7 – зона пород кровли, склонных к куполению

Fig. 1. A histogram of monthly coal mining of a complex-mechanized coal face, reasons for deviation: 1 – departure from the mounting chamber; 2 – zone of high rock pressure; 3 – zone of increased fracturing; 4 – disjunctive disturbance; 5 – collapse of roof rocks; 6 – moving split furnace; 7 – zone of roof rocks prone to dome



Рис. 2. Гистограмма темпов подвигания подготовительных забоев, причины отклонения: 3 – зона повышенной трещиноватости; 4 – геологическое нарушение; 6 – переезд сопряжения со сбойкой; 7 – зона куполения пород кровли; 8 – зона повышенного газовыделения

Fig. 2. A histogram of the rates of advancement of the preparatory faces, the reasons for the deviation: 3 – zone of hanging fracture; 4 – geological disturbance; 6 – moving pairing with a failure; 7 – zone domed roof rocks; 8 – zone of increased gas evolution

На рис. 1 представлены результаты статистической обработки объемов месячной добычи угля в очистных комплексно-механизированных забоях (КМЗ). Значимыми оказались следующие факторы:

1. Период отхода лавы от монтажной камеры, в течение которого происходит адаптация техники, технологии и персонала к специфическим условиям нового выемочного столба.

2. Ведение горных работ в зоне повышенного горного давления (ЗПГД) под влиянием угольных целиков или краевых частей на сближенных пластах сопровождается разрушением краевой части отработываемого пласта, образованием куполов в кровле очистного забоя и на сопряжении лавы с выемочными штреками.

3. Ведение горных работ в зоне повышенной трещиноватости массива горных пород в связи с увеличением притока воды и газа сопровождается непроизводительными затратами времени на проведение специальных мероприятий по отводу воды, упрочнению угольных пластов и породных слоев, обеспечению устойчивости краевой части пласта, изменению режимов проветривания выемочного участка и др.

4. Зона пересечения забоем дизъюнктивного нарушения, в пределах которой снижение добычи происходит вследствие затрат времени на упрочнение пород клеевыми составами и анкерами, изменение ширины вынимаемой очистным комбайном полосы, профилактику внезапных выбросов угля и газа и другие специальные мероприятия.

5. Вывалы пород кровли при недостаточном распоре секций механизированной крепи перед обрушением зависающих подработанных пород активной кровли, активизации процесса сдвижения пород кровли при изменении скорости подвигания очистного забоя, что приводит к необходимости остановки забоя для разборки и устранения обрушенных пород.

6. Переезд передовой выработки в виде разрезной печи, сбойки или въезд

очистного забоя в демонтажную камеру сопровождается повышением конвергенции кровли и почвы, вывалами пород кровли, отжимом угля с боков выработок.

7. Ведение горных работ в аномальных зонах массива горных пород, склонных к формированию куполов при наличии в кровле линзообразных твердых включений, размывов глинистых пород, локальных изменений мощности пласта и свойств пород ложной кровли, что приводит к необходимости остановки забоя для устранения обрушенных пород.

На рис. 2 представлена планограмма темпов подвигания подготовительных забоев: вентиляционного штрека № 16-15 пласта 16 шахты «Юбилейная», вентиляционного штрека № 4-6-33 пласта 6 шахты «Распадская», конвейерного штрека № 449 пласта 4 шахты «Чертинская-Коксовая».

Как следует из рис. 1, 2, показатели очистных и подготовительных забоев характеризуются неравномерностью, связанной с влиянием осложняющих факторов. Для количественной оценки и ранжирования воздействия горно-геологических и горнотехнических факторов на объемы добычи и темпы подвигания подготовительных забоев проведена статистическая обработка этих показателей по формуле:

$$d = 100 \frac{d_{\max} - d_i}{d_{\max}}$$

где d – степень негативного влияния факторов; d_{\max} – максимальное значение показателя в выборке; d_i – значение i -го показателя в выборке.

Результаты статистического анализа и ранжирования влияющих горно-геологических и горнотехнических факторов на объемы добычи и темпы подвигания подготовительных забоев представлены на рис. 3.

Приведенные на рис. 3 зависимости позволяют на этапе создания документации по ведению горных работ прогнозировать направления исследований и разрабатывать мероприятия для снижения факторов, негативно влияющих на показатели очистных и подготовительных забоев на каждой шахте. Установлено, что для шахт Кузбасса наиболее значимые факторы, негативно влияющие на показатели этих забоев, ранжируются следующим образом, доля всех простоев:

- 50-87% – пересечение забоями зон повышенной трещиноватости и дизъюнктивных нарушений;
- 54-73% – ведение горных работ в зонах повышенного горного давления;
- 40-71% – пересечение очистными и подготовительными забоями передовых выработок: сопряжений, сбоек, разрезных печей и др.

По результатам статистического анализа осложняющих факторов обоснованы следующие рекомендации и направления исследований:

- разработать технологические и технические решения

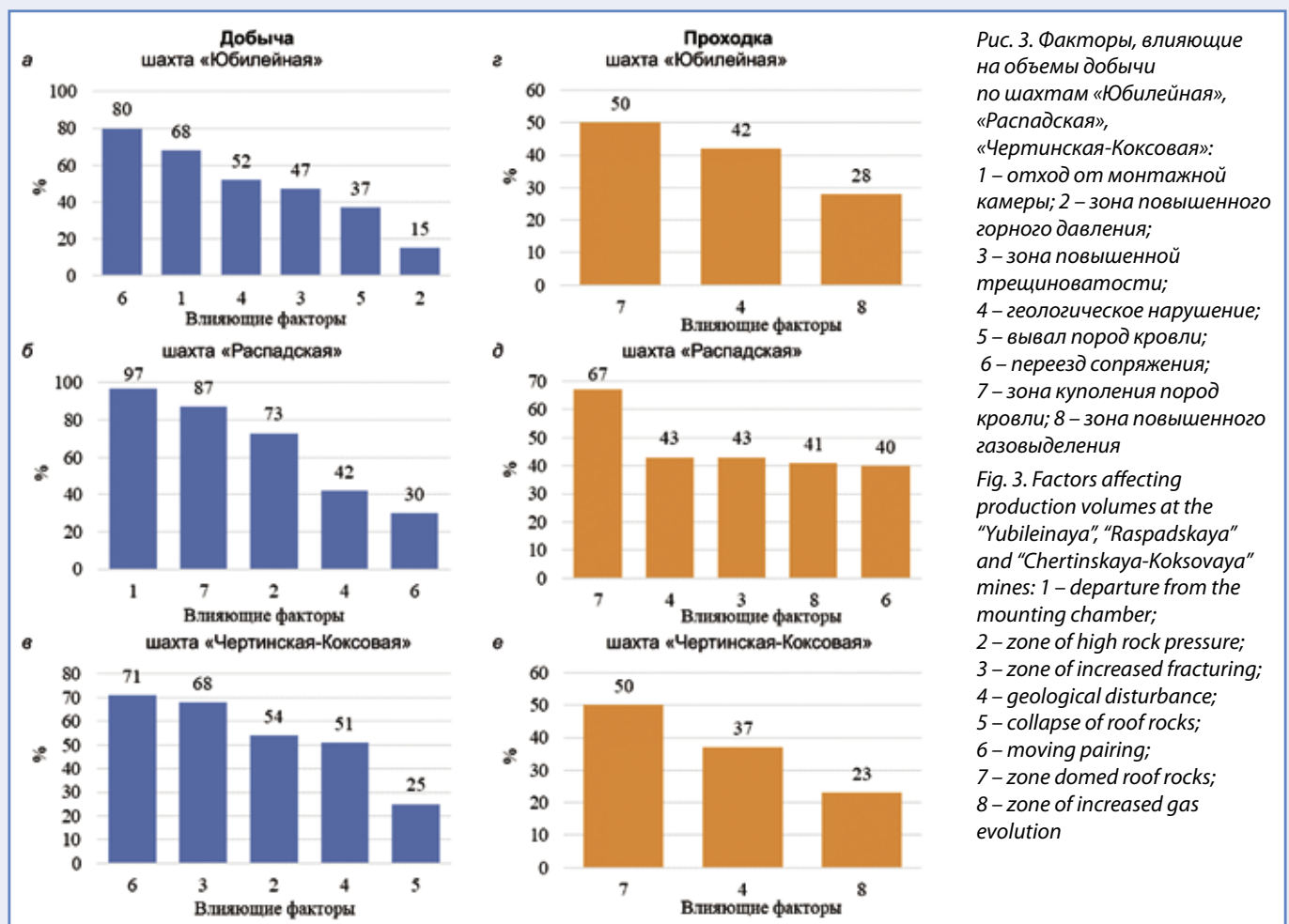


Рис. 3. Факторы, влияющие на объемы добычи по шахтам «Юбилейная», «Распадская», «Чертинская-Коксовая»: 1 – отход от монтажной камеры; 2 – зона повышенного горного давления; 3 – зона повышенной трещиноватости; 4 – геологическое нарушение; 5 – вывал пород кровли; 6 – переезд сопряжения; 7 – зона куполения пород кровли; 8 – зона повышенного газовыделения

Fig. 3. Factors affecting production volumes at the "Yubileynaya", "Raspadskaya" and "Chertinskaya-Koksovaya" mines: 1 – departure from the mounting chamber; 2 – zone of high rock pressure; 3 – zone of increased fracturing; 4 – geological disturbance; 5 – collapse of roof rocks; 6 – moving pairing; 7 – zone domed roof rocks; 8 – zone of increased gas evolution

по сокращению количества выработок впереди очистных и подготовительных забоев, способов и средств обеспечения устойчивости этих выработок, например посредством полной их закладки угольной горной массой при подходе к ним очистных забоев;

– заблаговременно выявлять с помощью геофизических методов зоны повышенной трещиноватости и геологических нарушений в выемочных участках и проводить упрочнение угольных пластов и породных слоев в пределах этих зон с использованием скважин направленного бурения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный методический подход ранжирования факторов, негативно влияющих на основные показатели очистных и подготовительных забоев угольных шахт, предлагается для практического использования посредством проведения статистического анализа результатов, полученных при отработке предыдущих выемочных участков-аналогов, выбора наиболее существенных факторов и разработки мероприятий для снижения их негативного влияния. Обоснованы рекомендации по планировке пространственного положения очистных и подготовительных выработок посредством снижения вредного влияния зон с высоким рангом негативного влияния на основные показатели очистных и подготовительных забоев.

Список литературы

1. Коровкин Ю.А., Савченко П.Ф. Теория и практика длиннолавных систем. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2012. 808 с.
2. Захаров В.Н., Забурдяев В.С., Артемьев В.Б. Углепородные массивы: прогноз устойчивости, риски, безопасность. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2013. 280 с. (Библиотека горного инженера. Т. 3 «Подземные горные работы». Кн. 9).
3. Контроль кровли в пластовых выработках. Пер. с нем. / М. Юнкер и др. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2012. 624 с. (Библиотека горного инженера. Т.7 «Охрана недр». Кн. 3).
4. Stress Changes and Deformation Monitoring of Longwall Coal Pillars Located in Weak Ground / Bin Yu, Zhenyu Zhang, Tiejun Kuang, Jinrong Liu // *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2016. Vol. 49. Issue 8. P. 3293-3305.
5. Analysis and Optimization of Entry Stability in Underground Longwall Mining / Y. Gao, D. Liu, X. Zhang, M. He // *Sustainability*. 2017, Vol. 9. N 11. P. 2079-2088.
6. Snopkowski R., Napieraj A., Sukiennik M. Method of the Assessment of the Influence of Longwall Effective Working Time Onto Obtained Mining Output // *Archives of Mining Sciences*. 2017. Vol. 61. N 4. P. 967-977.
7. Мониторинг геомеханического состояния очистного забоя угольной шахты в системе управления Марко «Цифровая шахта» / М. Ройтер, М. Крах, У. Кисселинг, Ю. Векслер // *Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук*. 2016. Т. 1. №3. С. 156-162.
8. Смирнов О.В., Кулик А.И., Лапин Е.А. Прогноз геологических нарушений по параметрам акустического сигнала // *Уголь*. 2015. №11. С. 76-79. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112015.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).
9. Рогов Е.И. Закономерности формирования ситуаций, опасных по проявлению горных ударов // *Наукоёмкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов*. 2016. № 2. С. 140-143.
10. Numerical modelling of coal seam depressurization during coal seam gas production and its effect on the geo-mechanical stability of faults and coal beds / Yanhua Zhang, Jim Underschultz, Laurent Langhi, Dirk Mallants, Julian Stran // *International Journal of Coal Geology*. 1 July 2018. Vol. 195. P. 1-13.
11. Исаченко А.А., Фрянов В.Н., Петров А.А. Идентификация параметров признаков изменчивости геомассива по уровню добычи и промышленной безопасности выемочных участков угольных шахт // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2016. Т. 22. № 9. С. 4-14.
12. Поддержание выработок с использованием двухуровневой схемы крепления при их переходе очистным забоем / В.В. Климов, В.С. Горностаев, А.С. Позолотин и др. // *Уголь*. 2014. № 12. С. 28-33. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/122014.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).
13. Fully coupled thermo-hydro-mechanical model for extraction of coal seam gas with slotted boreholes / Feng Gao, Yi Xue, Yanan Gao, Zhizhen Zhang, Teng Teng, Xin Liang // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2016. Vol. 31. P. 226-235.
14. Козырева Е.Н., Шинкевич М.В., Леонтьева Е.В. Влияние техногенной структуризации массива в окрестности очистного забоя на периодичность пучений почвы пласта при отработке сближенных лав // *Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности*. 2016. № 1. С. 55-61.
15. William G. Pariseau. *Design Analysis in Rock Mechanics*. Taylor & Francis Group, London. UK, 2017. 714 p.
16. Geotechnical Issues on Application of Highwall Mining System in Indonesia / T. Sasaoka, H. Shimada, A. Hamanaka, B. Sulistianto, M. Ichinose, K. Matsui. Vietrock 2015 an ISRM specialized conference. 12-13 March 2015. Hanoi, Vietnam.
17. Опыт направленного гидроразрыва основной кровли при выводе механизированного комплекса из монтажной камеры / В.И. Клишин, Г.Ю. Опрук, А.В. Сентюрёв, А.В. Николаев // *Уголь*. 2015. № 11. С. 12-16. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112015.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).
18. Казанин О.И., Ромашкевич А.А. О научном сопровождении проектирования технологических схем интенсивной отработки угольных пластов // *СПб.: Записки Горного института*. 2012. Т. 198. С. 104-107.

UDC 622.831 © E.A. Razumov, 2019

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 16-21

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-16-21>**Title****ASSESSMENT OF FACTORS UNDER THE MOST DIFFICULT CONDITIONS OF CONDUCTING MINING OPERATIONS ON MODERN COAL MINES****Author**Razumov E.A.¹¹“Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center VNIMI” JSC, Siberian branch, Prokopyevsk, 653004, Russian Federation**Authors' Information****Razumov E.A.**, Director, e-mail: vol96@gmail.com**Abstract**

A method of assessing the complexity of mining-geological and mining factors that adversely affect the performance of the excavation sites of modern coal mines is introduced. Classification of mining conditions at modern high-performance coal mines by mining-geological and mining-technical factors is developed. According to the results of statistical processing of the annual performance of the treatment and preparatory faces of the three mines of Kuzbass, the graphs of the distribution of the volume of monthly production and the rate of advance of the preparatory faces are constructed and systematized. The ranking of the most significant factors affecting the efficiency of treatment and preparatory faces is carried out. It is established that the factors affecting coal production in stopes and rate of advance of preparatory faces, downtime of these faces are ranked according to the degree of reduction of the negative impact in the following way: the intersection of the bottom zones of heightened jointing and disjunctive violations; conducting mining operations in areas of high rock pressure; the intersection of the bottom of the advanced workings. The recommendations on the planning of the spatial position of treatment and preparatory workings by reducing the harmful effects of areas with a high rank of the negative impact of geological and mining factors on the main indicators of treatment and preparatory faces are justified.

Keywords

Coal mine, Excavation site, Complexity factors, Longwall face, Preparatory face, Statistical method.

References

- Korovkin Yu.A. & Savchenko P.F. *Teoriya i praktika dinno-lavnykh sistem* [Theory and practice of long-lava systems]. Moscow, Gornoe delo Publ., “Kimmeriyskiy tsentr” LLC, 2012, 808 p. (In Russ.).
- Zakharov V.N., Ziburdayev V.S. & Artemiev V.B. *Ugleporodnyye massivy: prognoz ustoychivosti, riski, bezopasnost'* [Carboniferous massifs: stability forecast, risks, safety]. Moscow, Gornoe delo Publ., “Kimmeriyskiy tsentr” LLC, 2013, 280 p. (Mining Engineer Library, Vol. 3 “Underground mining”, Book 9). (In Russ.).
- Unker M. et al. *Kontrol' krovli v plastovykh vyrabotkakh*. Per. s nem. [Roof control in reservoir workings. Translation from German]. Moscow, Gornoe delo Publ., “Kimmeriyskiy tsentr” LLC, 2012, 624 p. (Mining Engineer Library, Vol. 7 “Protection of the subsoil”, Book 3).
- Bin Yu, Zhenyu Zhang, Tiejun Kuang & Jinrong Liu Stress Changes and Deformation Monitoring of Longwall Coal Pillars Located in Weak Ground. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, August 2016, Vol. 49, Issue 8, pp. 3293-3305.
- Gao Y., Liu D., Zhang X. & He M. Analysis and Optimization of Entry Stability in Underground Longwall Mining. *Sustainability*, 2017, Vol. 9, No. 11, pp. 2079-2088.
- Snopkowski R., Napieraj A. & Sukiennik M. Method of the Assessment of the Influence of Longwall Effective Working Time onto Obtained Mining Output. *Archives of Mining Sciences*, 2017, Vol. 61, No. 4, pp. 967-977.
- Reuter M., Crach M., Kisseling W. & Wexler J. Monitoring geomechanicheskogo sostoyaniya ochistnogo zaboya ugol'noy shakhty v sisteme upravleniya Marko “Tsifrovaya shakhta” [Monitoring the geomechanical state of the coal mine face in the Marco digital mine control system]. *Fundamental'nyye i prikladnyye voprosy gornykh nauk – Fundamental and applied issues of mining*, 2016, Vol. 1, No. 3, pp. 156-162. (In Russ.).
- Smirnov O.V., Kulik A.I. & Lapin E.A. Prognoz geologicheskikh narushenij po parametram akusticheskogo signala [Predicting geological faults by acoustic signal parameters]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2015, No. 11, pp. 76-79. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112015.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).
- Rogov E.I. Zakonomernosti formirovaniya situatsiy, opasnykh po proyavleniyu gornykh udarov [Patterns of formation of situations dangerous for the manifestation of rock strikes]. *Naukovomye tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineral'nykh resursov – High technology development and use of mineral resources*, 2016, No. 2, pp. 140-143. (In Russ.).
- Yanhua Zhang, Jim Underschultz, Laurent Langhi, Dirk Mallants & Julian Stran. Numerical modelling of coal seam depressurization during coal seam gas production and its effect on the geomechanical stability of faults and coal beds. *International Journal of Coal Geology*, 1 July 2018, Vol. 195, pp. 1-13.
- Isachenko A.A., Fryanov V.N. & Petrov A.A. Identifikatsiya parametrov priznakov izmenchivosti geomassiva po urovnyu dobychi i promyshlennoy bezopasnosti vyyemochnykh uchastkov ugol'nykh shakht [Identification of parameters of signs of geomass variability according to the level of production and industrial safety of mining sections of coal mines]. *Vestnik Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of the Transbaikalian State University*, 2016, Vol. 22, No. 9, pp. 4-14. (In Russ.).
- Klimov V.V., Gornostaev V.S., Pozolotin A.S., Lysenko M.V. & Zaytdin D.F. Podderzhanie vyrabotok s ispol'zovaniem dvuhurovnevoj skhemy krepneniya pri ih perekhode ochistnym zaboem [Workings maintenance using two-level fixing scheme when moved by mining face]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2014, No. 12, pp. 28-33. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/122014.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).
- Feng Gao, Yi Xue, Yanan Gao, Zhizhen Zhang, Teng Teng & Xin Liang. Fully coupled thermo-hydro-mechanical model for extraction of coal seam gas with slotted boreholes. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, April 2016, Vol. 31, pp. 226-235.
- Kozyreva E.N., Shinkevich M.V. & Leontyeva E.V. Vliyaniye tekhnogennoy strukturizatsii massiva v okrestnosti ochistnogo zaboya na periodichnost' pucheniy pochvy plasta pri otrabotke sblizhennykh lav [The influence of technogenic structuring of the massif in the vicinity of the face on the periodicity of heaving of the formation bed during mining of adjacent lavas]. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noy promyshlennosti – Bulletin of the Scientific Center for Coal Safety*, 2016, No. 1, pp. 55-61. (In Russ.).
- William G. Pariseau. *Design Analysis in Rock Mechanics*. Taylor & Francis Group, London, UK, 2017, 714 p.
- Sasaoka T., Shimada H., Hamanaka A., Sulistianto B., Ichinose M. & Matsui K. Geotechnical Issues on Application of Highwall Mining System in Indonesia. Vietrock 2015 an ISRM specialized conference. 12-13 March 2015, Hanoi, Vietnam.
- Klishin V.I., Opruk G.Yu., Sentyurev A.V. & Nikolaev A.V. Opyt napravlenogo gidrorazryva osnovnoy krovli pri vyvode mekhanizirovannogo kompleksa iz montazhnoy kamery [Experience in using directional hydraulic fracturing of the main roof while removing a mechanized complex from assembly chamber]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2015, No. 11, pp. 12-16. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112015.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).
- Kazanin O.I. & Romashkevich A.A. O nauchnom soprovozhdenii proyektirovaniya tekhnologicheskikh skhem intensivnoy otrabotki ugol'nykh plastov [About scientific support for the design of technological schemes for intensive mining of coal seams]. St. Petersburg, *Zapiski Gornogo instituta – Notes of the Mining Institute*, 2012, Vol. 198, pp. 104-107. (In Russ.).

Received September 04, 2019

Оценка возможности и эффективности внедрения технологических схем скоростной проходки подземных горных выработок на угольных шахтах

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-22-28>



ЕГОРОВ А.П.

*Канд. техн. наук,
заместитель директора по науке
Сибирского филиала АО «ВНИМИ»,
653004, г. Прокопьевск, Россия,
e-mail: vnimi@inbox.ru*



КОНДАКОВ И.А.

*Заведующий сектором
горного давления
Сибирского филиала АО «ВНИМИ»,
653004, г. Прокопьевск, Россия,
e-mail: vnimi@inbox.ru*

Изложены состояние и перспективы применения технологий скоростной проходки подземных горных выработок на угольных шахтах, приведены осложняющие горно-геологические и организационно-технологические факторы их эффективного внедрения, представлены экспериментальные технологические схемы поэтапного проведения и крепления выработок для опытной эксплуатации их на шахтах.

Ключевые слова: *состояние и перспективы применения технологии, осложняющие факторы эффективного внедрения, экспериментальные технологические схемы для опытной эксплуатации.*

ВВЕДЕНИЕ

Повышение конкурентоспособности угольной промышленности Российской Федерации на мировом рынке возможно за счет снижения себестоимости готовой продукции и повышения производительности труда, а соответственно, и увеличения нагрузок на очистные забои до мировых стандартов [1]. Динамика развития угольной промышленности России в последние годы показывает, что выполнение этих задач осуществляется достаточно успеш-

но. В Кузбассе очистные забои, оборудованные импортной добычной техникой, а также отечественными механизированными комплексами последнего поколения, достигли устойчивой суточной добычи от 10 до 15 тыс. т, а отдельные шахты («Котинская», «Талдинская-Западная», «Листвяжная» и др.) значительно превысили эти показатели.

С каждым годом на шахтах применяется все более совершенное очистное и проходческое оборудование, что в свою очередь дает возможность для увеличения длины очистных забоев и протяженности выемочных столбов. Однако использование новой техники и технологий в комплексно-механизированных очистных забоях приводит к существенному увеличению требуемых объемов проведения подготовительных выработок для воспроизводства фронта очистных работ. Переход большинства шахт на многострековую подготовку выемочных столбов позволил снизить ограничения по газовому фактору в очистном забое и разделить в пространстве транспортные и вентиляционные потоки, но при этом общая протяженность необходимых подготовительных выработок увеличилась в 1,5-2 раза. Для размещения высокопроизводительного крупногабаритного очистного оборудования и создания безопасных условий ведения работ в настоящее время требуется значительное увеличение площади поперечного сечения подготовительных выработок, в среднем до 22 кв. м при ширине выработка 5 м и более.

Кроме того, в последние годы на угольных шахтах произошли коренные изменения как в горно-геологических условиях залегания пластов, так и в горнотехнических условиях их разработки. С увеличением глубины ведения горных работ все больше в отработку вовлекаются запасы со сложными горно-геологическими условиями. Увеличение глубины горных работ привело к росту газообильности пластов, их выбросо- и удароопасности, изменению напряженно-деформированного состояния угленосных массивов. Увеличение площади поперечного сечения выработок и вовлечение в отработку запасов со сложными горно-геологическими условиями (большая глубина ведения горных работ, обводненные породы, зоны повышенного горного давления (ПГД) и геологических нарушений и др.) требуют значительного повышения параметров анкерной крепи горных выработок.

В связи с этими факторами темпы проведения горных выработок на шахтах стали резко отставать от темпов

подвигания очистных забоев, что привело к задержкам ввода в работу механизированных лав, то есть воссоздания необходимого фронта очистных работ. По данным различных источников, средние темпы комбайновой проходки выработок на шахтах России составляют в среднем 140-160 м/мес., а скорость подвигания очистных забоев – не менее 150-200 м/мес.

В настоящее время в Кузбассе около 90% от общего количества горных выработок крепятся анкерной крепью. Опытом эксплуатации горных выработок на шахтах Кузбасса в различных горно-геологических и горнотехнических условиях установлено, что основной причиной низких темпов их проведения в последние годы являются большие затраты времени на выемку и крепление выработок. Временной рост по выемке угля на данном этапе связан с увеличением площади поперечного сечения выработок, а по креплению выработок – с увеличением параметров анкерной крепи (длины, плотности установки, использования усиливающих канатных анкеров и т.д.).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Установлено, что при существующих технологиях проведения горных выработок на шахтах высокопроизводительное и дорогостоящее проходческое оборудование фактически простаивает более 50% своего рабочего времени. Из этого следует, что технологические схемы проведения и крепления выработок, применяемые в настоящее время, уже не отвечают современным требованиям шахт по использованию оборудования и темпам проведения выработок, а соответственно, и не способствуют повышению производительности труда. В последние годы предпринимались попытки создания новых технологий, направленных на повышение темпов проведения горных выработок (поточные, многозаходные и др.), однако они обычно заканчивались на стадии экспериментальных работ и до широкого распространения не доходили.

Исследованиями СФ АО «ВНИМИ» установлено, что одним из путей повышения машинного времени работы комбайна и, соответственно, скорости проведения выработок является применение технологии поэтапного их анкерного крепления. Данная технология, для повышения темпов проходки выработок, предполагает не только увеличение производительности проходческих машин, но и достижение гибкой системы выполнения технологических операций проходческого цикла за счет разделения призабойной зоны на несколько отдельных зон, в каждой из которых выполняется один из процессов проходческого цикла. То есть все технологические операции рассредоточиваются во времени и в пространстве по длине выработки, что позволяет производить максимальное совмещение их при выполнении.

Из практики ведения горных работ и результатов исследований при испытании экспериментальных технологий на угольных предприятиях [2, 3, 4, 5] установлено, что обеспечение необходимой безопасности при этом осложняется наличием целого ряда негативных факторов, основными из которых являются:

- разрывные геологические нарушения с амплитудой, превышающей мощность угольных пластов;

- большая глубина отработки пластов, сложная их морфология (расщепление, замещение и т.д.) и повышенная обводненность;

- склонность пластов к газодинамическим проявлениям, трудноуправляемая кровля и влияние зон ПГД.

Данные факторы, как в отдельности, так и в совокупности, значительно могут осложнять процессы проведения, крепления и поддержания выработок, в связи с чем на начальном этапе испытание технологических схем поэтапного анкерного крепления рекомендуется проводить в выработках с наиболее благоприятными прогнозными горно-геологическими условиями. К таким условиям в первую очередь относятся прочностные свойства углепородного массива. По данному условию испытания технологии поэтапного анкерного крепления следует производить в выработках с кровлями не ниже средней устойчивости, а в перспективе можно предусматривать возможность ее испытаний и в выработках с неустойчивыми породами кровли.

Установлено, что взаимосвязи во времени и пространстве основных и вспомогательных процессов, выполняемых при проведении выработок, определяют схему производства и организацию работ [6]. При поэтапном анкерном креплении сокращение времени возведения постоянной анкерной крепи обеспечивается за счет разделения во времени и пространстве основных технологических операций на несколько отдельных зон, в каждой из которых выполняется одна из операций проходческого цикла. При этом из трудовых затрат на первом этапе крепления выработки исключаются следующие операции:

- установка временной крепи в призабойной части выработки (стойки, верхняки) в соответствии с требованиями ПБ;
- возведение постоянной анкерной крепи с опорными элементами (верхняками) и перетяжкой кровли;
- крепление боков выработки.

Из расчетов времени проходческого цикла при проведении горных выработок в относительно благоприятных горно-геологических условиях с использованием технологии поэтапного крепления видно, что время проходческого цикла можно снизить на 40-60% и, соответственно, повысить за счет этого скорость проведения выработок практически в 2 раза по сравнению с применяемыми на данном этапе на шахтах технологиями их проведения.

Все многообразие приемов и способов проведения горных выработок по данной технологии СФ АО «ВНИМИ» сводит к пяти основным технологическим схемам, которые в зависимости от используемого проходческого оборудования и параметров анкерной крепи выработки могут незначительно изменяться или дополняться. При поэтапном анкерном креплении горно-геологические факторы в значительной мере являются критериями, с которыми должны быть увязаны безопасные условия проведения выработки, а горнотехнические факторы в большей мере влияют на выбор варианта организации работ, в совокупности эти факторы складываются в технико-экономические показатели проведения выработки.

Исходными данными для выбора рациональной технологической схемы поэтапного анкерного крепления горных выработок являются: параметры сечения выработки; тип комбайна (фронтального действия, избирательного

действия); тип оборудования для транспортирования горной массы (скребковый конвейер, ленточный перегружатель, самоходный вагон); тип оборудования для установки анкерной крепи (переносной пневматический анкероустановщик, навесное гидравлическое бурильное оборудование на комбайне, самоходный анкероустановщик).

За основу рассматриваемой технологии можно принять технологическую схему № 1 (рис. 1, а), особенности которой представлены ниже.

Выработка проводится полным сечением или в несколько заходов по ширине выработки проходческим комбайном избирательного типа (П110, ГПКС, КП-21, КСП-32, DOSKO и др.) с погрузкой горной массы на скребковый конвейер (типа СР-70). Для возведения анкерной крепи используют переносные пневматические анкероустановщики («Rambor», «Wombat», «MQT» и др.), пневматические сверла («СБР», «TURMAG» и др.). Проходческий цикл проведения выработки включает в себя следующие операции:

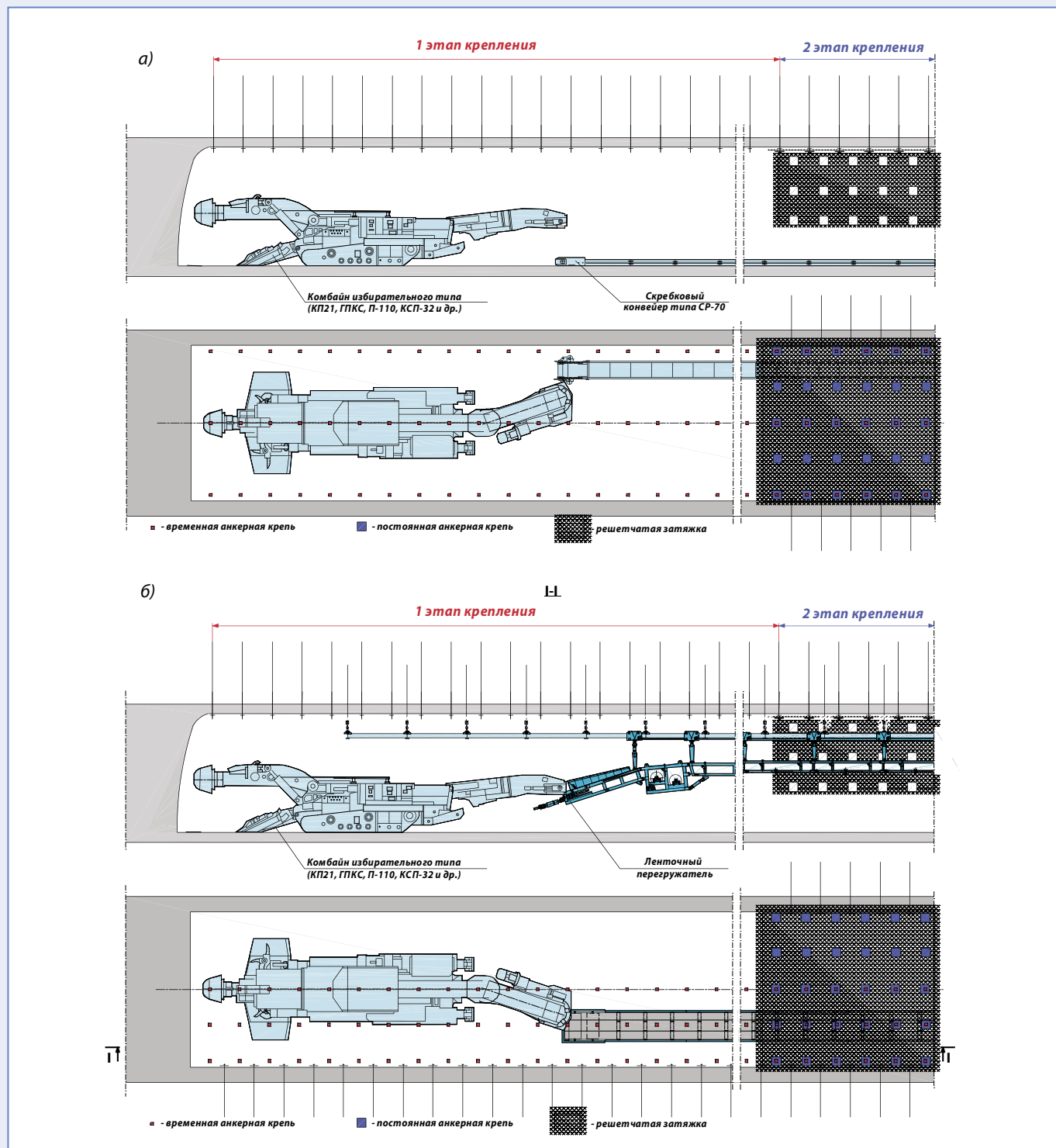


Рис. 1. Технологические схемы КСО № 1 (а) и № 2 (б)

Fig. 1. Technological schemes of stone-pillar processing No. 1 (a) and No. 2 (b)

- выемку угля на величину шага крепи (полным сечением или несколькими заходками);
- установку в кровлю временной анкерной крепи (первый этап крепления);
- возведение постоянной анкерной крепи кровли и боков выработки (второй этап крепления).

На первом этапе после выемки угля комбайн отгоняется на расстояние 3-5 м от груди забоя и обесточивается. Под защитой анкерной крепи, установленной в предыдущем цикле, производится тщательная оборка кровли, боков и поверхности забоя пикой длиной не менее 3 м. После этого под защитой анкерной крепи предыдущего цикла в кровлю бурятся шпур, в которые будут устанавливаться анкера временной крепи. Временная анкерная крепь (типа АСК) состоит из анкерного стержня, тип и параметры которого соответствуют принятым для постоянной крепи, специальной шайбы размерами от 70×70×3 до 120×120×6, изготовленной из стали Ст.3 и гайки.

Бурение шпуров осуществляется пневматическим анкероустановщиком. Сначала забурником бурится шпур на глубину от 0,5 до 1,2 м, затем длину шпура увеличивают до требуемой паспортной величины. В пробуренный шпур вставляются ампулы с закрепляющим составом и досылаются анкером до дна шпура. На стержень анкера с шайбой и гайкой наворачивается переходник и помещается в анкероустановщик. Затем на максимальных оборотах поступательно-вращательным перемещением стержня разрушают оболочку ампул, перемешивают их состав и досылают анкер до дна шпура. Время вращения анкера должно быть меньше времени схватывания закрепляющего состава и соответствовать рекомендациям производителя ампул. После выдержки времени, необходимого для схватывания закрепляющего состава, гайка закручивается до упора с осевым усилием не менее 10 кН.

Несущая способность временной анкерной крепи, определяемая толщиной специальной шайбы и (или) количеством витков резьбы гайки, должна составлять не менее 30 кН. Анкерные стержни временной анкерной крепи в дальнейшем используются как элементы постоянной анкерной крепи. После установки требуемого количества анкеров временной крепи и затяжки гаек с необходимым усилием из призабойного пространства убирается анкероустановщик. Длина участка выработки, закрепленной временной крепью, определяется ее способностью обеспечить устойчивое состояние кровли в течение определенного времени.

На втором этапе в ремонтно-подготовительную смену, в добычные смены при простоях или при выемке угля за комбайном в кровлю выработки устанавливается постоянная крепь в соответствии с паспортом крепления с добавлением анкеров в ряду до расчетной плотности.

В состав постоянной анкерной крепи (типа АСК) кроме анкерного стержня, специальной шайбы и гайки, входящих в состав временной крепи, входят следующие элементы: металлическая решетчатая затяжка, демпфирующий податливый элемент (подхват) сферической формы, анкерная шайба и гайка. Постоянная крепь возводится под защитой временной. Кровля перетягивается решетчатой затяжкой, закрепляемой анкерами временной крепи с фик-

сированием сферическими подхватами специально разработанной конструкции, которые одновременно являются демпфирующими податливыми элементами анкерной крепи. Подхваты устанавливаются на анкерные болты временной крепи со стороны закрепленной постоянной крепью части выработки. Конструкция подхвата постоянной крепи обеспечивает его беспрепятственную установку на анкерный стержень временной крепи с прочным прижатием затяжки к кровле выработки. На первый от забоя ряд анкеров сферические подхваты не устанавливаются. Установка и затяжка гаек постоянной крепи производятся анкероустановщиком.

Крепление боков выработки анкерной крепью может осуществляться как на втором, так и **на третьем этапе** с отставанием от возведения постоянной крепи кровли.

Таким образом, при применении поэтапного анкерного крепления выработок из трудовых затрат на первом этапе исключаются следующие операции:

- установка стоечной временной крепи в призабойной части выработки, состоящей из двух стоек ВК-8 и металлического подхвата;
- установка части постоянной анкерной крепи, опорных элементов и затяжки кровли выработки;
- крепление боков выработки.

Проходческий цикл проведения выработки по технологической схеме № 2 аналогичен технологической схеме № 1 (см. рис. 1, б). Основным отличием технологической схемы № 2 от схемы № 1, является отсутствие вспомогательных операций по наростке транспортной цепочки в добычные смены или минимальная их продолжительность (при темпах проходки свыше 15 м в сутки) для монтажа балки МПД под подвесной перегружатель.

Проходческий цикл проведения выработки по технологической схеме № 3 также аналогичен технологической схеме № 1 (рис. 2, а). Основным отличием технологической схемы № 3 от схем № 1 и № 2 является возможность осуществления проведения выработки в несколько заходок по высоте сечения (с подрубкой почвы) без перемонтажа транспортной линии, за счет этого снижается трудоемкость работ по возведению анкерной крепи на втором этапе крепления при высоте выработки более 3 м.

Проходческий цикл проведения выработки по технологической схеме № 4 (см. рис. 2, б) аналогичен технологическим схемам №№ 1, 2, 3, за исключением того, что на втором этапе крепление выработки осуществляется самоходным анкероустановщиком. Основным отличием технологической схемы № 4 от схем №№ 1, 2, 3, является то, что она позволяет значительно снизить трудоемкость работ, а соответственно увеличить скорость возведения анкерной крепи на втором этапе крепления.

По технологической схеме № 5 выработка проводится двумя заходками с применением анкероустановщика (рис. 3).

Выемка угля может производиться как комбайном избирательного типа, так и фронтального типа. Транспортирование горной массы может осуществляться скребковым конвейером, ленточным перегружателем или самоходным вагоном. Проходческий цикл проведения выработки включает в себя:

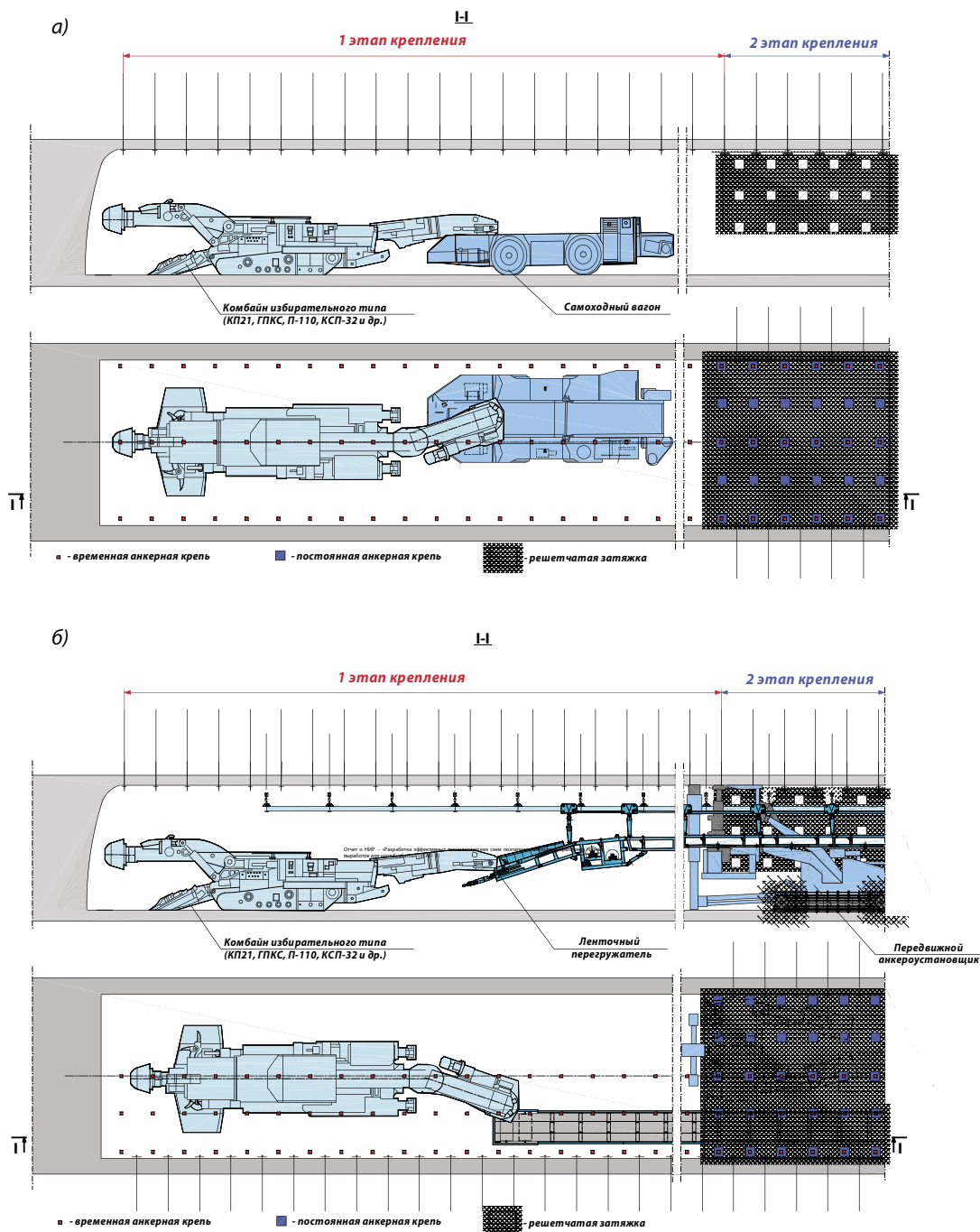


Рис. 2. Технологические схемы КСО № 3 (а) и № 4 (б)

Fig. 2. Technological schemes of stone-pillar processing No. 3 (a) and No. 4 (b)

– первый этап – проведение заходки шириной B_1 , длиной L_1 ;
– второй этап – проведение заходки II шириной B_2 , длиной L_2 .

На первом этапе после выемки угля в заходке I на ширину B_1 и длину L_1 комбайн отгоняется на расстояние L_1 от груды забоя и начинает выемку угля в заходке II на ширину B_2 и длину L_2 . Одновременно с этим под защитой анкерной крепи, установленной в предыдущем цикле в заходке I, производится тщательная оборка кровли, боков и поверхности забоя пикой длиной не менее 3 м. После этого

под защитой анкерной крепи в кровлю с помощью передвижного анкероустановщика устанавливается временная анкерная крепь АСК аналогично тому, как описано в технологической схеме № 1. После выемки угля в заходке II комбайн переезжает для продолжения выемки угля в заходке I, а передвижной анкероустановщик переезжает для установки временной анкерной крепи АСК в заходке II. После чего цикл повторяется.

На втором этапе в ремонтную смену при простоях в добычные смены устанавливается постоянная крепь в соответствии с паспортом крепления с добавлением анкер-

ров в ряду до расчетной плотности аналогично технологической схеме № 1. Основным отличием технологической схемы № 5 от схем №№1, 2, 3, 4 является то, что она позволяет значительно снизить трудоемкость работ, а соответственно, увеличить скорость возведения анкерной крепи на всех этапах крепления выработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследованиями СФ АО «ВНИМИ» установлено, что повышение машинного времени работы комбайна и, соответственно, скорости проведения работ возможно за счет применения технологии поэтапного их анкерного крепления. При этом параметры

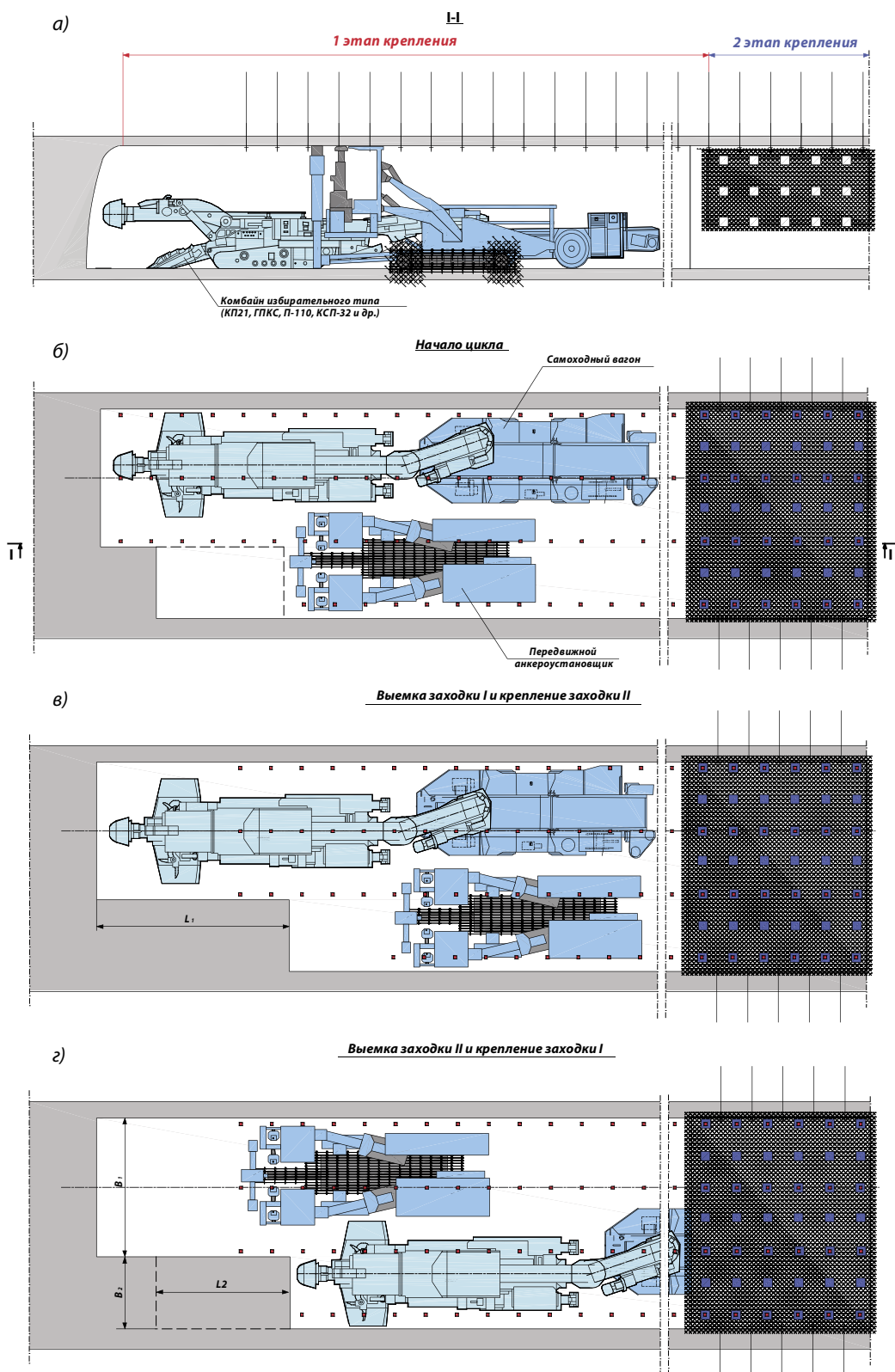


Рис. 3. Технологическая схема КСО № 5

Fig. 3. Technological scheme of stone-pillar processing No. 5

технологии должны определяться увязанным во времени и пространстве порядком выполнения основных и вспомогательных операций проходческого цикла и соответствующим этому порядку расположением проходческого оборудования.

В целом, на основании вышеизложенного, считаем необходимым проведение опытной проверки разработанных экспериментальных технологических схем поэтапного анкерного крепления при проведении капитальных, магистральных или выемочных выработок на шахтах Кузбасса, с выполнением необходимого комплекса визуальных, инструментальных и хронометражных исследований и наблюдений, по результатам которых можно будет окончательно установить эффективность технологии и целесообразность ее широкого применения.

Список литературы

1. Долгосрочная программа развития угольной промышленности на период до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 24.01.12 N 14-р). М., 2012. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1846> (дата обращения: 15.09.2019).

2. Баскаков В.П., Добровольский М.И. Опыт скоростного проведения подготовительных выработок с применением поэтапного крепления // Уголь. 2011. № 10. С. 5-8. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102011.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).

3. Стариков А.П., Снижко В.Д. Передовой производственный опыт скоростного проведения горных выработок на шахте «Заречная» в Кузбассе // Уголь. 2008. № 11. С. 3-6. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112008.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).

4. Магдыч В.И., Утиралов О.А. Крепление горных выработок угольных шахт сталеполлимерной анкерной крепью. Новосибирск: Наука, 2007. 148 с.

5. Перспективы развития и внедрения технологических схем поэтапного анкерного крепления горных выработок на шахтах Кузбасса / Д.В. Яковлев, В.И. Магдыч, А.П. Егоров, Д.В. Осминин, А.С. Марков // Уголь. 2014. № 10. С. 40-44. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102014.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).

6. Технологические схемы проведения подготовительных выработок проходческими комбайнами на угольных шахтах Кузбасса. Прокопьевск, 1990. 125 с.

SUBSOIL USE

UDC 622.281.74 © A.P. Egorov, I.A. Kondakov, 2019

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 22-28

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-22-28>

Title

EVALUATION OF THE POSSIBILITY AND EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR HIGH-SPEED UNDERGROUND MINING IN COAL MINES

Authors

Egorov A.P.¹, Kondakov I.A.¹

¹“Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center VNIMI” JSC, Siberian branch, Prokopyevsk, 653004, Russian Federation

Authors' Information

Egorov A.P., PhD (Engineering), Deputy Director of Science, e-mail: vnimi@inbox.ru

Kondakov I.A., Head of Mining Pressure Sector, e-mail: vnimi@inbox.ru

Abstract

The situation and prospects of the application of technologies for high-speed underground mining in coal mines are described, complicating mining and geological and organizational-technological factors for their effective implementation are presented, experimental technological schemes for the phased implementation and fastening of mine workings for their experimental operation in mines are presented.

Keywords

The situation and prospects of technology application complicating, Factors of effective implementation, Experimental technological schemes for trial operation.

References

1. Dolgosrochnaya programma razvitiya ugol'noy promyshlennosti na period do 2030 goda (utv. rasporyazheniyem Pravitel'stva RF ot 24.01.12 N 14-r) [The long-term program for the development of the coal industry for the period until 2030 (approved by the order of the Government of the Russian Federation of 24.01.12 N 14-r)]. Moscow, 2012. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/1846> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).

2. Baskakov V.P. & Dobrovolsky M.S. Opyt skorostnogo provedeniya podgotovitel'nykh vyrabotok s primeneniem po etapnogokrepleniya [The experience of rapid development workings tunneling of technology of stage-by-stage fastening]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2011, No. 10, pp. 5-8. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102011.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).

3. Starikov A.P. & Snizhko V.D. Peredovoy proizvodstvennyy opyt skorostnogo provedeniya gornykh vyrabotok na shakhte "Zarechnaya" v Kuzbasse [Advanced production experience of high-speed mining at the "Zarechnaya" mine in Kuzbass]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2008, No. 11, pp. 3-6. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112008.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).

4. Magdych V.I. & Utiralov O.A. *Krepleniye gornykh vyrabotok ugol'nykh shakht stalemineral'noy ankeroy krep'yu* [Coal mine working support using steel-mineral roof bolting]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2007, 148 p. (In Russ.).

5. Yakovlev D.V., Magdych V.I., Egorov A.P., Osminin D.V. & Markov A.S. Perspektivy razvitiya i vnedreniya tekhnologicheskikh skhem po etapnogo ankeronogo krepleniya gornykh vyrabotok na shahtah Kuzbassa [Prospects of development and implementation of stage-by-stage mine working roof bolting flow charts in Kuzbass mines]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2014, No. 10, pp. 40-44. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/102014.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).

6. *Tekhnologicheskkiye skhemy provedeniya podgotovitel'nykh vyrabotok prokhodcheskimi kombaynami na ugol'nykh shakhtakh Kuzbassa* [Technological schemes for conducting preparatory workings by roadheaders in the coal mines of Kuzbass]. Prokopyevsk, 1990, 125 p. (In Russ.).

Received September 02, 2019

К вопросу систематизации геофизических исследований геомеханического состояния массива горных пород и земной поверхности для оперативного контроля безопасности ведения горных работ на угольных шахтах

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-29-33>

В статье изложены: состояние вопроса безопасности на угольных предприятиях, методы сейсмодеоформационного мониторинга и напряженно-деформированного состояния горного массива, геофизические исследования условно-провалоопасных зон на горных отводах закрытых шахт, приборно-аппаратурное обеспечение исследований и мониторинга.

Ключевые слова: безопасность на угольных предприятиях, сейсмодеоформационный мониторинг и исследования НДС, условно-провалоопасные зоны, приборы и аппаратура.

ВВЕДЕНИЕ

На данном этапе развития отечественной угольной промышленности Правилами безопасности [1] установлены требования к созданию на шахтах многофункциональных систем безопасности, включающих комплекс геофизических наблюдений и регионального (локального) прогноза газодинамических явлений. Это вызвано тем, что на современном этапе интенсивный рост добычи угля ведет к увеличению глубины его выемки, в связи с этим к усложнению геомеханических и газодинамических условий ведения горных работ и росту напряжений в массиве горных пород.

Появляется необходимость в создании современных систем мониторинга геодинамических процессов, происходящих в горном массиве, которые обусловлены как природными, так и техногенными факторами. Учитывая, что все геодинамические процессы связаны с полями напряжений и деформаций, а вся аналитическая геомеханика оперирует переменными этих полей, можно заключить, что основой систем мониторинга геодинамических процессов является комплексный контроль напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива. При этом критерии оценки НДС массива для конкретных условий должны уточняться в процессе функционирования системы и иметь цифровое выражение, а объединение его подсистем должно производиться в едином аппаратно-программном комплексе. Выполнение данных требований возможно только на основе использования современных и надежных аппаратурных и программных комплексов проведения непрерывных сейсмических и деформационных наблюдений, увязанных в пространстве и во времени.



ЕГОРОВ А.П.

Канд. техн. наук,
заместитель директора по науке
Сибирского филиала АО «ВНИМИ»,
653004, г. Прокопьевск, Россия,
e-mail: vnimi@inbox.ru



РЫЖОВ В.А.

Главный инженер
Сибирского филиала АО «ВНИМИ»,
653004, г. Прокопьевск, Россия,
e-mail: vnimi@inbox.ru

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Сейсморазведка, в различных модификациях, является наиболее распространенным методом разведочной геофизики. При этом широкое промышленное применение нашел метод преломленных волн, используемый в подземной сейсмоакустической разведке. Сейсмоакустическая эмиссия позволяет контролировать состояние массива, удароопасность пород, а также процессы их разрушения. Используя акустическую эмиссию, можно определять физико-механические свойства и НДС самых различных типов горных пород.

Установлено, что основная часть колебательной энергии от источников распространения техногенных сейсмических колебаний (искусственных вибраций) переносится поверхностными волнами, распространяющимися в пределах верхней части грунтовой толщи (10-15 м). Поэтому на сейсмическую их интенсивность оказывают влияние свойства грунтов. При этом наименьшей интенсивностью характеризуются сотрясения на скальных грунтах – гранитах, песчаниках и известняках. Плотным

дисперсным грунтам (пески, супеси, глины и суглинки) соответствуют средние значения сейсмической активности. Наибольшая сейсмическая интенсивность характерна для рыхлых дисперсных грунтов, в первую очередь насыпных.

Таким образом, можно заключить, что основным способом оценки сейсмической опасности является сейсмическое микрорайонирование (СМР), при котором учитывается влияние местных грунтовых условий на интенсивность сейсмических колебаний на земной поверхности. Методика СМР осуществляется с помощью типового сейсмологического оборудования, предназначенного для региональных и локальных наблюдений. Одной из множества разработок отечественных и зарубежных производителей, применяемых при инженерно-геофизических исследованиях, является трехканальный регистратор сейсмических сигналов «Регистр-3МС», укомплектованный трехкомпонентным велосиметром электродинамического типа конструкции Уральского отделения РАН.

При выполнении системы мониторинга НДС выявляются опасные зоны, включающие в себя формирование и проявление возможных опасных рисков (горные удары, внезапные выбросы, повышенное горное давление, выклинивание и расщепление пласта и др.). В дальнейшем по их результатам производится выбор необходимого комплекса мер, в частности:

- локальные меры прогноза и профилактические мероприятия по разгрузке массива и контролю эффективности их применения в соответствии с положениями Инструкций [2, 3];

- остановки горных работ на период выполнения данных мер и мероприятий и последующее разрешение на их возобновление.

Проведение работ по обеспечению локального прогноза НДС на участках подземных горных выработок и в очистных забоях рекомендуется производить с использованием многофункциональной геофизической аппаратуры «Ангел-М» конструкции АО «ВНИМИ».

Прибор позволяет обеспечить оперативный контроль безопасности ведения горных работ, поиск и текущий контроль в горных выработках участков, опасных по горным ударам, внезапным выбросам и другим геодинамическим проявлениям. Проведение локальных геофизических наблюдений посредством измерения электромагнитной эмиссии с помощью комплекса «Ангел-М» дает возможность получить информацию о характере развития геомеханических и геодинамических процессов, наличии участков нестабильного состояния горной среды, критическом состоянии отдельных участков массива и возможности возникновения кризисной или аварийной ситуаций, требующих изменения технологии работ или применения профилактических мер и мероприятий.

При проведении геофизических исследований оконечных комплексно-механизированных лав, с применением комплекса «Ангел-М» замеры проводятся в вентиляционном и конвейерном штреках, монтажной и демонтажной (при наличии) камерах. После предварительной оценки выбирается шаг замеров (20-30 м). В каждой точке отсчета производится по 2 замера (с привязкой

и маркшейдерскому знаку – пикету). В дальнейшем по результатам исследований по регистрации электромагнитной эмиссии в выработках лав производится описание замеров.

Комплекс позволяет в автоматическом режиме выполнять в течение заданного интервала времени (10 сек) прием на антенну сигналов переменного магнитного поля и выделяет аналоговыми методами цифровой обработки сигнала импульсную составляющую нестационарных сигналов, связанную с естественным излучением горных пород. Фиксированное направление приема излучения задается ориентацией антенны. Аппаратура оценивает по выборке пиковых амплитуд импульсов параметры «А» и «В».

По данным отсчетов во всех пунктах оценивается распределение ЭМИ. Относительно более напряженные участки отличаются по повышенным показателям параметров «А» и пониженным «В». В месте каждого замера (вертикально, вкrest оси выработки) автоматически собирается информация для дальнейшей обработки с построением графиков.

На горных отводах шахт, разрабатывающих угольные пласты с большим разнообразием горно-геологических условий залегания, зачастую стали проявляться сосредоточенные деформации земной поверхности в виде своеобразных локальных провальных воронок и канав, развивающихся по габаритам до размеров по ширине 6 м, глубине 5,5 м и протяженности 900 м. В большинстве случаев такие явления приурочены к закрытым и подвергшимся консервации угольным предприятиям. Образование провальных воронок и канав на земной поверхности значительно влияет на условия безопасной эксплуатации зданий и сооружений, расположенных на данных участках, а также на возможность использования подработанных территорий для застройки, проживания, пастбищ, огородничества, сенокосных угодий и других видов культурного земледелия.

Однако не только горные работы могут явиться причиной формирования провалов. Суффозия – пример образования провала по причинам, не связанным с горными работами. На практике имеются случаи даже влияния аварии на трубе большого диаметра для ливневых вод на образование провала. Необходимо отметить, что провалы могут образовываться и в результате суффозий, когда ливневые воды вымывают рыхлые породы через трещины дробленной породы в пустоты.

Имеется мнение, что закономерностей формирования провалов нет, следовательно, методы их прогноза сводятся к простой оценке вероятности образования провала. Нередко прогноз о вероятном формировании провала не сбывается. Такое состояние дел существенно затрудняет принятие проектных решений по использованию подработанных территорий земной поверхности.

Выявление и картирование подземных пустот и провалоопасных зон в условиях урбанизированных территорий являются важным вопросом освоения этих территорий и безопасной их жизнедеятельности. Особенно острою форму этот вопрос приобретает для городских условий, которые отличаются плотной жилищной застройкой территории и наличием большого количества

охраняемых сооружений и объектов. Вопрос еще более обостряется в данном случае ввиду отсутствия в практике изысканий эффективных способов поиска провалоопасных зон, установления их пространственных форм и геометрических параметров.

Поиск и ликвидация пустот в условно-провалоопасных зонах на больших площадях горного отвода ликвидированной или ликвидируемой шахты осуществляются на основании утвержденных проектных решений. В любом случае условно-провалоопасные зоны подлежат уточнению на предмет обнаружения в них пустот экспериментальными методами, с помощью бурения разведочных скважин или геофизическими методами.

Из опыта произведенных работ установлено, что проведение инженерно-геологических работ для исследований условно-провалоопасных зон с помощью разведочных скважин является недостаточно информативным и трудозатратным. Кроме этого, возможность проведения буровых работ ограничивается степенью сложности и труднодоступности отдельных районов исследований (сложность рельефа, застроенность территории и др.), в связи с чем в последнее время способы исследований подземных пустот геофизическими методами приобретают все более широкий и разнообразный характер. Учитывая, что на данном этапе уровень геофизических исследований как в научном, так и техническом плане существенно возрос, их следует считать ведущими методами при изучении пустот.

Геофизические исследования при инженерно-геологических изысканиях на подрабатываемых территориях выполняются в соответствии с положениями нормативного документа [4]. Для определения местоположения и прослеживания разуплотненных зон, полостей и пустот, изучения напряженного состояния пород в массиве рекомендуется применять методы электро- и сейсморазведки. Выбор методов исследований (основных и вспомогательных) осуществляется в зависимости от характера решаемых задач и конкретных инженерно-геологических условий, в соответствии с приложением Д СП 11-105-97 (часть I) [4]. В целях повышения качества интерпретации геофизических данных рекомендуется в практике применять комплекс различных методов.

Приборы и системы разведочной геофизики, в частности для выполнения электротомографии методом сопротивлений и вызванной поляризации, как в отечественной, так и в зарубежной горной промышленности имеются. Но для осуществления методов сопротивлений на практике рекомендуется многоэлектродная аппаратура «Скала-48» производства ООО «КБ Электрометрии».

При выполнении работ по геофизическому обследованию условно-провалоопасных зон на конкретном территориальном объекте сейсмическое зондирование корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) с регистрацией продольных (V_p) волн и волн Релея (V_R) производится с применением станции инженерной сейсмической SGD-SEL/24B. Для регистрации продольных волн применяются вертикальные сейсмоприемники GS 20-DX. Регистрация, накопление и запись сейсмической информации осуществляются встроенным энергонезависимым запоминающим устройством (ЗУ) с последую-

щей перезаписью на компьютер с помощью программы SGD-SEL View 2.00.

В ряде случаев проведение инженерно-геологических работ для исследования сложных геологических условий площади или трассы строительства является недостаточно информативным. Кроме этого, проведение буровых работ может быть ограничено ввиду труднодоступности района исследований, сложности рельефа или застроенности территории. Компенсировать недостаток информации поможет проведение геофизических изысканий. В отличие от бурения, дающего дискретную информацию о среде, геофизические работы позволяют получать непрерывную информацию вдоль профилей или площади исследования с целью:

- определения геологического строения массива горных пород;
- выявления зон повышенной трещиноватости и обводненности, наличия карстовых полостей;
- контроля состояния насыпных дамб и плотин, выявления в них зон фильтрации и размыва;
- определения глубины залегания уровня подземных вод, водоупоров, направления движения потоков;
- поиска и картирования водных источников и продуктивных мест для водоснабжения.

Одним из основных факторов, учитывающихся при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений, является гидрогеологическая обстановка.

Особенно очевидно значение подземных вод при всех видах гидротехнического строительства, подземном строительстве и отработке полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации электростанций и других особо ответственных сооружений.

Большую помощь при проведении разведочных работ на воду могут оказать современные методы геофизики, это направление исследований можно назвать гидрогеофизическим. Инженерно-геофизические методы при гидрогеологических исследованиях используют с целью решения следующих задач:

- определения водопроницаемости массива горных пород;
- характеристики условий залегания и движения подземных вод в зоне аэрации;
- изучения минерализации и температуры подземных вод во всем диапазоне глубин от земной поверхности до предельно больших глубин, представляющих интерес для данного вида строительства;
- прогнозирования режима подземных вод, связанного с влиянием техногенных факторов.

Перечисленные выше геолого-гидрогеологические задачи в большинстве своем могут быть решены одним из следующих методов или их комплексом:

- электроразведка методом сопротивлений (с использованием постоянного или низкочастотного тока);
- электроразведка методом вызванной поляризации;
- электроразведка методом естественного электрического поля;
- сейсморазведка методом преломления волн;
- электроразведка с использованием высокочастотных электромагнитных полей.

Все эти методы обеспечены отечественной серийной аппаратурой, для них в достаточной степени разработаны теоретические и методические основы, поэтому они могут быть применены в необходимых производственных масштабах.

В целом можно заключить, что электроразведочные методы геофизических исследований гидрогеологической обстановки на исследуемом объекте земной поверхно-

сти являются наиболее информативными методами, позволяющими получать данные о широком наборе физических характеристик среды, отражающих степень разуплотненности горных массивов и грунтов, их влажности и интенсивности фильтрационных процессов.

На практике, в любом случае, при проходке горных выработок, ведении очистных работ, строительстве зданий и сооружений и др. важно иметь информацию о строении массива горных пород и грунтов. Часто в этих случаях необходимо выявлять водоносные горизонты, зоны активного (интенсивного) трещинообразования и повышенных напряжений, карстовые воронки, водонасыщенные линзы, палеоруслы рек и т.д. Наряду с данными процессами необходимо также решать и технические вопросы, такие как оценивание состояния контура выработок, определение мощности водозащитных целиков, качество закрепления массива. В последние годы для решения указанных задач используются георадиолокационные наблюдения, которые включают съемку как из подземной выработки, так и с поверхности. При этом в связи с протяженностью объектов приходится иметь дело с большими объемами данных, требующих трудоемких операций, обработки и интерпретации.

В настоящее время имеется обширная практика построения систем сейсмического мониторинга, эффективно используемых на угольных предприятиях США, Канады, ЮАР, Великобритании, Австралии и других стран. Богатейший опыт создания и эксплуатации таких систем накоплен и отечественной горнодобывающей промышленностью (предприятия Кузбасса, Воркуты, Норильска, Таштагола и др.). При их создании используется аппаратура как отечественных, так и зарубежных производителей (системы «GITS», АС «РЕЛСС», «ISS», «АСКМ», «Прогноз-ADS»). В последние годы стали появляться новые компании, предлагающие современную аппаратуру сейсмического и акустического мониторинга для контроля как в масштабе шахты, так и выемочного участка или при-

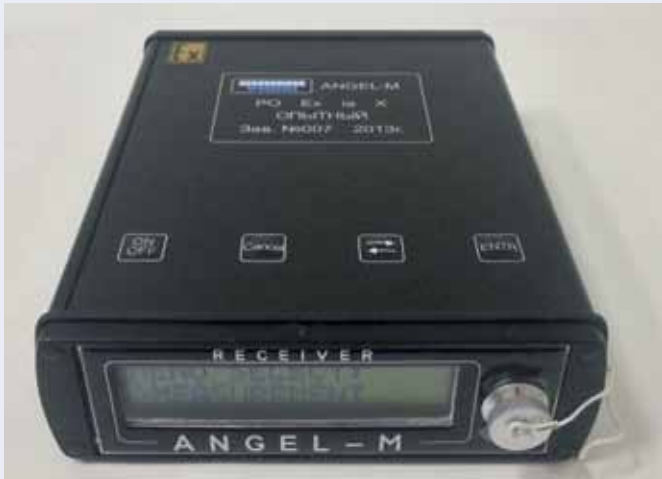


Рис. 1. Общий вид геофизического прибора (комплекса) «Ангел-М»

Fig. 1. General view of the geophysical instrument (complex) "Angel-M"



Рис. 2. Общий вид аппаратуры «Скала-48»

Fig. 2. General view of the equipment "Skala-48"



Рис. 3. Общий вид регистратора сейсмических сигналов «Регистр-3MS»

Fig. 3. General view of the register-3MS seismic signals



Рис. 4. Общий вид сейсмостанции «SGD-SEL/24 В»

Fig. 4. General view of the seismic station "SGD-SEL / 24 V"

забойного пространства подготовительной выработки (Микон, EMAG, MARCO, DMT, Ингортех и др.).

Из действующих отечественных систем деформационного мониторинга известны «АС КГД», АПК «Массив-II-8а», ИС «Градиент». На рис. 1, 2, 3, 4 представлена геофизическая аппаратура, рекомендуемая для проведения геофизических исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные угольные шахты в настоящее время оснащены высокопроизводительной горной техникой, для безопасной деятельности которой необходимо создание условий, позволяющих достигать высоких нагрузок на очистные забои и больших скоростей проведения горных выработок с обеспечением необходимого уровня безопасности их эксплуатации. Однако до сих пор горнодобывающие предприятия несут значительные издержки, если различного рода геологические осложнения обнаруживаются «внезапно» в процессе ведения горных работ (тектонические нарушения, провалы земной поверхности, замещения и размывы пласта, изменение прочности и устойчивости вмещающих пород и др.). Зачастую вскрытие таких осложнений, без специальных мероприятий, приводит к катастрофическим аварийным последствиям.

Во избежание подобных ситуаций могут быть успешно применены как наземные, так и подземные комплексные наблюдения с проведением сейсмических и деформационных мониторингов. На основе выполненной выше

оценки состояния построения и реализации многофункциональных систем безопасности на угольных предприятиях можно заключить, что для этого имеется все необходимые современные аппаратные и программные комплексы, позволяющие на практике эффективно проводить непрерывные сейсмические и деформационные наблюдения, увязанные как в пространстве, так и во времени.

Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2018. 198 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам. РД 05-328-99 / Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах: Сб. документов. Серия 05. Выпуск 2. 4-е изд. испр., доп. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2011. 304 с.
3. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля (породы) и газа. РД 05-350-00. / Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах: Сб. документов. Серия 05. Выпуск 2. 4-е изд. испр., доп. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2011. 304 с.
4. СП 11-105-97 «Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть V. Правила производства работ в районах с особыми природно-техногенными условиями».

SUBSOIL USE

UDC 622.831.31 © A.P. Egorov, V.A. Ryzhov, 2019

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 29-33

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-29-33>

Title

TO THE ISSUE OF SYSTEMATIZATION OF GEOPHYSICAL STUDIES OF THE GEOMECHANICAL STATE OF ROCK MASS AND THE EARTH'S SURFACE FOR OPERATIONAL MONITORING OF THE SAFETY OF MINING IN COAL MINES

Authors

Egorov A.P.¹, Ryzhov V.A.¹

¹Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center VNIMI¹ JSC, Siberian branch, Prokopyevsk, 653004, Russian Federation

Authors' Information

Egorov A.P., PhD (Engineering), Deputy Director of Science, e-mail: vnimi@inbox.ru

Ryzhov V.A., Chief Engineer, e-mail: vnimi@inbox.ru

Abstract

The article touches upon: the state of the issue of safety at coal mines, methods of seismic deformation monitoring and the stress-strain state of the rock mass, geophysical studies of conditionally failing zones at mining allotments of closed mines, instrumentation and hardware for research and monitoring.

Keywords

Safety at coal mines, Seismic deformation monitoring and stress-strain state studies, Conditionally hazardous zones, Instruments and equipment.

References

1. *Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh"* [Federal rules and regulations in the

field of industrial safety "Coal Mine Safety Regulations"]. Series 05, Issue 40, Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2018, 198 p. (In Russ.).

2. *Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na shakhtakh, razrabatyvayushchikh ugol'nyye plasty, sklonnyye k gornym udaram*. RD 05-328-99 [Instructions for the safe conduct of mining operations in mines developing coal seams prone to mountain impacts. RD 05-328-99]. Prevention of gas-dynamic phenomena in coal mines: Collection of documents. Series 05. Issue 2. 4th edition, revised, add.]. Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2011, 304 p. (In Russ.).

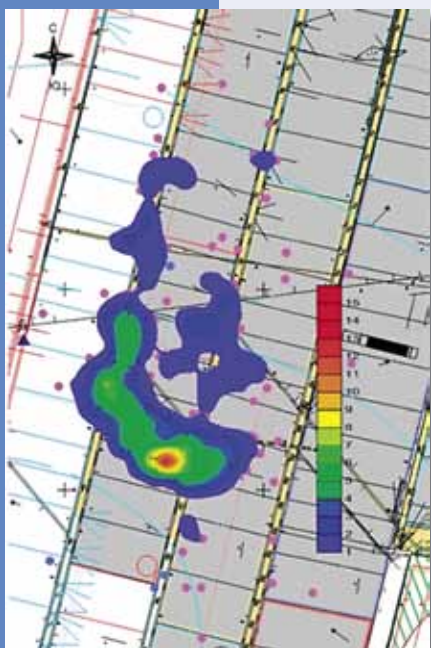
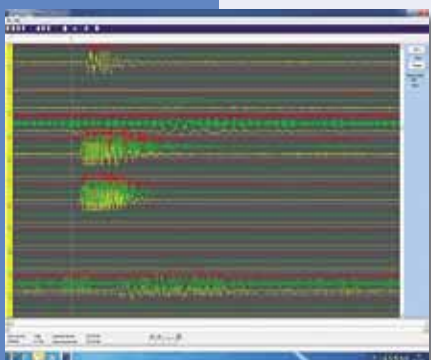
3. *Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornykh rabot na plastakh, opasnykh po vnezapnym vybrosam uglia (porody) i gaza*. RD 05-350-00 [Instructions for the safe conduct of mining on formations hazardous for sudden emissions of coal (rock) and gas. RD 05-350-00]. Prevention of gas-dynamic phenomena in coal mines: Collection of documents. Series 05. Issue 2. 4th edition, revised, add.]. Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2011, 304 p. (In Russ.).

4. SP 11-105-97 "Inzhenerno-geologicheskiye izyskaniya dlya stroitel'stva [SP 11-105-97 "Engineering and geological surveys for construction] Part V. Rules for the performance of work in areas with special natural and technological conditions". (In Russ.).

Received September 04, 2019

GITS – система сейсмического мониторинга

Система сейсмического мониторинга GITS – (Geo Info Trans System) – геофизическая информационно-передающая система – представляет собой программно-технический комплекс, предназначенный для непрерывного контроля за шахтным полем или другими объектами с выявлением участков и зон активизации естественных и техногенных геомеханических и сейсмических процессов в горном массиве посредством пространственно распределенной сети сейсмических или других датчиков для управления технологическими процессами.



Система GITS состоит из телеметрического канала передачи и обработки информации. К нему могут быть подключены различные измерительные преобразователи физических величин в электрический сигнал, в частном случае – вибропреобразователи сейсмических колебаний, устанавливаемые на площади, охватываемой мониторингом. Работа системы GITS основана на регистрации и обработке сейсмических событий определенной энергии с целью выделения зон повышенной сейсмоопасности и оценки возможности динамических проявлений горного давления.

Аппаратура системы GITS выполнена во взрывозащищенном исполнении с видом взрывозащиты вибропреобразователей ДРЦ-11 – PO Ex ia I X, блоков выносных – PO Ex ia I, ретрансляторов сигнала – PO Ex ia I модулей базовых – Ex ia I, и имеет Сертификат соответствия техническому регламенту Таможенного Союза (ТРТС 012/2011).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ GITS:

- Динамический диапазон – более 140 dB;
- Частотный диапазон – 0.1 – 900 Hz;
- Частота дискретизации – 1800 Hz;
- Потребление – 20 mA на один выносной модуль;
- Напряжение питания усилителей – 5 V;
- Макс. длина линии с использованием ретранслятора – до 17 км.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ GITS ПОЗВОЛЯЕТ:

- Управлять с поверхности режимами работы подземных блоков;
- Определять координаты и энергетические параметры регистрируемых явлений (событий).
- Обработать информацию и производить оценку текущего положения зон опасного влияния на состояние массива;
- Составлять схемы и карты, привязанные к координатам шахтных полей в вертикальном разрезе или плане, положение линий границ радиальных зон опасного влияния событий.

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ И ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ GITS:

- Нарботка на отказ – не менее 4000 ч;
- Среднее время восстановления – не более 8 ч;
- Средний срок службы – не менее 10 лет;
- Питание по кабельной линии;
- Искрозащищенное исполнение;
- Водонепроницаемое исполнение выносных модулей;
- Грозозащищенность.
- Установка в скважину, время монтажа в скважине – 15 мин;
- Подключаемые датчики: акселерометры, сейсмоприемники, деформометры.

Более подробная информация на сайте www.vnimi.ru

АО «Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – Межотраслевой научный центр ВНИМИ» (АО «ВНИМИ»)

199106, г. Санкт-Петербург, 22-я линия ВО, 3/1

Тел./Факс: +7 (812) 327-21-20. E-mail: info@vnimi.ru

Управление кровлей для повышения эффективности поддержания выработок, охраняемых податливыми целиками

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-35-41>

Представлен опыт применения направленного гидроразрыва пород кровли для перераспределения горного давления во вмещающем массиве выработки, охраняемой податливым целиком. Целью мероприятий является снижение конвергенции конвейерного штрека в зоне опорного давления от очистного забоя. Представлены схемы направленного гидроразрыва из конвейерного штрека № 555, а также результаты мониторинга смещение вмещающего углепородного массива вне и в зоне направленного гидроразрыва. Приведен анализ эффективности выполненных мероприятий по управлению кровлей.

Ключевые слова: направленный гидроразрыв, иницирующая щель, герметизатор, щелеобразователь, искусственная трещина, опорное давление, пучение почвы, смещения пород кровли.

ВВЕДЕНИЕ

Современные проблемы горного производства на угольных шахтах выдвигают задачу сочетания максимальной производительности очистных забоев с обеспечением разумной достаточности мероприятий по безопасности горных работ. С точки зрения управления состоянием горного массива, проблема в том, что подземные горные выработки имеют все характерные черты инженерных конструкций, такие как прочность и устойчивость относительно внешних воздействий и внутренних напряжений [1].

Нормы и требования действующей (очередная шестая редакция) Инструкции по ... горным ударам [2] трудно согласовываются с новыми интенсивными высокопроизводительными скоростными технологиями добычи. Кроме того, с увеличением пролетов зависшей кровли напряженно-деформированное состояние угольных и породных массивов может изменяться в зонах опорного давления до критического уровня, вызывая разрушение призабойной части пласта, аварийные деформации механизированной крепи и крепи горных выработок, пучение почвы, возникновение газодинамических явлений и горных ударов [3, 4, 5, 6].



ГРЕЧИШКИН П.В.

Канд. техн. наук,
Директор Кемеровского филиала
АО «ВНИМИ»,
650099, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kf@vnimi.ru



РОЗОНОВ Е.Ю.

Заместитель директора
ООО «ММК-УГОЛЬ»,
652607, г. Белово, Россия,
e-mail: office@mmk-coal.ru



КЛИШИН В.И.

Доктор техн. наук, профессор,
член-корр. РАН, директор
Института угля ФИЦ УУХ СО РАН,
650065, г. Кемерово, Россия,
e-mail: klishinvi@icc.kemsc.ru



ОПРУК Г.Ю.

Канд. техн. наук,
заведующий лабораторией
эффективных технологий
разработки угольных месторождений
Института угля ФИЦ УУХ СО РАН,
650065, г. Кемерово, Россия,
e-mail: opruk@yandex.ru



ЩЕРБАКОВ В.Н.

Старший менеджер
технической группы
ООО «ММК-УГОЛЬ»
652607, г. Белово, Россия,
e-mail: office@mmk-coal.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ НАПРАВЛЕННОГО
ГИДРОРАЗРЫВА ПОРОД КРОВЛИ
ДЛЯ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ**

На шахте «Чертинская-Коксовая» на выемочном участке лавы № 555 горные работы велись в сложных горно-геологических условиях. Глубина ведения работ в лаве достигала 620 м. С 300 м пласт 5 отнесен к опасным по внезапным выбросам и угрожаемым по горным ударам. Прогнозная геологическая характеристика пласта и вмещающих пород выемочного участка 555 представлена в таблице.

**Геологический прогноз
по выемочному участку 555**

Описание пород	Сопrotивление сжатию, МПа
Песчаники мелкозернистые, мощность – до 13,5 м	60-70
Алевролит мелкозернистый, мощность – 7,6 м	30-40
Песчаник мелкозернистый, мощность – 16,6 м. В центральной части лавы замещается алевролитом крупнозернистым мощностью до 10,8 м	40-70
Алевролит мелкозернистый, мощность – 11 м	30-40
Пласт № 5, мощность – 2 м	14
Алевролит мелкозернистый, мощность – 11 м	30-40

В границах участка общая мощность угольного пласта колеблется от 1,39 м до 2,56 м при среднем значении 2,08 м.

В связи с тем, что почва пласта № 5 склонна к пучению, охрана выработок производится податливыми целями шириной 4-6 м. Расчетная ширина зоны опорного давления (*L*) составляла 68 м, однако на расстоянии до 100 м впереди очистного забоя наблюдались существенные проявления горного давления в виде пучения почвы, смещений кровли, разрывов анкеров, деформации и разрушения других элементов крепи выработки, разрушения боков штрека. Размеры выработки не позволяли перемещать по ней очистное оборудование, что вызывало необходимость ее непрерывной перекрепки и колоссальные простои очистного забоя.

Исходя из прогнозных геологических данных не ясна причина сложившейся ситуации, поэтому были проведены дополнительные исследования с отбором кернов, эндоскопией скважин, электромагнитным зондированием вмещающего углепородного массива. Выяс-

нилось, что фактические горно-геологические условия существенно отличаются от прогнозных: непосредственная кровля пласта № 5 сложена слабыми алевролитами мощностью порядка 2,5 м, выше залегают более прочные породы, которые могут зависеть в выработанном пространстве отработанного ранее выемочного участка 561 и действующего очистного забоя № 555. При этом происходят разрушение и «выдавливание» пород непосредственной кровли в пространство конвейерного штрека № 555, интенсивное пучение пород почвы, разрушение боков.

Всех вышеперечисленных негативных проявлений горного давления можно избежать путем своевременного искусственного разупрочнения кровли. Однако существующие методы разупрочнения пород кровли (передовое торпедирование, гидромикроторпедирование и т.д.), несмотря на опытную длительную проверку, не всегда эффективны [7, 8, 9, 10, 11].

Для разупрочнения пород кровли предложен принципиально новый способ направленного гидроразрыва (НГР), который качественно отличается от известных методов гидровоздействия на массив. При направленном гидроразрыве для устойчивого расширения трещины в заданном направлении необходимо предварительно создать концентратор напряжений в виде искусственной иницирующей щели достаточной длины и с острой концевой частью. Под давлением подвести в эту щель флюид-воду, упругая энергия которой «закачивается» в массив и создает в нем растягивающие напряжения, под воздействием которых происходит гидроразрыв в нужном направлении с образованием протяженной трещины [12].

В результате разупрочнения труднообрушающиеся породы основной кровли расчленяются на блоки малых размеров [13]. Это приводит к многократному уменьшению площади зависшей кровли в выработанном пространстве, резкому снижению интенсивности и тяжести проявления первичных и вторичных осадок основной кровли, снижению нагрузок на крепь очистных забоев и разгрузке их краевых частей [14, 15].



Рис. 1. Щелеобразователи для нарезания иницирующих щелей
Fig. 1. Slit formers for cutting initiating slits



Рис. 2. Герметизатор (пакер) типа «Таурус»
Fig. 2. Sealant (packer) of the "Taurus" type

Другим важным элементом является пакер, герметизирующий область шпура, в которой находится инициирующая щель со стороны устья. Герметизация зоны инициирующей щели осуществляется гидравлическим затвором по типу «Таурус» или ГАС– 42 (рис. 2).

В сложившихся условиях для разгрузки целика и снижения давления на крепь конвейерного штрека № 555 технической службой шахты совместно с профильными институтами в соответствии с нормативными документами [17] было принято решение разработать мероприятия по разгрузке углепородного массива за контуром выработки. Сущность мероприятий заключалась в том, что для уменьшения степени влияния зависающей консоли кровли на целик и конвейерный штрек непосредственно из штрека за зоной опорного давления осуществляется разупрочнение над податливым целиком и выемочным столбом методом направленного гидроразрыва (рис. 3) [18, 19].

С началом научного сопровождения отработки лавы № 555 в сложных условиях ВНИМИ была организована система непрерывных инструментальных наблюдений. После проведения НГР в конвейерном штреке по мере движения лавы № 555 проводился мониторинг смещения пород кровли и почвы, боков на опытном участке. Схема замерной скважины представлена на рис. 4.

За год поддержания конвейерного штрека вне зоны влияния очистного забоя 555 величина пучения почвы составляет 0,4–0,6 м, в зонах влияния геологических нарушений – до 1,3 м. Первая замерная станция располагает

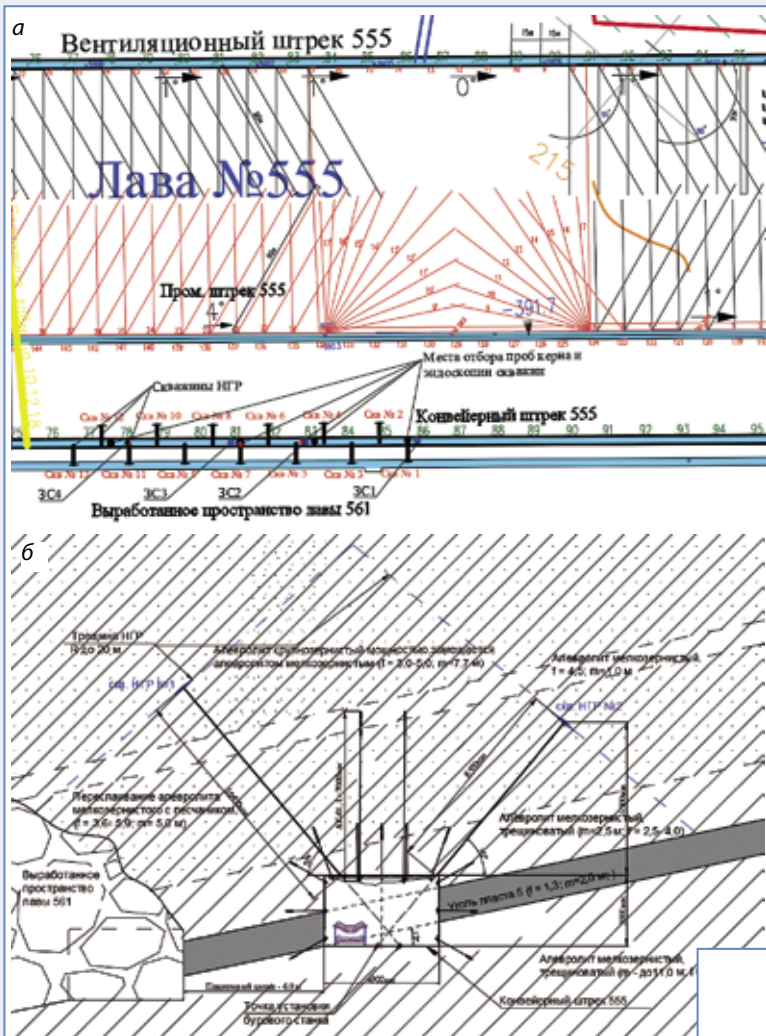


Рис. 3. Схема гидроразрыва из конвейерного штрека № 555:
а – план расположения скважин;
б – вертикальная схема расположения скважин
Fig. 3. Hydraulic fracturing scheme from conveyor drift No. 555:
а – well location plan; б – vertical layout of wells

Бурение скважин и прорезание инициирующих щелей производится буровым станком с одной установкой. Для бурения скважин используются породные коронки диаметром 46 мм. Прорезание инициирующих щелей осуществляется при помощи механизированных щелеобразователей ЩМ-45/1 или ЩГ-45, устанавливаемых на штангах бурового станка вместо коронки (рис. 1) [16]. Основными элементами, на основе которых созданы щелеобразователи, являются: режущие органы; механизм вывода режущих органов; фиксатор положения устройства в скважине; канал подвода к режущим органам жидкости; узел связи устройства с вращателем.

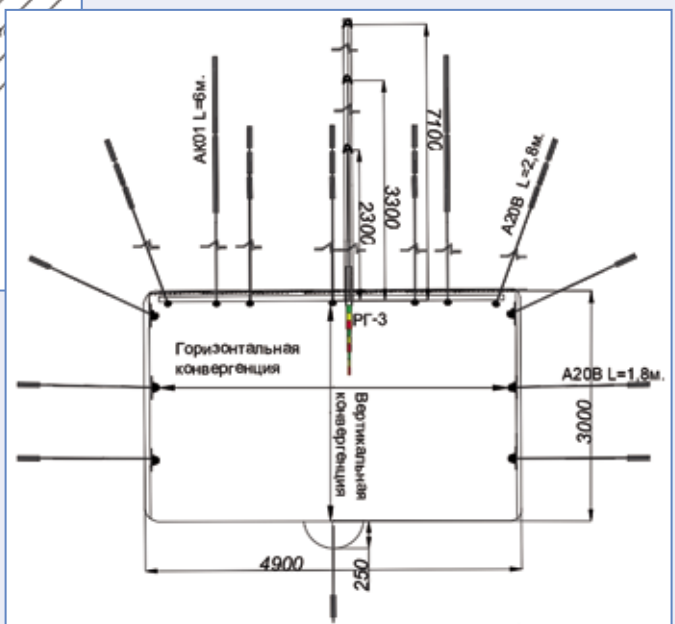


Рис. 4. Схема замерной станции
Fig. 4. Scheme of the metering station



Рис. 5. Размеры конвейерного штрека № 555 на замерной станции № 1 (вне зоны НГР)
Fig. 5. Dimensions of conveyor drift No. 555 at metering station No. 1 (outside the oil and gas region)



Рис. 6. Размеры конвейерного штрека № 555 на замерной станции № 2 (в зоне НГР)
Fig. 6. Dimensions of conveyor drift No. 555 at metering station No. 2 (in the oil and gas region)

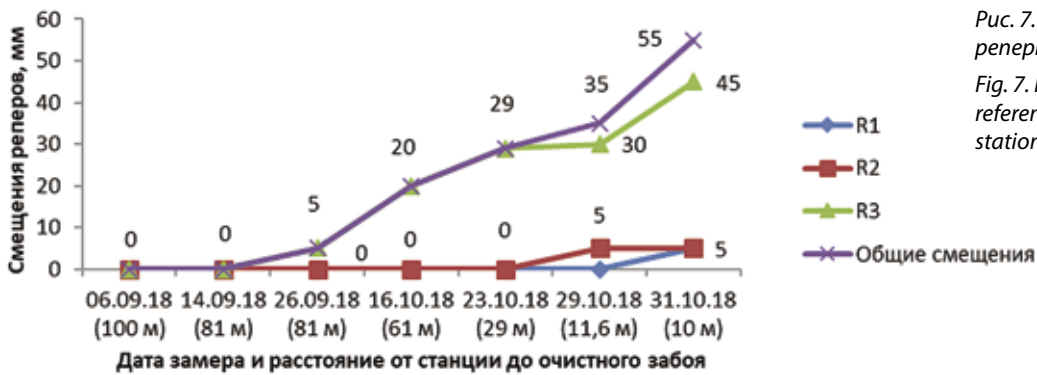


Рис. 7. Показания глубинной реперной станции № 2
Fig. 7. Indications of the deep reference station at metering station No. 2



Рис. 8. Размеры конвейерного штрека № 555 на замерной станции № 3 (в зоне НГР)
Fig. 8. Dimensions of conveyor drift No. 555 at metering station No. 3 (in the oil and gas region)

лась перед участком проведения НГР и являлась эталонной для сравнения интенсивности смещений вмещающих пород вне и в зоне проведения мероприятий. Проектная высота выработки – 3 м, ширина – 4,9 м. На момент установки первой замерной станции расстояние до очистного забоя было 43 м, при этом величина пучения почвы уже составляла порядка 0,75 м, смещения кровли – около 0,2 м. В результате влияния опорного давления от очистного забоя 555 смещения кровли составляли около 0,2 м, почвы – 0,25 м. Результаты замеров представлены на рис. 5, 6, 7, 8, 9.

Таким образом, в результате влияния опорного давления при подвигании забоя на 100 м до замерной станции № 1 вне зоны НГР величина пучения почвы составила 503 мм, смещений кровли – 607 мм, горизонтальная конвергенция – 245 мм.

При приближении очистного забоя к замерной станции № 2 смещения почвы составили 28 мм, кровли – 5 мм. После зачистки почвы выработки был установлен новый напочвенный репер (см. рис. 5). Далее при приближении очистного забоя общие смещения почвы достигли 225 мм, кровли – 55 мм (см. рис. 6), боков выработки – 245 мм.

На момент начала мониторинга по замерной станции № 3 высота и ширина выработки составляли 4800 мм и 2850 мм соответственно (см. рис. 7). В дальнейшем, после зачистки почвы и установки очередного напочвенного репера (см. рис. 5), при приближении очистного забоя смещения почвы составили 72 мм, кровли – 27 мм (см. рис. 8), боков выработки – 30 мм. Далее продолжить измерения не удалось из-за оборудования на сопряжении с конвейерным штреком, однако заметных проявлений горного давления не наблюдалось при проходе забоем участка замерной станции, размеры выработки были сохранены для эффективной работы механизированного комплекса.

По мере продвижения забоя по зоне НГР наблюдались стабилизация геомеханических процессов, перераспределение давления по направлению от охраняемой выработки вглубь массива, снижение проявлений горного давления в конвейерном штреке. Это было обеспечено:

- уменьшением размеров зависания пород кровли в выработанном пространстве лавы № 561 за счет скважин НГР с уклоном влево (см. рис. 3, б);

- снижением влияния опорного давления от лавы № 555 разупрочнением пород кровли из скважин НГР с уклоном вправо (см. рис. 3, б); при этом зона концентрации напряжений сместилась от контура конвейерного штрека в сторону пром. штрека (см. рис. 3, а).

Средние значения смещений кровли и почвы конвейерного штрека в результате влияния опорного давления от лавы № 555 вне и в зоне НГР представлены на рис. 10.

Применение представленной технологии управления кровлей (см. рис. 10) позволило полностью предотвратить повреждение анкерной крепи кровли конвейерно-

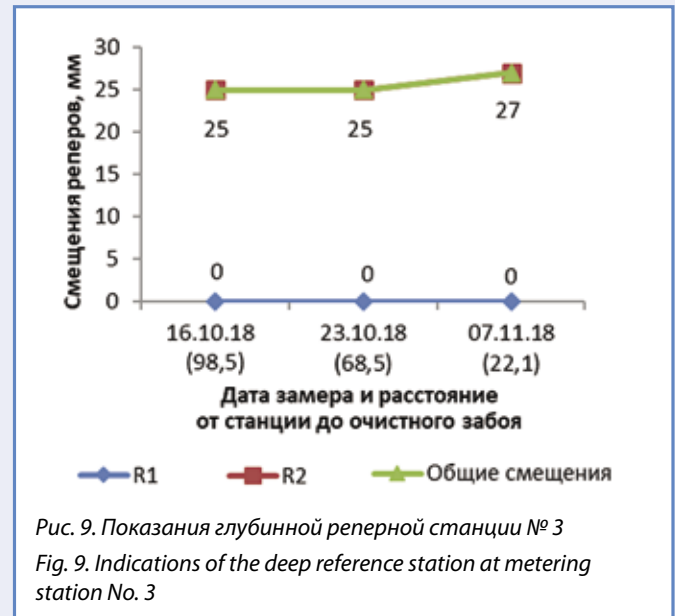


Рис. 9. Показания глубинной реперной станции № 3

Fig. 9. Indications of the deep reference station at metering station No. 3

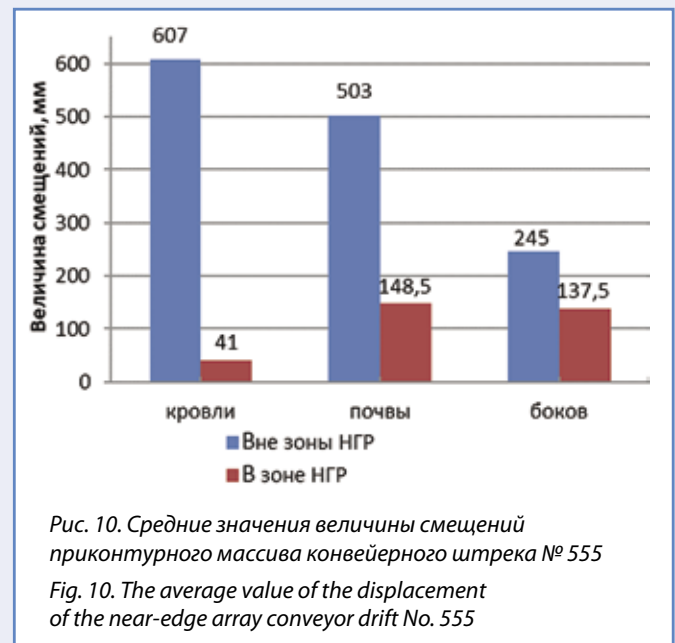


Рис. 10. Средние значения величины смещений приконтурного массива конвейерного штрека № 555

Fig. 10. The average value of the displacement of the near-edge array conveyor drift No. 555

го штрека, более чем в три раза снизить интенсивность пучения почвы, вызванного влиянием опорного давления действующего очистного забоя, и существенно снизить деформации боков.

ВЫВОДЫ

1. По результатам исследований было выявлено, что фактические горно-геологические условия существенно отличаются от прогнозных, а именно, непосредственная кровля мощностью порядка 2,5 м представлена трещиноватым алевритом ($f = 2,5-4$), выше залегают более прочные породы, которые могут зависать в выработанном пространстве.

2. Мощности непосредственной кровли не хватало для «подеучивания» основной, за счет этого создавались по-

вышенные напряжения во вмещающем массиве конвейерного штрека № 555, что приводило к деформации пород непосредственной кровли, повреждению крепи на значительном протяжении выработки, пучению почвы, деформации боков.

3. Выполнение направленного гидроразрыва пород кровли по предложенной схеме позволило:

- уменьшить размеры зависания пород кровли в выработанном пространстве отработанного ранее столба;
- обеспечить подпор основной кровли обрушенными породами;
- перераспределить концентрацию напряжений от контура конвейерного штрека вглубь массива;
- снизить влияние опорного давления от действующего очистного забоя.

4. Проведение данных мероприятий позволило уменьшить смещения пород кровли до требуемых по Инструкции [20] величин, исключить повреждение анкерной крепи, более чем в три раза снизить интенсивность пучения почвы в зоне опорного давления от очистного забоя, обеспечить поддержание выработки в безремонтном состоянии.

Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. М.: ЗАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2014. 200 с.
2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам (РД 05-328-99). В сб.: Предупреждение газодинамических явлений в угольных шахтах (Сборник документов) / Колл. Авт. М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2000. 119 с.
3. Оганесян С.А. Авария в Филиале «Шахта Тайжина» ОАО ОУК «Южжубассуголь» – хроника, причины, выводы // Уголь. 2004. № 6. С. 25-28.
4. Цивка Ю.В., Петров А.Н. Гидродинамические явления на руднике Баренцбург археиплага Шпицберген // Уголь. 2005. № 7. С. 49-50.
5. Охрана подготовительных выработок целиками на угольных шахтах: монография / В.Б. Артемьев, Г.И. Коршунов, А.К. Логинов и др. С.-Пб: Наука, 2009. 231 с.
6. Численное моделирование геомеханического состояния неоднородных угольных целиков методом конечных элементов. Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: Сб. научных статей / С.В. Раб, В.В. Басов, А.М. Никитина, Д.М. Борзых, под общей ред. В.Н. Фрянова. Новокузнецк: СибГИУ, 2014. С.123-128.
7. Джебевки Я. Новые методы предотвращения опасности горных ударов // Глюкауф. 2002. № 2. С 18-21.
8. Якоби О. Практика управления горным давлением: Пер. с нем. М.: Недра, 1987. 566 с.
9. Sikora W., Kidybinski A., Saltysek K. Designing of Hard Roof-Rock Destressing Systems for Safe Warning of Rock Burst Prone Coal Seams. Central Mining Institute Report. Poland: 1978. 26 p.
10. Бенявски З. Управление горным давлением: Пер. с англ. М.: Мир, 1990. 254 с.
11. Динамические формы проявлений горного давления / В.Б. Артемьев, Г.И. Коршунов, А.К. Логинов, В.М. Шик. С.-Пб.: Наука, 2009. 347 с.
12. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений: монография / В.И. Клишин, Л.В. Зворыгин, А.В. Лебедев, А.В. Савченко // Новосибирск: Издательский дом «Новосибирский писатель», 2011. 524 с.
13. The effect of natural fractures on hydraulic fracturing propagation in coal seams / Tao Wang, Wanrui Hua, Derek Elsworth et al. // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2017. № 150. P. 180–190.
14. Directional hydraulic fracturing to control hard-roof rockburst in coal mines / Fan Jun, Dou Linming, He Hu et al. // International Journal of Mining Science and Technology. 2012. № 22. P. 177–181.
15. Near Wellbore Hydraulic Fracture Propagation from Perforations in Tight Rocks: The Roles of Fracturing Fluid Viscosity and Injection Rate / S.H. Fallahzadeh, M.M. Hossain, A.J. Cornwell, V. Rasouli // Energies. 2017. № 10. 359 p.
16. Курленя М.В., Клишин В.И., Кокоулин Д.И. Щелеобразователь: пат. № 129148 Рос. Федерация. Бюл. № 17. 2013.
17. Инструкция по выбору способа и параметров разупрочнения кровли на выемочных участках. Л.: ВНИМИ, 1991. 102 с.
18. Клишин В.И., Опрук Г.Ю., Черепов А.А. Комплексный метод снижения удароопасности на угольных шахтах // Уголь. 2018. № 9. С. 56-63. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/092018.pdf> (дата обращения 15.09.2019).
19. Опыт применения технологии направленного гидроразрыва (НГР) пород кровли с целью обеспечения устойчивого состояния сохраняемой выработки в условиях шахты «Есаульская» / В.И. Клишин, Г.Ю. Опрук, А.С. Телегуз и др. под общ. ред. В.Н. Фрянова // Научные технологии разработки и использование минеральных ресурсов: сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф. Новокузнецк: СибГИУ, 2017. № 3. С. 177-181.
20. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 42. М.: ЗАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2015. 186 с.

UDC 622.831.32:622.831.325 © P.V. Grechishkin, E.Yu. Rozonov, V.I. Klishin, G.Yu. Opruk, V.N. Scherbakov, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 35-41
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-35-41>

Title

ROOF MANAGEMENT TO INCREASE THE EFFICIENCY OF MAINTAINING WORKINGS GUARDED BY MALLEABLE PILLARS

Authors

Grechishkin P.V.¹, Rozonov E.Yu.², Klishin V.I.³, Opruk G.Yu.³, Scherbakov V.N.²

¹Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center VNIMI" JSC, Kemerovo branch, Kemerovo, 650099, Russian Federation

²"MMK-COAL" LLC, Belovo, 652607, Russian Federation

³Institute of Coal of SB RAS Kemerovo Science Center, Kemerovo, 650065, Russian Federation

Authors' Information

Grechishkin P.V., PhD (Engineering), Director, e-mail: kf@vnimi.ru

Rozonov E.Yu., Deputy Director, e-mail: office@mmk-coal.ru

Klishin V.I., Doctor of Engineering Sciences, Professor, RAS Corresponding Member, Director, e-mail: klishinvi@icc.kemsc.ru

Opruk G.Yu., PhD (Engineering), Head of Efficient Coal Deposits Development Laboratory, e-mail: opruk@yandex.ru

Scherbakov V.N., Senior technical team manager, e-mail: office@mmk-coal.ru

Abstract

The experience of the use of directed hydraulic fracturing of roofing rocks for redistributing rock pressure in the host mass of a mine protected by a pliable whole is presented. The aim of the measures is to reduce the convergence of the conveyor drift in the zone of reference pressure from the working face. The diagrams of directional hydraulic fracturing from conveyor drift 555 are presented, as well as the results of monitoring the displacements of the host coal-bearing mass outside and in the zone of directional hydraulic fracturing. The analysis of the effectiveness of the measures taken to manage the roof.

Keywords

Directional fracturing, Initiating slit, Sealant, Slit forger, Artificial crack, Superpressure, Soil heaving, Displacement of roof rocks.

References

1. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh" [Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Coal Mine Safety Regulations"]. Series 05. Issue 40. Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2018, 198 p. (In Russ.).
2. *Instruktsiya po bezopasnomu vedeniyu gornyh rabot na shahtah razrabatyvayushchie ugolnye plasty sklonnye k gornym udaram RD 05-328-99* [Guidelines for safe mining operations in the coal beds with the tendency to pressure bursts (RD 05-328-99)]. In the collection: Prevention of gas dynamic events in coal mines (collection of documents). Group of authors. Moscow, GUP "NTC Promyshlennaya Bezopasnost" Publ., 2000, 119 p. (In Russ.).
3. Oganesyana S.A. Avariya v Filiale "Shahta Tayzhina" OAO OUK Yuzhkuzbassugol – hronika prichiny vyvody [Accident in "Taizhina" mine branch at "Yuzhkuzbasugol" JSC – events, causes, conclusions]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2004, No. 6, pp. 25-28. (In Russ.).
4. Tsvika Yu.V., Petrov A.N. Gidrodinamicheskie yavleniya na rudnike Barentsburg arhipelaga Shpitsbergen [Mining dynamic phenomena in Barentsburg mine of archipelago Spitsbergen]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2005, No. 7, pp. 49-50. (In Russ.).
5. Artemiev V.B., Korshunov G.I., Loginov A.K. et al. *Ohrana podgotovitelnykh vyrabotok tselikami na ugolnykh shahtah: Monografiya* [Coal mines developments protection by pillars. Monograph]. Saint-Petersburg, Nauka Publ., 2009, 231 p. (In Russ.).
6. Rab S.V., Basov V.V., Nikitina A.M. & Borzykh D.M. Chislennoe modelirovaniye geomekhanicheskogo sostoyaniya neodnorodnykh ugolnykh tselikov metodom konechnykh elementov [Non-uniform coal pillars geomechanical state numerical modelling by FEM method]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov – Hi-Tech Technologies of Mineral Resources Development and utilization*, 2014, No. 1, pp. 123-128. (In Russ.).
7. Dzevetzki Ya. Novye metody predotvrashcheniya opasnosti gornyh udarov [New methods of pressure bursts prevention]. *Gluchauf*, 2002, No. 2, pp. 18-21. (In Russ.).
8. Yakobi O. *Praktika upravleniya gornym davleniem* [Mining pressure control practice]. Moscow, Nedra Publ., 1987, 566 p. (In Russ.).
9. Sikora W., Kidybinski A. & Saltysek K. Designing of Hard Roof-Rock Destressing Systems for Safe Warning of Rock Burst Prone Coal Seams. Central Mining Institute Re-port, Poland, 1978, 26 p.
10. Benyavski Z. *Upravlenie gornym davleniem* [Mining pressure control]. Moscow, Mir Publ., 1990, 254 p. (In Russ.).
11. Artemiev V.B., Korshunov G.I., Loginov A.K. & Shik V.M. *Dinamicheskie formy proyavleniy gornogo davleniya* [Dynamic forms of mining pressure manifestations]. St. Petersburg, Nauka Publ., 2009, 347 p. (In Russ.).
12. Klishin V.I., Zvorygin L.V., Lebedev A.V. & Savchenko A.V. *Problemy bezopasnosti i novye tekhnologii podzemnoy razrabotki ugolnykh mestorozhdeniy: Monografiya* [Safety issues and new technologies of underground coal deposits development. Monograph]. Novosibirsk, "Novosibirskiy Pisatel" Publishing House, 2011, 524 p. (In Russ.).
13. Tao Wang, Wanrui Hua, Derek Elsworth, Wei Zhou, Weibo Zhou, Xianyu Zhao & Lianzheng Zhao The effect of natural fractures on hydraulic fracturing propagation in coal seams. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2017, No. 150, pp. 180–190.
14. Fan Jun, Dou Linming, He Hu et al. Directional hydraulic fracturing to control hard-roof rockburst in coal mines. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2012, No. 22, pp. 177–181.
15. Fallahzadeh S.H., Hossain M.M., Cornwell A.J. & Rasouli V. Near Wellbore Hydraulic Fracture Propagation from Perforations in Tight Rocks: The Role of Fracturing Fluid Viscosity and Injection Rate. *Energies*, 2017, No. 10, 359 p.
16. Kurlenya M.V., Klishin V.I. & Kokoulin D.I. RF patent no 129148. *Shcheleobrazovatel* [Slot former]. Applicants and patent holders Institute of Mining and SB RAS Institute of Coal. Published on 20.06.2013, Bull. No. 17.
17. *Instruktsiya po vyboru sposoba i parametrov razuprochneniya krovli na vyemochnykh uchastkakh, utverzhennaya ministerstvom ugolnoy promyshlennosti SSSR* [Instructions for choosing the method and parameters of roof softening at excavation sites, approved by the USSR Ministry of Coal Industry]. Leningrad, VNIMI Publ., 1991, 102 p. (In Russ.).
18. Klishin V.I., Opruk G.Yu. & Cherepov A.A. Kompleksnyi metod snizheniya udaropasnosti na ugol'nykh shahtah [Complex method of pressure burst hazard mitigation in coal mines]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 9, pp. 56-62. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-56-62. Available at: <http://www.ugolino.ru/Free/092018.pdf> (accessed 15.09.2019).
19. Klishin V.I., Opruk G.Yu., Teleguz A.S., Chernousov P.A. & Nikolayev A.V. Opyt primeneniya tekhnologii napravlenogo gidrorazryva NGR porod krovli s tselyu obespecheniya ustoychivogo sostoyaniya sohranyaemoy vyrabotki v usloviyakh shahty "Esaulskaya" [Experience of directional hydraulic fracturing method application in order to maintain preserved development stable condition with reference to "Yesaulskaya" mine conditions]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov – Hi-Tech Technologies of Mineral Resources Development and utilization*, 2017, No. 3, pp. 177-181. (In Russ.).
20. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Instruktsiya po raschetu i primeniyu ankernoy krepki na ugolnykh shakhtakh" [Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Instructions for the calculation and application of roof bolting in coal mines"]. Series 05. Issue 42. Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2015, 186 p. (In Russ.).

Received September 04, 2019

Повышение эффективности оценки состояния пород кровли выработок с применением различных методов в условиях шахты «Чертинская-Коксовая»

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-42-46>**ГРЕЧИШКИН П.В.**

Канд. техн. наук,
Директор
Кемеровского филиала АО «ВНИМИ»,
650099, г. Кемерово, Россия,
e-mail: kf@vnimi.ru

**ХАРЧЕНКО В.Ф.**

Директор
ООО «ММК-УГОЛЬ»,
652607, г. Белово, Россия,
e-mail: office@mmk-coal.ru

**РОЗОНОВ Е.Ю.**

Заместитель директора
ООО «ММК-УГОЛЬ»,
652607, г. Белово, Россия,
e-mail: office@mmk-coal.ru

**ГОРНОСТАЕВ В.С.**

Главный инженер
шахты «Чертинская Коксовая»
ООО «ММК-УГОЛЬ»,
652607, г. Белово, Россия,
e-mail: gornostaev.vs@mmk-coal.ru

**ПАНИН С.Ф.**

Заведующий Кузбасским сектором
АО «ВНИМИ»,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: panin6262@mail.ru

В статье рассмотрены различные методы оценки состояния пород кровли горных выработок в условиях шахты «Чертинская-Коксовая». Приведены результаты метода электромагнитного зондирования, геомеханического метода по отбору керн и эндоскопического исследования контрольных скважин. Установлено, что результаты геофизических исследований полностью коррелируют с результатами отбора и испытаний образцов керновых проб и видеоэндоскопических исследований скважин в породах кровли в части наличия природных и техногенных трещин, интервалов смены литотипов пород, поверхностей ослабления. Установлено, что применение метода электромагнитного зондирования уже на первом этапе исследований позволяет весьма эффективно выявить характерные участки со сходными условиями либо структурных неоднородностей пород кровли для дальнейшей оценки геомеханическими методами. Отмечено, что совместное применение геофизических и геомеханических методов оценки состояния горного массива существенно повышает оперативность получения достоверной информации о структуре, физико-механических свойствах, трещиноватости и состоянии пород кровли на всем протяжении горных выработок, которая необходима для дальнейшей разработки мероприятий по их поддержанию на проблемных участках.

Ключевые слова: геофизические исследования, электромагнитное зондирование, эндоскопическое исследование, геомеханическое состояние пород кровли, показатель структурной неоднородности, литологический состав, зоны ослабления пород кровли.

ВВЕДЕНИЕ

Наличие достоверных данных о структуре, свойствах и состоянии вмещающего массива на различных этапах службы горных выработок важно для выбора адекватных мер по их поддержанию в эксплуатационном состоянии [1, 2, 3]. Отбор и испытания керновых проб, скважинные исследования эндоскопом позволяют получить точную информацию о свойствах и структуре пород кровли [4, 5] на локальном участке горной выработки и определенном этапе ее эксплуатации. Однако увеличение коли-

чества прогнозных скважин для отбора кернa по трассе выработки данными методами приводит к существенно повышению трудоемкости и стоимости геологического прогноза. По мнению авторов, решение данной проблемы заключается в совместном применении геомеханических и геофизических методов. Такой способ исследования вмещающих пород был весьма эффективно применен на ряде угольных шахт Кузбасса, в том числе и на шахте «Чертинская-Коксовая» при оценке устойчивости горных выработок по пласту 5.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА

На шахте «Чертинская-Коксовая» конвейерный штрек № 555 охранялся податливым целиком мощностью 4-6 м, глубина от поверхности на исследуемом участке ведения горных работ составляла около 600 м. На расстоянии до 80-100 м от очистного забоя в конвейерном штреке № 555 наблюдались негативные проявления горного давления в виде: деформирования контура выработки, пучения почвы, провисов затяжки, деформирования и разрыва опорных элементов, обрыва анкерной крепи, срыва гаек, выдавливания боков, прорывов затяжки боков выработки. Высота и ширина штрека на отдельных участках уменьшались более чем в два раза. Это вызывало необходимость перекрепки вспомогательной выработки, что существенно сказывалось на производительности очистного забоя из-за длительных его простоев.

По геологическому прогнозу непосредственная кровля представлена алевролитом с коэффициентом крепости по шкале М.М. Протоdjяконова $f = 3-4$, мощностью 7-8 м. При этом была не ясна причина обрывов анкеров первого уровня, так как не может быть создано достаточной нагрузки весом породы в пределах длины анкеров.

Для уточнения свойств и состояния пород кровли исследования проводились при использовании трех методов:

- отбор кернa для уточнения прочностных свойств и структуры пород;
- видеоэндоскопические обследования скважин для локализации зон трещиноватости и обводненности;
- оценка состояния участков горного массива с помощью электромагнитного зондирования, позволяющего выявлять напряженные и разгруженные участки массива.

Геофизические исследования методом электромагнитного зондирования были проведены аппаратным комплексом ANGEL-M с высокочастотным генератором. Принцип действия основан на зависимости электропроводности углепородного массива от величины напряжений в нем и степени трещиноватости [6, 7, 8, 9, 10].

На рис. 1 представлены значения показателя состояния массива F в зависимости от расстояния до очистного забоя 555 и глубины зондирования.

Из приведенных на рис. 1 данных следует:

- по значению показателя F (зеленая заливка) отмечается зона разгруженных трещиноватых пород кровли и составляет преимущественно до 2-3 м от кровли штрека;
- значение показателя (желтая заливка) указывает на породы кровли средней трещиноватости;
- значение показателя (красная заливка) соответствует монолитной породе (трещин нет, либо они минимальны, преобладание песчаника), как правило, в напряженном состоянии;
- значения $F < 0,1$ зафиксированы на расстоянии от очистного забоя до 100 м, где наблюдались наибольшие проявления горного давления.

Из результатов геофизических исследований (см. рис. 1) и визуального обследования выработки были сделаны предварительные выводы:

- зона влияния от очистного забоя 555 достигает 100 м (показатель $F < 0,1$);
- мощность непосредственной кровли преимущественно составляет до 3 м, выше залегают более прочные и менее трещиноватые породы, которые могут зависать в выработанном пространстве действующего забоя и ранее отработанного столба № 56;
- зависание основной кровли приводит к разрушению пород непосредственной кровли и их «выдавливанию» в конвейерный штрек № 555.

Для проверки этих выводов были выполнены керновое бурение и эндоскопические исследования скважин. Особый интерес представляли участки конвейерного штрека в районе ПК 86 и ПК 83, так как там наблюдалась смена разгруженных/трещиноватых пород кровли более монолитными и напряженными, глубже – снова трещиноватыми.

Места отбора кернов и эндоскопических исследований представлены на схеме выполнения измерений (рис. 2).

Результаты геофизических исследований (см. рис. 1) сопоставлялись с результатами выхода кернa (рис. 3), испыта-

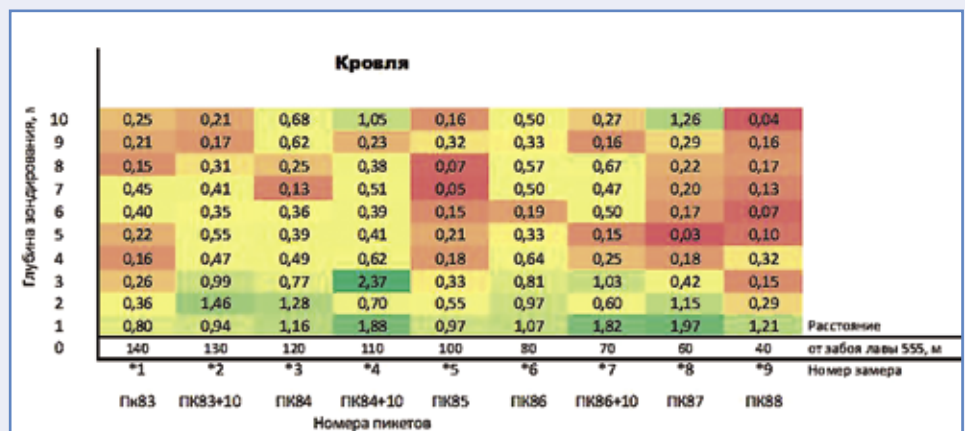


Рис. 1. Значения показателя состояния массива F в зависимости от расстояния до очистного забоя 555 и глубины зондирования

Fig. 1. The values of the state indicator of the array F depending on the distance to the face 555 and the depth of sounding

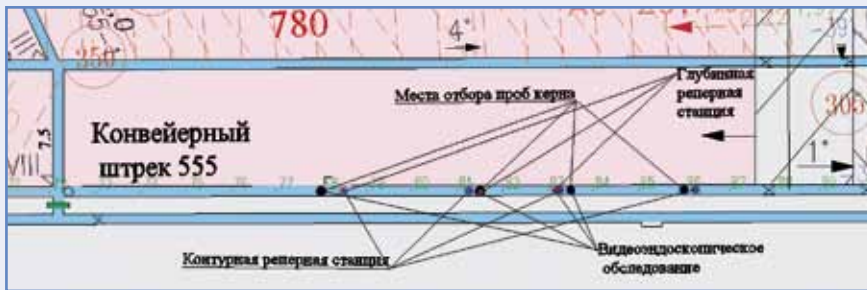


Рис. 2. Схема выполнения измерений

Fig. 2. Measurement scheme



Рис. 3. Образцы пород кровли конвейерного штрека № 555 (ПК 86+10)

Fig. 3. Samples of rocks of the roof of the conveyor drift No. 555 (PC 86+10)

ний керновых проб (см. таблицу), видеоэндоскопических исследований скважин в кровле.

Из рис. 3 следует, что выход первых 2,5 м керна на ПК 86+10 представлен дробленным алевролитом, далее до 5 м залегают более прочного и монолитного алевролита и песчаника, после 5 м начинается менее прочный песчаник, ослабленный прослоями углистых веществ (см. таблицу), что полностью соответствует результатам электромагнитного зондирования (см. рис. 1).

Видеоэндоскопические исследования скважин, пробуренных в кровлю, на ПК 83+10 позволили выявить участки трещиноватых пород на следующих глубинах: 0,22-0,58 м – система раскрывшихся трещин; 0,41 м – расслоение, зона ослабления пород; 1,38 м – расслоение; 2,19 м – каверна, зона ослабления пород; 2,33 м – система трещин; 4,40-5,01 м – каверны, участки трещиноватых пород; 6,09-6,21 м – каверны, участки трещиноватых пород.

Некоторые участки нарушения сплошности пород кровли (ПК 83+10) представлены на рис. 4.

Совмещенные результаты исследований методом электромагнитного зондирования (параметр F, см. рис. 1), отбо-

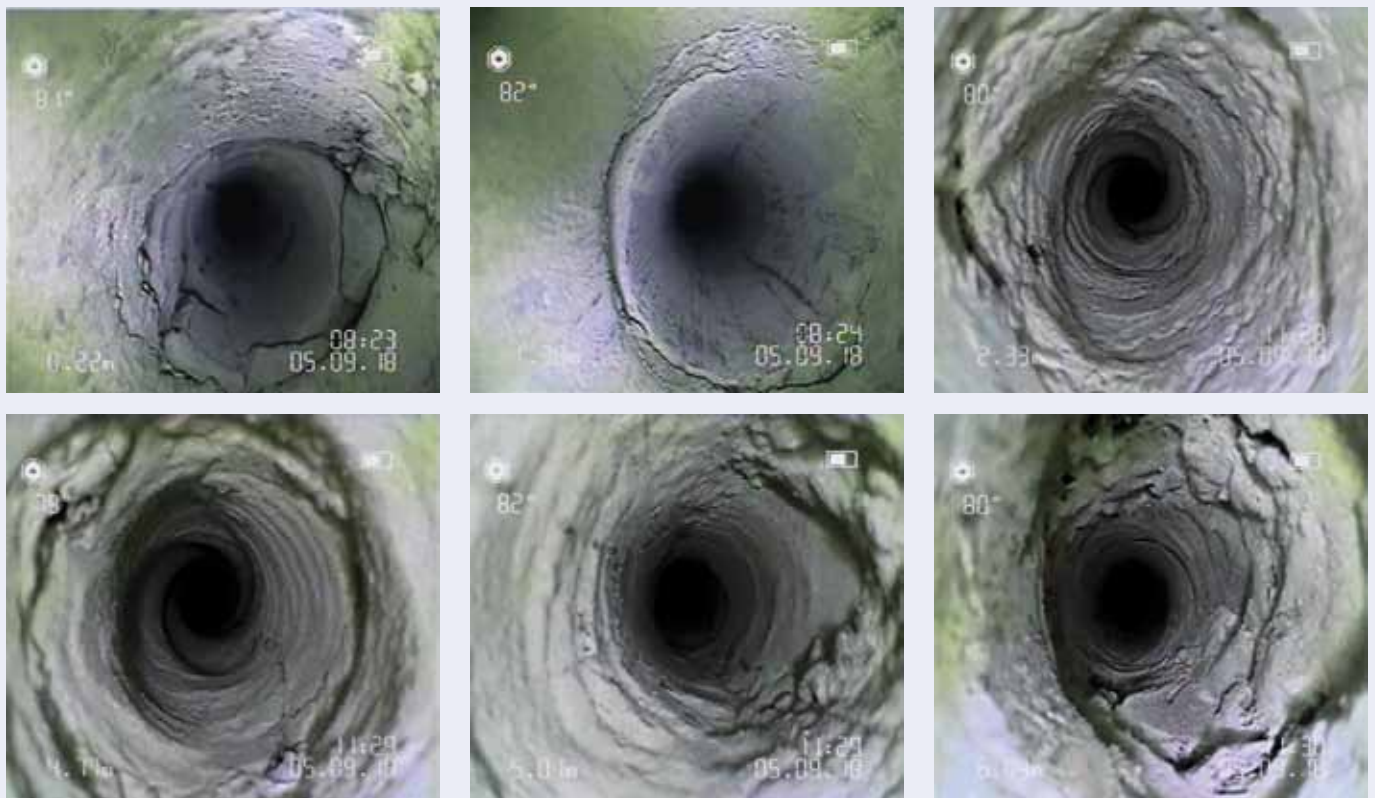


Рис. 4. Зоны ослабления пород кровли

Fig. 4. Roof weakening zones

Прочностные характеристики пород кровли конвейерного штрека № 555

Интервал, м	Характеристика пород
ПК 86+10	
0–2,5	Алевролит мелкозернистый, темно-серого цвета, трещиноватый, перемятый ($f=3,7-6,2$)
2,5–5,0	Переслаивание алевролита мелкозернистого с песчаником ($f=3,4-7,7$)
5,0–6,0	Песчаник с включением остатков растительного детрита ($f=4,4-4,5$)
ПК 83+10	
0-2,0	Алевролит мелкозернистый темно-серого цвета. Преимущественно переслаивание алевролита и песчаника ($f=3,4-4,8$)
2,0-2,5	Песчаник ($f=5,2$)
2,5-3,5	Переслаивание алевролита мелкозернистого и песчаника ($f=2,4-4,8$)
3,5-4,0	Песчаник ($f=4,6$)

ра и испытания керновых проб, эндоскопического исследования скважин приведены на рис. 5.

На рис. 5 видно, что по величине показателя $F > 0,9$ интервалы совпадают с участками смены литотипов пород по результатам кернового бурения, наличия расслоений, зон дробления, согласно эндоскопические исследования скважин. Величине показателя $0,35 \leq F < 0,9$ соответствуют интервалы с поверхностями ослабления в виде остатков растительного детрита, природными нераскрытыми трещинами, $F < 0,35$ – интервалы, представленные монолитными песчаниками, переслаиванием песчаника и алевролитов без трещин.

ВЫВОДЫ

Результаты геофизических исследований полностью коррелируют с результатами отбора и испытаний образцов керновых проб и видеоэндоскопических исследований скважин в породах кровли в части наличия природных и техногенных трещин, интервалов смены литотипов пород, поверхностей ослабления.

Первичные исследования методом электромагнитного зондирования позволяют выявить характерные участки со сходными условиями либо структурных неоднородностей пород кровли для дальнейшей оценки геомеханическими методами.

Совместное применение перечисленных геофизических и геомеханических методов существенно повышает оперативность получения достоверной информации о структуре, физико-механических свойствах, трещиноватости и состоянии пород кровли на всем протяжении горных выработок, которая необходима для дальнейшей разработки мероприятий по их поддержанию на характерных участках.

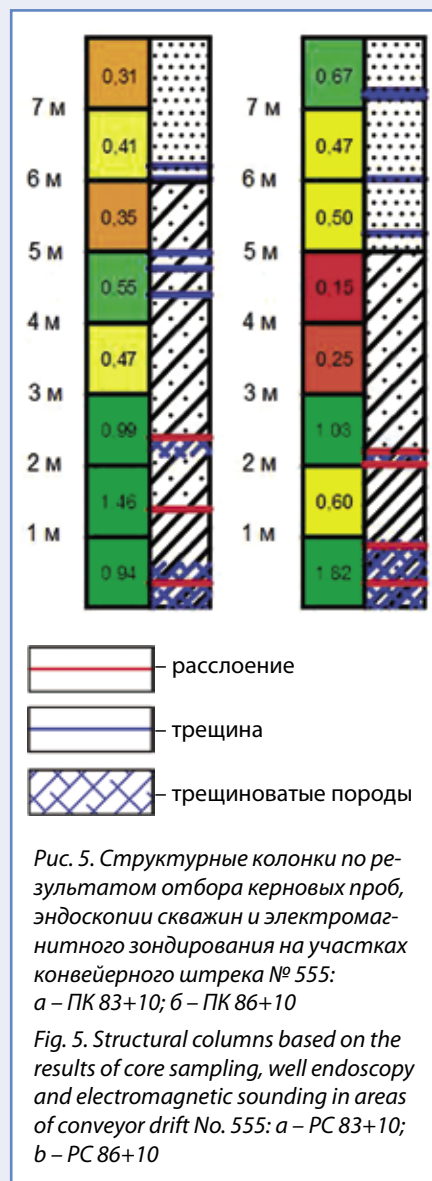


Рис. 5. Структурные колонки по результатам отбора керновых проб, эндоскопии скважин и электромагнитного зондирования на участках конвейерного штрека № 555: а – ПК 83+10; б – ПК 86+10

Fig. 5. Structural columns based on the results of core sampling, well endoscopy and electromagnetic sounding in areas of conveyor drift No. 555: а – PC 83+10; б – PC 86+10

Список литературы

1. Bieniawski Z.T. Strata Control in Mineral Engineering. New York: Wiley, 1987. 212 p.
2. Molinda G., Mark C. Coal Mine Roof Rating (CMRR): A practical rock mass classification for coal mines. Information circular / Bureau of Mines, Pittsburgh, PA (United States): Pittsburgh Research Center, 1994. 83 p.
3. Loubser D.H. Design aspects and effectiveness of support systems in different mining conditions // Trans. Instn Min. Metall. (Sect. A). Apr. 1984. Vol. 93. A70-A82.
4. Гречишкин П.В., Хаймин А.В., Позолотин А.С. Особенности технического аудита подготовительных выработок угольных шахт, закрепленных анкерной крепью // Уголь. 2013. № 8. С. 89–91. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082013.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).
5. Применение современных технических средств мониторинга для оценки соответствия проектных параметров анкерной крепи изменяющимся условиям проведения подземных выработок / А.В. Рогачков, А.С. Позолотин, В.Ф. Исамбетов и др. // Уголь. 2012. № 12. С. 38–41. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/122012.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).
6. Методические указания по прогнозу удароопасности и оценке состояния участков угольных пластов, контролю эффективности профилактических мероприятий при помощи геофизической аппаратуры типа АЭШ-1. СПб., 2012. 30 с.
7. Методические указания по созданию систем контроля состояния горного массива и прогноза горных ударов как элементов многофункциональной системы безопасности угольных шахт. СПб.: ВНИМИ, 2012.

8. Техническое описание и инструкция по эксплуатации аппаратуры электрометрической шахтной АЭШ-1. Л.: ВНИМИ, 1988.

9. Инструкция по замеру прибором АНГЕЛ с применением различных методов выявления аномалий напряженного состояния в краевой части угольного пласта. СПб.: ВНИМИ, 2013.

10. Combination of geophysical prospecting techniques into areas of high protection value: Identification of shallow volcanic structures / DavidGómez-Ortiza, Fuensanta G. Montesinos, Tomás Martín-Crespo, Mercedes Solla, José Arnoso, Emilio Vélez // *Journal of Applied Geophysics*. October 2014. Vol. 109. P. 15-26.

SUBSOIL USE

UDC 622.831 © P.V. Grechishkin, V.F. Kharchenko, E.Yu. Rozonov, V.S. Gornostaev, S.F. Panin, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 42-46
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-42-46>

Title IMPROVING THE EFFICIENCY OF ASSESSING THE CONDITION OF ROOFING ROCK FORMATIONS USING VARIOUS METHODS IN THE CONDITIONS OF THE "CHERTINSKAYA-KOKSOVAYA" MINE

Authors

Grechishkin P.V.¹, Kharchenko V.F.², Rozonov E.Yu.², Gornostaev V.S.³, Panin S.F.⁴

¹Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center VNIMI" JSC, Kemerovo branch, Kemerovo, 650099, Russian Federation

²"MMK-COAL" LLC, Belovo, 652607, Russian Federation

³"Chertinskaya-Koksovaya" mine of "MMK-COAL" LLC, Belovo, 652607, Russian Federation

⁴Research Institute of Mining Geomechanics and Mine Surveying – the Intersectoral Research Center VNIMI" JSC, Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation

Authors' Information

Grechishkin P.V., PhD (Engineering), Director, e-mail: kf@vnimi.ru

Kharchenko V.F., Director, e-mail: office@mmk-coal.ru

Rozonov E.Yu., Deputy Director, e-mail: office@mmk-coal.ru

Gornostaev V.S., Chief Engineer, e-mail: gornostaev.vs@mmk-coal.ru

Panin S.F., Head of Kuzbass Sector, e-mail: panin6262@mail.ru

Abstract

The paper touches upon the various methods for assessing the condition of rocks of the roof of mine workings in the conditions of the "Chertinskaya-Koksovaya" mine. The results of the method of electromagnetic sounding, geomechanical method for coring and endoscopic examination of control wells are presented. It was found that the results of geophysical studies are fully correlated with the results of sampling and testing of core samples and video endoscopic studies of wells in the rocks of the roof regarding the presence of natural and man-made cracks, intervals of lithotypes of rocks, and weakening surfaces. It is shown that the application of the method of electromagnetic sounding already at the first stage of research makes it possible to very effectively identify characteristic areas with similar conditions, or structural heterogeneities of roof rocks for further assessment by geomechanical methods. It is noted that the combined use of geophysical and geomechanical methods for assessing the state of the rock mass significantly increases the efficiency of obtaining reliable information on the structure, physicomaterial properties, fracture and condition of roof rocks throughout the mine workings, which is necessary for the further development of measures to maintain them in problem areas.

Keywords

Geophysical studies, Electromagnetic sounding, Endoscopic research, The geomechanical state of roof rocks, Indicator of structural heterogeneity, Lithological composition, Zones of weakening of roof rocks.

References

1. Bieniawski Z.T. *Strata Control in Mineral Engineering*. New York, Wiley, 1987, 212 p.
2. Molinda G., Mark C. *Coal Mine Roof Rating (CMRR): A practical rock mass classification for coal mines*. Information circular. Bureau of Mines, Pittsburgh, PA (United States), Pittsburgh Research Center, 1994, 83 p.
3. Loubacher D.H. Design aspects and effectiveness of support systems in different mining conditions. *Trans. Instn Min. Metall.* (Sect. A), Apr. 1984, Vol. 93, pp. A70-A82.

4. Grechishkin P.V., Khaymin A.V., Pozolotin A.S., Rogachkov A.V. & Razu-mov E.A. Osobennosti tekhnicheskogo audita podgotovitel'nykh vyrabotok ugol'nykh shaht, zakreplennykh ankeroy krepuyu [Particularities of technical audit in bolted coal mine development workings]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2013, No. 8, pp. 89–91. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/082013.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).

5. Rogachkov A.V., Pozolotin A.S., Isambetov V.F. & Muravsky P.I. Primenenie sovremennykh tekhnicheskikh sredstv monitoringa dlya ocenki sootvetstviya proektnykh parametrov ankeroy krepki izmenyayushchimsya usloviyam provedeniya podzemnykh vyrabotok [Use of modern technical monitoring means to ensure the bolting design parameters meet the changing underground working conditions]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2012, No. 12, pp. 38–41. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/122012.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).

6. *Metodicheskiye ukazaniya po prognozu udaroopasnosti i otsenke sostoyaniya uchastkov ugol'nykh plastov, kontrolyu effektivnosti profilakticheskikh meropriyatiy pri pomoshchi geofizicheskoy apparatury tipa AESH-1* [Guidelines for predicting impact hazard and assessing the condition of sections of coal seams, monitoring the effectiveness of preventive measures using geophysical equipment such as AES-1]. St. Petersburg, 2012, 30 p. (In Russ.).

7. *Metodicheskiye ukazaniya po sozdaniyu sistem kontrolya sostoyaniya gornogo massiva i prognoza gornykh udarov kak elementov mnogofunktsional'noy sistemy bezopasnosti ugol'nykh shakht* [Guidelines for the creation of systems for monitoring the state of the massif and forecasting mountain impacts as elements of a multifunctional coal mine safety system]. St. Petersburg, VNIMI Publ., 2012. (In Russ.).

8. *Tekhnicheskoye opisaniye i instruktsiya po ekspluatatsii apparatury elektro-metricheskoy shakhtnoy AESH-1* [Technical description and instruction manual for electrometric mine equipment AESH-1]. Leningrad, VNIMI Publ., 1988. (In Russ.).

9. *Instruktsiya po zameru priborom ANGEL s primeneniym razlichnykh metodov vyyavleniya anomalii napryazhennogo sostoyaniya v krayevoy chasti ugol'nogo plasta* [Instructions for measuring with the ANGEL device using various methods for detecting stress anomalies in the edge of a coal seam]. St. Petersburg, VNIMI Publ., 2013. (In Russ.).

10. DavidGómez-Ortiza, Fuensanta G. Montesinos, Tomás Martín-Crespo, Mercedes Solla, José Arnoso & Emilio Vélez Combination of geophysical prospecting techniques into areas of high protection value: Identification of shallow volcanic structures. *Journal of Applied Geophysics*, October 2014, Vol. 109, pp. 15-26.

Received September 05, 2019



THIELE®



ЦЕПИ - ЗАМКИ - СКРЕБКИ - ЗВЁЗДЫ И ВАЛЫ

ВСЁ ИЗ ОДНИХ РУК

РЕКЛАМА



get your THIELE AR APP

ТИЛЕ - это постоянное движение вперед
ТИЛЕ - это поиск и освоение новых технологий
ТИЛЕ - это выпуск уникальной продукции
ТИЛЕ - это Ваш надежный партнер

www.thiele.de



Использование цепи BIG-T в скребковом конвейере – путь к повышению нагрузки на забой

ВВЕДЕНИЕ

Около десяти лет назад в компании ТИЛЕ (THIELE, Германия) спроектировали, запатентовали и начали серийное производство горной цепи нового поколения, которая получила название BIG-T (рис. 1). Эта цепь, предназначенная для использования в лавных забойных конвейерах, имеет ряд существенных конструктивных отличий, что позволяет значительно увеличить нагрузку на очистной забой за счет повышения надежности функционирования лавного конвейера.

Рис. 1. Горная цепь BIG-T состоит из чередующихся вертикальных кованых звеньев с внутренней перемычкой и горизонтальных звеньев, имеющих переменный сложный профиль в сечениях



ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЦЕПИ BIG-T

Расчет и выбор профиля горизонтального и вертикального звеньев являлись специальной задачей математического моделирования и 3D-конструирования, успешно решенной в ТИЛЕ. Решение этой задачи преследовало следующие цели:

- повышение надежности самой цепи за счет уменьшения износа звеньев в зоне их взаимного контакта;
- максимально возможное выравнивание усилий, возникающих в металле звеньев цепи в процессе эксплуатации;
- возможность замены «плоской» (или «суперплоской») цепи в имеющемся лавном конвейере с одновременным значительным повышением разрывного усилия и без ослабления скребка.

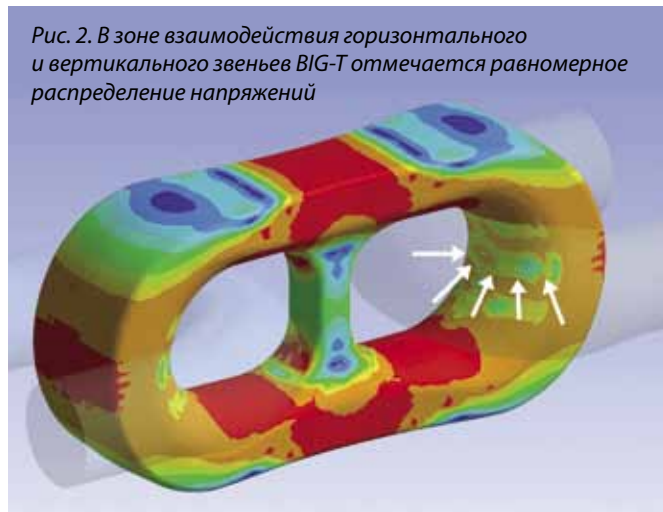
Известно, что одной из основных причин замены цепи в скребковом конвейере является ее физический износ в зонах «шарниров». Такой износ возникает как при движении звеньев по прямолинейному участку конвейера, в зонах изгиба рештачного става при его передвижке, так и при движении через приводные звездочки. Возникновение такого износа связано с взаимодействием вертикальных и горизонтальных звеньев цепи в условиях приложения к ним высоких усилий от мощных приводных блоков конвейера. Известно, что во всех существующих «традиционных» (круглозвенных, «плоских» и «суперплоских») цепях их звенья контактируют друг с другом как две цилиндрические поверхности, повернутые относительно друг друга на 90°, т.е. контакт носит «точечный» характер. В высоконагруженной системе, которую представляет собой

цепь забойного конвейера, при таком контакте возникают наивысшие контактные напряжения, вызывающие максимальный износ в «пятне контакта».

Специалистами ТИЛЕ была выдвинута идея конструирования такой цепи, в которой «точечный» контакт между звеньями заменялся бы на «контакт по линии», что обеспечило бы существенное уменьшение износа в зонах «шарниров». В ходе реализации этой идеи была предложена уникальная форма горизонтального звена, отличающаяся сглаженной («оптимизированной») внутренней поверхностью дуги «шарнира», что позволило реализовать идею «линейного» контакта вертикальных звеньев с горизонтальными. Вертикальное кованое звено отличается значительно (почти на 85%) увеличенной толщиной и оптимизированной внутренней поверхностью дуги «шарнира».

Таким образом, контактные напряжения в цепи BIG-T действуют не в единственной точке, достигая наивысших значений, а равномерно распределяются по достаточно протяженной площади. Лабораторные исследования процессов, происходящих в звеньях цепи BIG-T, подтвердили, что напряжения распределяются более равномерно не только в зонах контактов звеньев друг с другом, но и в целом в металле звеньев (рис. 2).

Рис. 2. В зоне взаимодействия горизонтального и вертикального звеньев BIG-T отмечается равномерное распределение напряжений



Цепи BIG-T имеют целый ряд других конструктивных отличий. Например, «традиционные» цепи имеют равномерное поперечное сечение, соответствующее номинальному диаметру, по всему контуру горизонтального звена. Горизонтальное же звено BIG-T отличается переменными сечениями тела звена: прямой участок звена («плечо звена») плавно переходит в зону «шарниров» с диаметром, соответствующим номинальному для данного калибра цепи (рис. 3).

При этом диаметр прямого участка («плеча») значительно меньше, чем номинальный диаметр. Лабораторные исследования подтвердили, что уменьшение диаметра «плеча» звена до 30% не приводит к ухудшению таких механических показателей, как разрывное усилие, удлинение или прогиб.

Уменьшение диаметра «плеча» звена относительно номинального дает возможность использовать скребки, все

Заменяемость «традиционных» цепей цепями BIG-T

Тип цепи	Калибр цепи, мм	Высота вертикального звена, мм	Диаметр «плеча» горизонтального звена, мм	Разрывное усилие, кН
BIG-T	42x140/152	98	35	2220
«Суперплоская»	38x137	101,1	38	1610
«Плоская»	34x126	98	34	1450
BIG-T	48x144/158	109	40	2220
«Суперплоская»	42x146	110,7	42	2220
«Плоская»	38x137	110	38	1820
BIG-T	52x156/171	118	43	3400
«Суперплоская»	48x152	117	48	2960
«Плоская»	42x146	115	42	2220

наружные размеры (высота, ширина, длина, углы) которых соответствуют скребкам, предназначенным для «традиционных» цепей меньших калибров. Конструктивно скребки для BIG-T отличаются только расстояниями ложа горизонтального звена цепи, что никак не ухудшает их прочностные характеристики.

Так, скребки для цепи BIG-T калибром 42×140/152 мм имеют точно такие же наружные геометрические размеры, как и предназначенные для «плоских» цепей калибра 34×126 мм или для «суперплоских» цепей калибра 38×137 мм.

Использование в цепях BIG-T вертикальных кованых звеньев с уменьшенной высотой позволяет в конкретном лавном конвейере, имеющем конкретный профиль, использовать цепи со значительно повышенными механическими характеристиками. Например, цепи BIG-T калибром 42×140/152 мм могут успешно работать в рештках с профилями для «плоских» цепей калибра 34×126 мм или для «суперплоских» цепей калибра 38×137 мм. При этом разрывное усилие цепи BIG-T составляет 2220 кН, что на 53% выше, чем у «плоской» цепи 34×126 мм (1450 кН) или почти на 38% выше, чем у «суперплоской» цепи 38×137 мм (1610 кН) (см. таблицу).

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦЕПЕЙ BIG-T

Цепи BIG-T впервые были продемонстрированы компанией ТИЛЕ на международной выставке BAUMA 2010 в Мюнхене, а уже в 2011 г. начались серийное производство этой цепи и поставка ее на шахты. Результаты промышленной эксплуатации цепей BIG-T подтвердили повышение показателей надежности конвейерной системы в целом и связанный с этим рост нагрузки на забой. Кроме того, подтверждено, что использование цепей BIG-T способствует более полному использованию технического потенциала горной техники. Так, отмечено, что переход на применение BIG-T позволяет использовать более мощные электродвигатели в приводных блоках и проектировать более длинные очистные забои.

В целях подтверждения теоретических выводов о существенном повышении надежности цепей BIG-T в сравнении с «традиционными» круглозвенными или «плоскими» ТИЛЕ целенаправленно поставляет BIG-T для использования в наиболее нагруженном звене конвейерной системы – на перегружателях под лавой. Подтверждено, что конструкция BIG-T обеспечивает значительное снижение износа звеньев цепи в зонах «шарниров». Опыт эксплу-

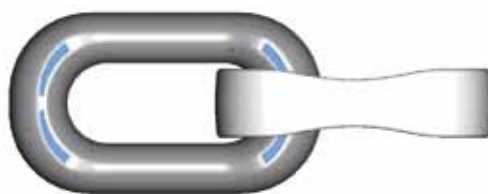


Рис. 3. Горизонтальное звено цепи BIG-T имеет переменное сечение

тации на разных шахтах мира подтверждает, что объем перемещенной перегружателями горной массы с помощью BIG-T почти в три раза превышает в аналогичных условиях аналогичный показатель при использовании «традиционных» цепей.

Такие выводы следуют из опыта

эксплуатации цепей BIG-T на шахтах Польши и США.

Например, в Польше, на шахте «Собески» («Sobieski»), с цепями BIG-T калибра 34×121/131 мм, установленными на перегружателях PPZ 1000/2×200 («Nowomag»), отработаны запасы семи очистных забоев, при этом срок эксплуатации каждой цепи увеличивался до 18 мес. и более. Ранее в этих же условиях срок службы «традиционных» цепей составлял 6-7 мес. Выводы о существенном повышении надежности цепей BIG-T получены и при их эксплуатации на шахтах США. Так, на шахте «Mountain Laurel» (компания «Arch Coal») успешно работают цепи BIG-T калибром 42×140/152 мм, установленные на перегружателе, поставленном фирмой JOY. При использовании BIG-T срок службы цепи до замены из-за износа в 2,5-3 раза превышал аналогичный показатель при использовании «традиционных» цепей. Оценив достоинства цепей BIG-T, компания «Arch Coal» приобрела такую же цепь для шахты «Leer Mine».

Компания ТИЛЕ отслеживает показатели работы цепи BIG-T и получает при этом многочисленные положительные отзывы от заказчиков и предприятий, эксплуатирующих эти цепи.

ВЫВОДЫ

Результаты, полученные при эксплуатации цепей BIG-T на шахтах Польши и США, подтверждают следующее:

- надежность системы «лавный конвейер – перегружатель» при эксплуатации цепей BIG-T существенно повысилась за счет уменьшения износа звеньев цепи в зоне их взаимного контакта. Это обеспечивается «линейным» контактом между звеньями, что приводит к «сглаживанию» пиковых напряжений, возникающих в металле звеньев цепи в процессе эксплуатации;

- цепи BIG-T могут успешно заменять «плоские» (или «суперплоские») в имеющемся лавном конвейере с одновременным значительным повышением разрывного усилия;

- успешное использование цепей BIG-T в наиболее нагруженном звене конвейерной системы – в перегружателях – подтверждает ожидаемую ее высокую надежность.

Б. ШЕРФ, А.А. РОГОЗИН

Перспективы ударного погружения стальной трубы-кондуктора при бурении дегазационных скважин с поверхности

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-50-55>

МЕШКОВ А.А.

Канд. техн. наук,
заместитель генерального директора –
технический директор АО «СУЭК-Кузбасс»,
652507, г. Ленинск-Кузнецкий, Россия,
e-mail: MeshkovAA@suek.ru

САДОВ А.П.

Канд. техн. наук,
директор «Управления по дегазации
и утилизации метана» АО «СУЭК-Кузбасс»,
652507, г. Ленинск-Кузнецкий, Россия,
e-mail: SadovAP@suek.ru

ХАРИТОНОВ И.Л.

Заместитель технического директора –
начальник технического управления
АО «СУЭК-Кузбасс»,
652507, г. Ленинск-Кузнецкий, Россия,
e-mail: KharitonovIL@suek.ru

КОНДРАТЕНКО А.С.

Канд. техн. наук,
директор ИГД им. Н.А. Чинакала СО РАН,
630091, г. Новосибирск, Россия,
e-mail: kondratenko@misd.ru

КАРПОВ В.Н.

Канд. техн. наук,
научный сотрудник
ИГД им. Н.А. Чинакала СО РАН,
630091, г. Новосибирск, Россия,
e-mail: karpov@misd.ru

Статья содержит описание технологии бурения с одновременной обсадкой применительно к проходке скважин с поверхности для дегазации угольных пластов. В работе обосновываются актуальность данной технологии и ее преимущества. Обозначены проблемы бурения скважин по грунтам шарошечными долотами. Приведены описание и принцип действия оборудования, применяемого при бурении с одновременной обсадкой. Приведены некоторые особенности порционной очистки скважин от грунта в процессе бурения скважины. Рассмотрен опыт первого практического применения новой технологии бурения при соору-

жении дегазационных скважин на производственных объектах АО «СУЭК-Кузбасс». В общем виде рассмотрена экологическая целесообразность внедрения данной технологии. Рассмотрены перспективы мобильного исполнения буровой установки.

Ключевые слова: дегазация, безопасность, скважина, бурение, испытания технологии, порционная очистка, одновременная обсадка, ударная машина.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективным и технологичным способом извлечения метана в широком диапазоне горно-геологических условий является применение вертикальных скважин, пробуренных в массиве горных пород с поверхности (рис. 1). Такой способ обеспечивает извлечение метана из всех источников (сближенные пласты, газоносные породы и выработанные пространства) и позволяет разграничить в пространстве работы по добыче угля и дегазации очистных забоев угольных шахт [1]. Разгруженный массив шахт представляет собой газовый аккумулятор с повышенной на 2-4 порядка газопроницаемостью по сравнению с нетронутым массивом. Параметры извлечения метана из этого объема зависят от распределения концентрации метана и давления газа в пространстве разгруженного массива, местоположения фильтрующей скважины и характера ее воздействия на газодинамическое состояние массива [2]. Место заложения скважины на поверхности выбирается так, чтобы к моменту окончания бурения проекция ее забоя на разрабатываемый пласт находилась на расстоянии не менее 30 м впереди очистного забоя.

ДЕГАЗАЦИЯ СКВАЖИНАМИ, ПРОБУРЕННЫМИ С ПОВЕРХНОСТИ

При отработке участков пласта, имеющих с обеих сторон выработанные пространства, вертикальные скважины целесообразно располагать в ряд посередине выемочного столба. Расстояние между вертикальными скважинами, пробуренными с земной поверхности для дегазации подрабатываемых пластов и выработанных пространств действующих лав, и эффективность этой схемы дегазации устанавливаются опытным путем с учетом условий залегания и отработки угольных пластов. Это затем учитывается при составлении проекта на наземную дегазацию подрабатываемых пластов угля и выработанного пространства (рис. 2) [3]. Сетка дегазационных скважин бурится с шагом от 50 до 120 м.



Рис. 1. Буровое оборудование для бурения глубоких дегазационных скважин с поверхности
 Fig. 1. Drilling equipment for drilling deep degassing wells from the surface

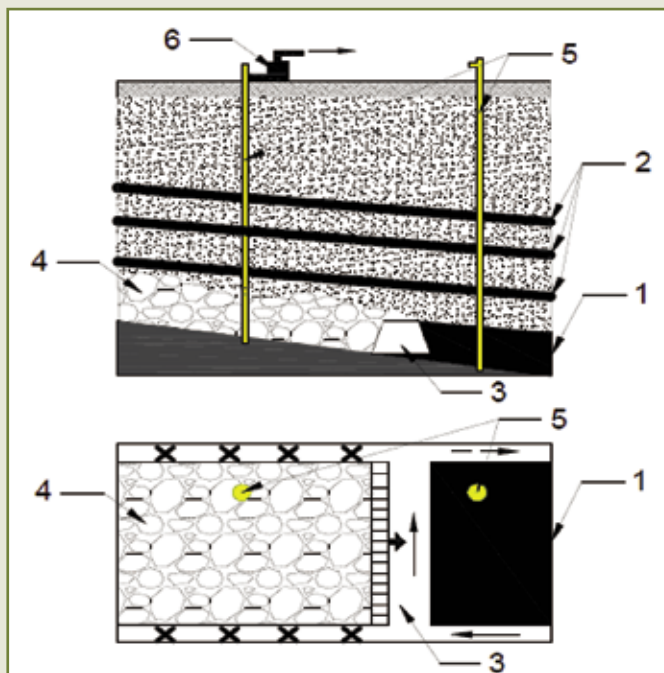


Рис. 2. Схемы дегазации скважинами, пробуренными с поверхности: 1 – разрабатываемый пласт; 2 – сближенные пласты; 3 – очистной забой; 4 – выработанное пространство; 5 – скважина; 6 – передвижная дегазационная установка (ПДУ)
 Fig. 2. Schemes of degassing by wells drilled from the surface: 1 – development layer; 2 – close layers; 3 – treatment face; 4 – worked out space; 5 – well; 6 – mobile degassing installation

Применение данного способа ведет к повышению взрывобезопасности угольных шахт, снижению простоев и, как следствие, снижению затрат на добычу угля.

Для сооружения дегазационных скважин в АО «СУЭК-Кузбасс» используют современные самоходные буровые установки Sandvik DE-880 (Швеция) и Prakla RB-50 (Германия). Они обеспечивают высокопроизводительное бурение скважин на глубину до 500 м с конечным диаметром скважины до 244 мм. На рис. 1, а представлена буровая установка при выполнении работ на горном отводе шахты «Полысаевская».

Представленная модель служит основой бурового парка компании и обеспечивает проходку скважин шарошечным и пневмударным методами бурения. Эксплуатационная гибкость машин имеет важное значение при проходке дегазационных скважин в условиях слоистых и перемежающихся пород различной твердости. На рис. 1 представлены варианты породоразрушающего инструмента буровой установки для прохождения вскрышных (см. рис. 1, б) и коренных горных пород (см. рис. 1, в). Важно отметить, что ударно-вращательный способ бурения погружными пневмударниками при проходке коренных пород является основным, поскольку как минимум 90% протяженности скважины выполняется именно таким способом. Пневмударное бурение обеспечивает высокую скорость проходки, точность и технико-экономическую эффективность при сооружении глубоких дегазационных скважин в сравнении с альтернативными вариантами проходки крепких пород.

Параметры скважин и конструкция обсадной колонны выбираются в зависимости от конкретных горно-геологических условий в соответствии с РД-15-09-2006. Согласно техническому заданию на бурение дегазационных скважин с земной поверхности в лаву № 24-62 шахты им. С.М. Кирова конструкция обсадной колонны соответствует параметрам, представленным на рис. 3.

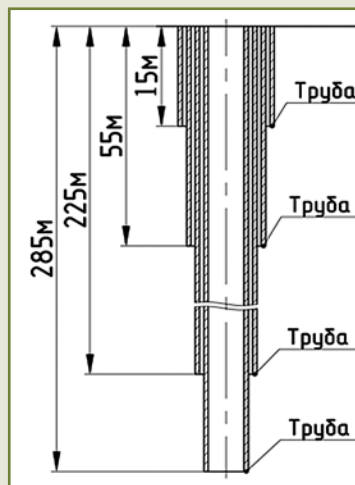


Рис. 3. Конструкция скважины согласно ГТН для шахты им. С.М. Кирова
 Fig. 3. The design of the well according to the geological and technical side for the Kirov mine

Бурение производится в несколько этапов в соответствии с количеством обсадных труб. Каждая ступень включает три операции: бурение скважины, ее обсадка и бетонирование затрубного пространства на заданную высоту. Протяженность каждой ступени определяется по результатам геологоразведки и перехода на меньший диаметр скважины. Как правило, переход на меньший диаметр выполняется после прохождения грунтового слоя или отработанного пласта. Телескопическая ступенчатая конструкция скважины обусловлена опасностью заклинивания обсадной трубы при ее монтаже в пробуренное отверстие после подъема бурового инструмента. Тем не менее полностью избежать аварийных ситуаций не удается.

Наиболее часто проблемы при бурении грунтового слоя шарошечным долотом возникают в следующих случаях:

Пересечение водоносных горизонтов, при котором происходит потеря бурового раствора и, как следствие, требуются дополнительные расходы на его восполнение, а также затраты времени на затирание глиной зоны поглощения раствора с помощью возвратно-поступательных перемещений шарошечного долота и центриатора в проблемном интервале.

При бурении через слабоуплотненные песчано-галечные прослойки резко увеличивается вероятность обрушения стенок скважины, которое может привести как к заклиниванию бурового инструмента в скважине, так и к ситуации, в которой невозможно опустить под собственным весом обсадную трубу на проектную глубину. Кроме того, крупные твердые включения в состоянии отклонить ось бурения скважины от проектной.

Проходка водонасыщенных глинистых плинтунов, как правило, сопряжена с налипанием глины на породоразрушающие элементы бурового долота, что ощутимо снижает производительность проходки. Также может произойти закупорка продувочных каналов на инструменте. Кроме того, водонасыщенная глина чрезмерно диффундирует с буровым раствором, снижая его очистную функцию. В результате густеющий буровой раствор может формировать пробку из глины вокруг буровых штанг, что приведет к прекращению циркуляции бурового раствора и потребует подъема буровой колонны до места ее образования. Проблемы на стадии обсадки также весьма вероятны, поскольку устойчивость стенок скважины в водонасыщенной глине очень низкая, и кроме обрушения возможно обжатие обсадной трубы или сужение диаметра скважины.

Несмотря на то, что мощность грунтовой толщи обычно не превышает 10% от общей глубины бурения, качество проходки вскрышной толщи во многом определяет конечный результат. Недообсадка или значительное отклонение от вертикали на начальном этапе сооружения скважины неизбежно ведут к ее потере.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОХОДКИ СКВАЖИН С ОДНОВРЕМЕННОЙ ЕЕ ОБСАДКОЙ ТРУБАМИ

Большинство перечисленных проблем можно избежать за счет применения технологий проходки скважин с одновременной ее обсадкой трубами [4]. Суть решения сводится к погружению в массив обсадной трубы при помощи ударов пневмомолота [5, 6]. Способом виброударного погружения можно забивать трубы диаметром от 102

до 3 600 мм на глубину до 122 м. Материал трубы обычно ограничивается сталью из-за значительных сил, передаваемых трубе во время процесса ее погружения. Эта технология применима в широком диапазоне горных пород: от песка, ила и пластичной глины до выветренных пород, мергелей, сланцев, слабых алевролитов или аргиллитов [7, 8].

При динамическом погружении во внутреннюю полость трубы поступает порода, которая постепенно уплотняется и образует пробку. При этом очередные порции породы уже не могут поступать в трубу, и происходит ее вытеснение в стенку скважины, что приводит к росту деформаций окружающего массива в радиальном направлении, и труба продолжает перемещаться с заметно меньшей скоростью до полной остановки погружения [9]. Возможность своевременного удаления грунтового керна еще на стадии проходки является важным фактором, определяющим эффективность технологии в целом [10, 11].

ТЕХНОЛОГИЯ С ПОРЦИОННЫМ УДАЛЕНИЕМ КЕРНА ИЗ ОБСАДНОЙ ТРУБЫ

Наиболее логичным и привлекательным в условиях вертикального погружения трубы представляется порционное удаление керна из трубы по мере его формирования без применения дополнительных средств механизации. Схема реализации такой технологии при забивке трубы пневмомолотом представлена на рис. 4.

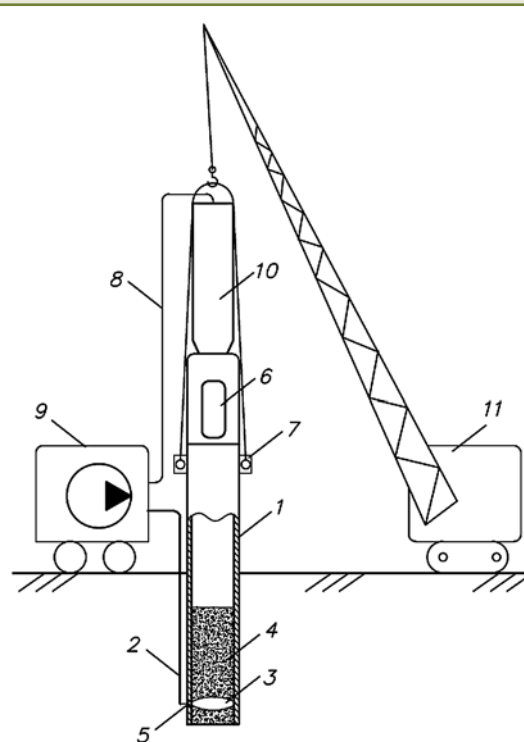


Рис. 4. Погружение трубы с порционным удалением керна: 1 – погружаемая труба; 2 – трубопровод; 3 – воздушная камера; 4 – керна; 5 – отверстие для подачи сжатого воздуха; 6 – адаптер с разгрузочным окном; 7 – стяжное устройство; 8 – воздухоподводящий шланг; 9 – компрессор; 10 – пневмомолот; 11 – подъемный кран

Fig. 4. Immersion of the pipe with batch core removal: 1 – immersed pipe; 2 – pipeline; 3 – air chamber; 4 – core; 5 – hole for supplying compressed air; 6 – adapter with a discharge window; 7 – coupling device; 8 – air supply hose; 9 – compressor; 10 – pneumatic hammer; 11 – crane

Сущность предложенного технологического решения заключается в подведении к забойному торцу трубы 1 (см. рис. 4) по отдельному трубопроводу 2 сжатого воздуха. После формирования очередной порции керна 4 сжатый воздух через отверстие 5 под давлением подается во внутреннюю полость трубы. Он отсекает часть керна, формирует воздушную камеру 3 и перемещает порцию керна в верхнюю часть трубы 1, откуда через разгрузочное окно адаптера 6 керна выдавливается наружу. Указанные операции повторяются после образования новой порции керна. Циклы погружения и очистки продолжают до проектной глубины погружения. Удаление керна через свободный торец трубы также возможно, но это потребует демонтажа пневмомолота [12].

Технологический процесс порционного удаления керна состоит из трех основных этапов: формирование порции керна, ее отделение и транспортирование по трубе на разгрузку.

На этапе формирования важно, чтобы в зоне отрыва порция керна была достаточно плотной и заполняла все поперечное сечение трубы. Это условие необходимо для создания и поддержания давления сжатого воздуха в зоне отрыва, способного стронуть отрываемую порцию керна и продвигать ее на разгрузку. Вместе с тем очевидно, что при переуплотнении керна отрыв может и не состояться, а при малосвязанном грунте может образоваться свищ, что приведет к падению давления. Основным сигналом к необходимости очистки и готовности керна является резкое

снижение скорости погружения. Дополнительными факторами, влияющими на отрыв и транспортирование керна, являются колебание трубы с присоединенной частью массива и упругая деформация стенок при прохождении ударных импульсов, которые способны снизить силы сопротивления на 30-90%.

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Предложенная технология прошла опытно-промышленные испытания в условиях горного отвода шахты им. С.М. Кирова. Виброударное погружение обсадной трубы проводилось рядом с работающей установкой Prakla RB50. Мощность грунтовой толщи была известна и составляла 15 м. Подача сжатого воздуха для работы пневмомолота и удаления грунта из трубы осуществлялась от компрессора Sullair Combo 900XHH-1150XH с давлением $p=2,5$ МПа и расходом $Q=32,6$ м³/мин. Погружаемая 9-метровая труба диаметром 426 мм с уже смонтированным на ней пневмомолотом и трубопроводом для очистки ее от грунта устанавливалась строго вертикально на стартовой платформе. При погружении выполнялось периодическое порционное удаление грунта из внутренней полости обсадной трубы (рис. 5, а).

На глубине 8 м буровой процесс прерывался на вспомогательные операции по демонтажу ударного модуля с последующей установкой на очередную секцию обсадной трубы. Далее производилось наращивание как погружаемой трубы, так и трубопровода для очистки с по-



Рис. 5. Виброударное бурение скважины: а – порционное удаление грунта в процессе прохождения скважины; б – эволюция пород при бурении

Fig. 5. Vibro-shock drilling of a well: a – portion removal of soil during the passage of a well; b – rock evolution during drilling

мощью сварного соединения. Процесс наращивания по времени и трудозатратам сопоставим с операцией обсадки пробуренной скважины классическим способом. Далее виброударное погружение возобновлялось до глубины 15 м. По мере погружения породный состав менялся. До глубины 8 м бурение велось по желтой глине, в интервале от 8 до 14,5 м проходка скважины велась по серо-голубой глине, а с отметки 14,5 м из разгрузочного окна начали выходить крупные обломки алевролита, свидетельствующие о внедрении забойного торца трубы в коренные породы (рис. 5, б). Во избежание замятия кромки обсадной трубы на глубине 15 м бурение было остановлено, поскольку поставленная технологическая задача уже была выполнена.

С указанной последовательностью было пробурено две скважины глубиной 15 м. Скорость погружения трубы варьировалась от 30 м/ч на первой секции до 15 м/ч на второй секции обсадной трубы. После завершения проходки объем грунта, оставшийся внутри трубы, не превышал по высоте 1,5 м. На установленный кондуктор 426 мм вставляла буровая установка Prakla RB50 и продолжала бурение диаметром скважины 390 мм с помощью пневмоударика, а оставшийся в трубе грунт был удален в режиме штатной шламоочистки. Каких-либо еще вспомогательных операций по зачистке кондуктора от грунта не потребовалось.

На основании проведенных полевых испытаний следует утверждать, что предложенная технология позволяет исключить из действующего технологического цикла операции по бурению шарошечными долотами, обсадке и бетонированию затрубного пространства. Вместе с тем по производительности буровых работ способ имеет большой потенциал и окончательно не раскрыт. Это объясняется тем, что комплект оборудования и система автоматики представляли собой экспериментальный образец. Продолжительность вспомогательных операций, таких как: позиционирование направляющей платформы и трубы в ней, монтаж и демонтаж ударного модуля, наращивание секций трубы, передислокация на новую точку бурения, занимали значительно большую часть времени, чем чистое бурение. Кроме того, исследователи, проводившие апробацию предложенного способа в полевых условиях, ранее не имели специализированной практики выполнения подобных операций. В дальнейшем, при создании промышленного образца, большинство операций будет автоматизировано. Полученный результат уже сейчас позволяет дать обобщенную технико-экономическую оценку.

В первую очередь важно отметить то, что установка кондуктора может проводиться в непосредственной близости к действующим буровым установками и использовать их компрессорное оборудование и имеет потенциал установки до 8 кондукторов за время проходки дегазационной скважины на всю глубину. При этом работы по установке кондукторов могут выполняться без вреда для производительности буровых бригад, то есть в период ремонтных простоев, сервисного обслуживания буровых установок или параллельно, во время продолжительных операций по обсадке скважин на глубоких горизонтах. Таким образом, на момент завершения работ по сооружению одной дегазационной скважины буровая установка будет обеспе-

чена готовыми стартовыми участками-скважинами. Дальнейшим оперативным циклом буровых работ по сооружению кондукторов дегазационных скважин является транспортировка в район эксплуатации следующей буровой установки с аналогичным эффектом.

Буровое оборудование для прохождения вскрышных пород предложенным способом имеет перспективы мобильного исполнения, к примеру на базе шасси грузового автомобиля с краново-манипуляторной установкой (КМУ) грузоподъемностью не более 7 т с максимальной возможной для такого класса машин высотой подъема груза. Штатные аутригеры специализированной машины обеспечат точное и быстрое позиционирование буровой платформы в полевых условиях.

При глубине грунтовой толщи около 20 м процесс погружения целесообразно осуществлять единым отрезком трубы, состоящим из предварительно сваренных секций. Предложенные подходы повысят технологичность процесса в целом. В случае отсутствия фронта работ по установке кондукторов указанный автомобиль с КМУ может быть эффективно использован для текущих транспортных и погрузочно-разгрузочных операций ПЕ «УДиУМ».

ВЫВОДЫ

Проведенные опытно-промышленные испытания показали, что внедрение технологии виброударного погружения кондукторов в ближайшей перспективе позволит повысить производительность буровых работ с поверхности, выведет из перечня расходных материалов позиции, связанные с шарошечным бурением скважин диаметром 426 мм, снизит затраты на доставку воды, необходимой для приготовления бурового раствора при шарошечном бурении, расходы на ГСМ и наработку на отказ узлов и агрегатов буровых установок, а также компрессорного оборудования. Кроме того, предложенная технология исключает аварийные ситуации, связанных с неустойчивостью стенок скважины как на этапе бурения, так и при обсадке.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Коллектив авторов выражает благодарность сотрудникам 7-го бурового участка ПЕ «УДиУМ» и заместителю директора по производству В.В. Плеханову за помощь в организации и проведении полевых испытаний.

Список литературы

1. Зависимость метанообильности высокопроизводительных лав от скорости подвигания очистного забоя (на примере шахт ОАО «СУЭК-Кузбасс») / И.В. Курта, Г.И. Коршунов, И.А. Павлов, Е.П. Ютяев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 4. С. 200-203.
2. Two-side sealer operation / Yu.M. Lekontsev, P.V. Sazhin, O.A. Temiryayeva, A.A. Khoreshok, S.Yu. Ushakov // Journal of Mining Science. 2013. N 5. P. 91-98.
3. РД 15-09-2006. Методические рекомендации о порядке дегазации угольных шахт / Колл. авт. М.: ОАО «Научно-технический центр по безопасности в промышленности», 2007. Сер. 05. Вып. 14. 256 с.
4. The perspective of batch-wise removal of soil plug from pipes during trenchless installation / A.S. Kondratenko, A.S. Smolentsev, V.V. Timonin, A.Yu. Primychkin / IOP

Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 134. DOI: 10.1088/1755-1315/134/1/012029.

5. Meskele T., Stuedlein A. Attenuation of Pipe Ramming-Induced Ground Vibrations // *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*. 2016. Vol. 7. N 1. P. 1-12.

6. Kumar R., Patel J. Using Decision-making Criteria Approach for the Selection of Trenchless Construction Method: A Review Study // *Journal of Civil and Construction Engineering*. Vol. 5. Issue 2. P. 17-25.

7. Fattah M.Y., Al-Soudani W.H.S. Bearing capacity of open ended pipe piles with restricted soil plug // *Ships and Offshore Structures*. 2015. N 11. P. 501-516.

8. Vertical response of a thin-walled pipe pile embedded in viscoelastic soil to a transient point load with application to low-strain integrity testing / C.J. Zheng, H.L. Liu, G.P. Kouretzis, S.W. Sloan, X.M. Ding // *Computers and Geotechnics*. 2015. N 70. P. 50-59.

9. Гилета В.П., Ванга Ю.В., Тищенко И.В. Повышение эффективности проходки скважин методом виброударного продавливания // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2016. № 6. С. 82–89.

10. Технология безопасного сооружения бестраншейных горизонтально-наклонных скважин / А.С. Кондратенко, В.В. Тимонин, А.А. Абиров и др. // *Вестник КузГТУ*. 2014. № 1. С. 40-44.

11. Современные технологии сооружения протяженных скважин в грунтовых массивах и технические средства контроля их траектории / Б.Н. Смоляницкий и др. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2016. 237 с.

12. Danilov B.B., Kondratenko A.S., Smolyanitskiy B.N. Perfection of the technology of penetration of wells in the ground by the method of extrusion // *Journal of Mining Science*. 2017. N 3. P. 57–64.

DEGASIFICATION

UDC 622.233.53 © A.A. Meshkov, A.P. Sadov, I.L. Kharitonov, A.S. Kondratenko, V.N. Karpov, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 50-55
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-00-00>

Title

PROSPECTS FOR IMPACT DRIVING OF STEEL HOLLOW SECTION PIPES WHILE DRILLING DEGASIFICATION HOLES FROM SURFACE

Authors

Meshkov A.A.¹, Sadov A.P.¹, Kharitonov I.L.¹, Kondratenko A.S.², Karpov V.N.²

¹“SUEK-Kuzbass” JSC, Leninsk-Kuznetskiy, 652507, Russian Federation

²Chinakal Institute of Mining Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630091, Russian Federation

Authors' Information

Meshkov A.A., PhD (Engineering), Deputy General Director - Technical Director, e-mail: MeshkovAA@suek.ru

Sadov A.P., PhD (Engineering), Director of the Directorate for Methane Decontamination and Utilization, e-mail: SadovAP@suek.ru

Kharitonov I.L., Deputy Technical Director – Head Technical Department, e-mail: KharitonovIL@suek.ru

Kondratenko A.S., PhD (Engineering), Director, e-mail: kondratenko@mysd.ru

Karpov V.N., PhD (Engineering), Researcher, e-mail: karpov@mysd.ru

Abstract

The paper describes the casing while drilling technology in its application in coal degasification from surface. The relevance of this technology and its advantages are justified. The problems of drilling with rolling cutter bits are revealed. The casing while drilling equipment and its operating principle is presented. Some features of batchwise removal of plug from hole while drilling are specified. The pilot application of the technology at a commercial scale in drilling degasification boreholes in mines of “SUEK-Kuzbass” JSC is discussed. A general consideration is given to economic feasibility of the technology, and prospects for engineering a mobile drilling unit for impact driving of steel hollow section pipes in soil are defined.

Keywords

Degasification, Safety, Borehole, Drilling, Soil plug, Batchwise removal, Casing while drilling, Impact machine.

References

1. Kurt I.V., Korshunov G.I., Pavlov I.A. & Yutyayev E.P. Zavisimost' metanoobil'nosti vysokoproizvoditel'nykh lav ot skorosti podviganiya ochistnogo zaboya (na primere shakht OAO “SUEK-Kuzbass”) [Dependence of methane mobility of highly productive lavas on the speed of movement of the face (for example, mines of “SUEK-Kuzbass” JSC)]. *Gorny Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2012, No. 4, pp. 200-203. (In Russ.).
2. Lekontsev Yu.M., Sazhin P.V., Temiryayeva O.A., Khoreshok A.A. & Ushakov S.Yu. Two-side sealer operation. *Journal of Mining Science*, 2013, No. 5, pp. 91-98.

3. RD 15-09-2006. *Metodicheskiye rekomendatsii o poryadke degazatsii ugol'nykh shakht* [RD 15-09-2006. Guidelines on the degassing of coal mines]. Moscow, “Scientific and Technical Center for Industrial Safety” JSC, 2007, Ser. 05, Issue 14, 256 p. (In Russ.).

4. Kondratenko A.S., Smolentsev A.S., Timonin V.V. & Primychkin A.Yu. The perspective of batch-wise removal of soil plug from pipes during trenchless installation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2018, Vol. 134. DOI: 10.1088/1755-1315/134/1/012029.

5. Meskele T. & Stuedlein A. Attenuation of Pipe Ramming-Induced Ground Vibrations. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 2016, Vol. 7, No. 1, pp. 1-12.

6. Kumar R. & Patel J. Using Decision-making Criteria Approach for the Selection of Trenchless Construction Method: A Review Study. *Journal of Civil and Construction Engineering*, Vol. 5, Issue 2, pp. 17-25.

7. Fattah M.Y. & Al-Soudani W.H.S. Bearing capacity of open ended pipe piles with restricted soil plug. *Ships and Offshore Structures*, 2015, No. 11, pp. 501-516.

8. Zheng C.J., Liu H.L., Kouretzis G.P., Sloan S.W. & Ding X.M. Vertical response of a thin-walled pipe pile embedded in viscoelastic soil to a transient point load with application to low-strain integrity testing. *Computers and Geotechnics*, 2015, No. 70, pp. 50-59.

9. Gileta V.P., Vanag Yu.V. & Tishchenko I.V. Povysheniye effektivnosti prokhodki skvazhin metodom vibroudarnogo prodavlivaniya [Improving the efficiency of well penetration by vibro-impact punching]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2016, No. 6, pp. 82–89. (In Russ.).

10. Kondratenko A.S., Timonin V.V., Abirov A.A. et al. Tekhnologiya bezopasnogo sooruzheniya bestransheyinykh gorizontally'no-naklonnykh skvazhin [Technology for the safe construction of trenchless horizontal-deviated wells]. *Vestnik KuzSTU – Bulletin of KuzSTU*, 2014, No. 1, pp. 40-44. (In Russ.).

11. Smolyanitskiy B.N. et al. *Sovremennyye tekhnologii sooruzheniya protyazhennykh skvazhin v gruntovykh massivakh i tekhnicheskiye sredstva kontrolya ikh trayektorii* [Modern technologies for the construction of extended wells in soil massifs and technical means for monitoring their trajectory]. Novosibirsk, Publishing House SB RAS, 2016, 237 p. (In Russ.).

12. Danilov B.B., Kondratenko A.S. & Smolyanitskiy B.N. Perfection of the technology of penetration of wells in the ground by the method of extrusion. *Journal of Mining Science*, 2017, No. 3, pp. 57–64.

Received August 28, 2019



РАНК 2

**Безопасность
Экономичность
Технологичность**

**15 лет на рынке
Решение нестандартных задач**



Повышение квалификации горных специалистов

Квалифицированные преподаватели обучат:

- ✓ Методикам расчетов параметров анкерной крепи горных выработок;
- ✓ Навыкам расчетов параметров анкерной крепи горных выработок;
- ✓ Навыкам контроля работоспособности анкерной крепи и оценки состояния горных выработок, закрепленных анкерной крепью;
- ✓ Пониманию видов и принципа работы анкерной крепи;
- ✓ Решению нестандартных задач при проектировании горных выработок и их сопряжений;
- ✓ Технологиям установки и методикам контроля качества анкерной крепи;
- ✓ Оценки контроля состояния контура и крепи горной выработки, закрепленной анкерной крепью.

Кому подходит?

Проходчики, горнорабочие, машинисты горно-выемочных машин и др.

ИТР шахты (горные мастера, начальники участков, помощники начальников участков, начальники смен и др.)

Старший состав ИТР шахты (главные технологи, главные инженеры, заместители главных инженеров и директоров).



Разные форматы обучения:
очно, дистанционно



Практические занятия
на базе собственной
лаборатории



Индивидуальный подбор
программы для каждого
предприятия



Удостоверение гос. образца
о повышении квалификации

Уже прошли обучение:



г. Кемерово, пр. Советский, 7
тел.: +7(3842)75-79-57
e-mail: info@rank42.ru
www.rank42.ru

Монтаж приводных, концевых и натяжных станций ленточных конвейеров анкерной крепью серии АБ

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-57-59>

В статье освещены существующие технологии и схемы монтажа приводных, концевых и натяжных станций ленточных конвейеров. Представлены показатели технологий установки анкерной крепи АБ в сравнении с анкерами зарубежного производства. Перечислены преимущества и достоинства применения предлагаемой технологии.

Ключевые слова: ленточный конвейер, анкерная крепь, канатные анкеры АК01М2(43), анкеры АКМ 20.01-43, самозабуривающиеся анкеры АБ01.

ВВЕДЕНИЕ

Крепление стационарного оборудования является сложной и трудозатратной задачей. Для безопасной и бесперебойной работы ленточного конвейера при его монтаже необходимо учитывать такие факторы, как горно-геологические и горнотехнические условия горной выработки, технические характеристики стационарных установок, проявляемые механические и динамические нагрузки.

ТЕХНОЛОГИИ КРЕПЛЕНИЯ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Ежегодно только на шахтах Кузбасса монтируется более 100 ленточных конвейеров [1]. В большинстве случаев по монтажу осуществляется на бетонный фундамент. Это весьма трудо- и времязатратная технология, которая включает в себя множество операций. Схема крепления фундаментным способом представлена на *рис. 1*.

Крепление ленточных конвейеров по данной схеме имеет ряд существенных недостатков:

- высокая трудоемкость при выполнении работ по подготовке котлована, бетонной смеси и ее укладке в котлован;
- высокий объем доставочно-транспортных работ;
- низкие темпы крепления ленточного конвейера.

Для решения этой актуальной задачи специалистами компании ООО «РАНК 2» разработаны более технологичные, безопасные и экономически эффективные схемы бесфундаментного монтажа стационарного оборудования с применением анкерной крепи [1].

Расчет параметров анкерной крепи для монтажа станций ленточных конвейеров выполняется исходя из условий гипотезы П.Н. Цимбаревича [2, 3]. Сущность заключается в том, что пролет свода давления в почве горной выработки меньше пролета свода давления в кровле выработки на ширину призмы сползания. Для определения длины анкерной крепи выполняются расчеты по определению максимальной глубины и контура свода давления в почве. Количество и расположение анкерной крепи выбираются по условиям их несущей способности, а также конструкции, технических характеристик и по условиям работы ленточного конвейера. Надежность закрепле-

ДУДИН А.А.

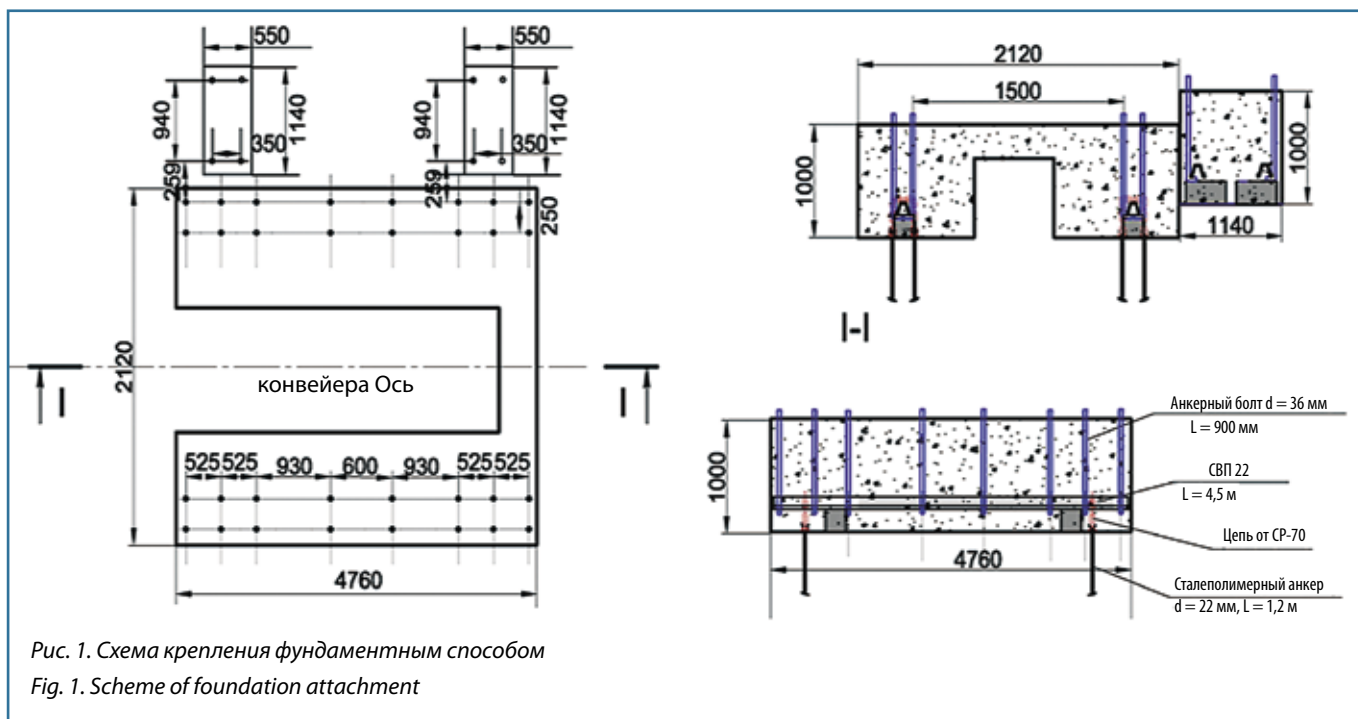
Главный инженер ООО «РАНК 2»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: info@rank42.ru

НАГАЙЦЕВ И.А.

Инженер по анкерному креплению
ООО «РАНК 2»,
650000, г. Кемерово, Россия

САБЛИН М.В.

Главный инженер шахты им. А.Д. Рубана
АО «СУЭК-Кузбасс»,
652519, г. Ленинск-Кузнецкий, Россия



ния конвейера обеспечивается закреплением анкеров в устойчивых породах почвы за пределами свода давления, как показано на рис. 2.

На многих угольных предприятиях распространение получила схема крепления на самозабуривающиеся анкеры с последующим нагнетанием в массив скрепляющего состава. В большинстве случаев применяются анкеры зарубежного производства, которые имеют значительные недостатки:

- высокая стоимость;
- низкие темпы монтажа, так как конструкция анкера не адаптирована к используемому в России буровому оборудованию из-за разнонаправленного вращения;
- для установки анкера необходимо выполнять дополнительные работы по бурению шпура, при этом эффект самозабуривания анкера теряется.

Учитывая вышеизложенные недостатки, инженерно-техническими специалистами компании «ООО «РАНК 2» разработаны и весьма удачно внедрены следующие схемы:

- схема крепления на канатные анкеры АК01М2(43);
- схема крепления на анкеры АКМ 20.01-43;
- схема крепления на буровые анкеры АБ 01.

Схема крепления на канатные анкеры АК01М2(43) и анкеры АКМ 20.01-43 с закреплением анкеров на ампулы с минеральной композицией АМК и смесью МКСС. Это самый экономичный вид крепления стационарных установок, который позволяет крепить как в сухих почвах, так и в условиях, где есть водоносные горизонты, которые могут вымывать полиэфирные смолы. Такая схема обеспечивает высокие темпы крепления ленточных конвейеров к почве и низкий объем доставочно-транспортных работ.

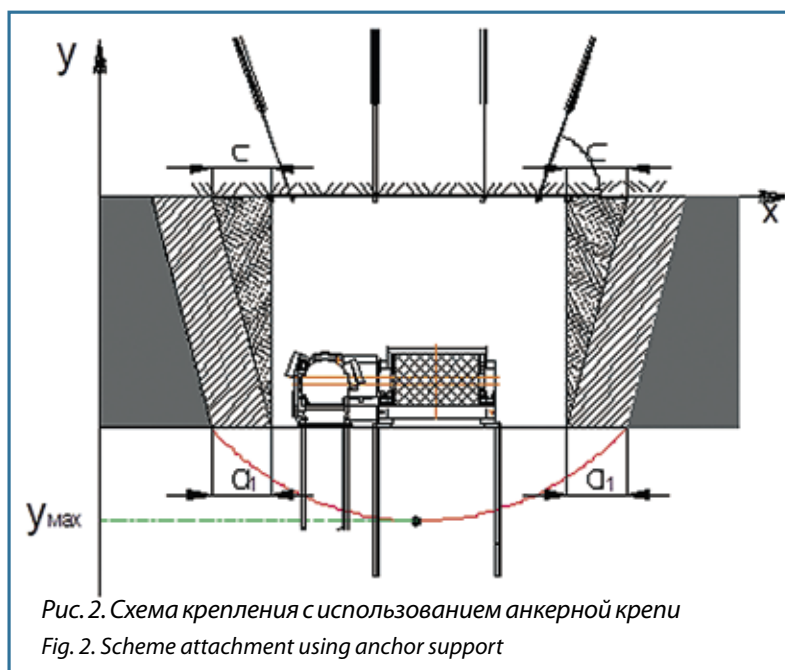


Схема крепления на самозабуривающиеся анкеры

АБ01. Анкер АБ01 (рис. 3) предназначен для крепления стационарного оборудования. Установка анкера выполняется без использования буровых штанг за счет наличия специальной буровой коронки. Предотвращение заштыбовки анкера в сильнотрещиноватых породах происходит благодаря конструктивному исполнению шнека в виде винтовой спирали. Нарращивание длины анкера для достижения необходимой глубины происходит за счет стыковочных элементов.

После установки анкера в проектное положение осуществляется нагнетание скрепляющего состава через быстросъемное соединение на хвостовике анкера. Технология упрочнения массива выполняется от дна шпура,



Рис. 3. Анкер буровой АБ 01

Fig. 3. Anchor of drilling AB 01

за счет этого скрепляющий состав заполняет все пустоты массива, что наиболее эффективно для сильнотрещиноватых пород почвы выработки.

На сегодняшний день технологию крепления стационарного оборудования на самозабуривающиеся анкеры АБ01 применяют на угольных шахтах Кузбасса и других регионов России. В числе первых применили данную схему крепления на шахте им. А.Д. Рубана АО «СУЭК-Кузбасс» в 2017 г. После запуска конвейера 2ЛЛ-1600 с суммарной мощностью приводных двигателей 3500 кВт на протяжении шести месяцев специалистами ООО «РАНК 2» осуществлялся авторский надзор с составлением соответствующих актов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная схема крепления позволяет значительно сократить время установки анкеров за счет исключения операции по предварительному бурению скважины. Анкеры серии АБ практичны для бурения и установки в разрушенный массив кровли, боков и почвы выработки с наращиванием на необходимую глубину за счет стыковочных элементов и дальнейшего нагнетания скрепляющих составов для упрочнения массива.

Компания «ООО «РАНК 2» является лидером по предоставлению комплексных услуг по креплению горных выработок, производству и поставке анкерных систем. Специалисты компании постоянно совершенствуют существующие способы крепления выработок на горнодобывающих предприятиях.

Список литературы

1. Райко Г.В., Гречишкин П.В. Бесфундаментный монтаж станций конвейеров в подземных горных выработках с применением анкерной крепи // Маркшейдерия и недропользование. 2012. № 4. С. 26-27.
2. Цимбаревич П.Н. Механика горных пород. М.: Углетехиздат, 1948. 184 с.
3. Широков А.П., Писляков Б.Г. Расчет и выбор крепи сопряжений горных выработок. М.: Недра, 1978. 304 с.
4. Опыт применения канатных анкеров в качестве крепи усиления демонтажных камер и выработок, поддерживаемых на границе с выработанным пространством и методика расчета их параметров. Кемерово: Институт угля и углекими СО РАН, 2008. 220 с.
5. ГОСТ 21153.1-75. Породы горные. Метод определения коэффициента крепости по Протодюяконову.

UNDERGROUND MINING

UDC 622.272:622.281.74 © A.A. Dudin, I.A. Nagaytsev, M.V. Sablin, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 57-59
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-57-59>

Title

INSTALLATION OF DRIVE, END AND TENSIONING STATIONS OF BELT CONVEYORS WITH ANCHOR SUPPORT OF AB SERIES

Authors

Dudin A.A.¹, Nagaytsev I.A.¹, Sablin M.V.²

¹“RANK 2” LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation

²“SUEK-Kuzbass” JSC, Leninsk-Kuznetskiy, 652507, Russian Federation

Authors' Information

Dudin A.A., Chief Engineer, e-mail: info@rank42.ru

Nagaytsev I.A., Anchor Engineer

Sablin M.V., Chief Engineer of Ruban mine

Abstract

The paper covers existing technologies and installation schemes of drive, end and tension stations of belt conveyors. The indicators of technologies of installation of anchor support of AB in comparison with anchors of foreign production are presented. The advantages and disadvantages of the proposed technology are listed.

Keywords

Belt conveyor, Anchor support, Cable anchors AK01M2 (43), Anchors AKM 20.01-43, Self-drilling anchors AB01.

References

1. Rayko G.V. & Grechishkin P.V. Besfundamentnyi montazh stanciy konveyerov v podzemnyh gornyyh vyrabotkakh s primeneniem ankeroy krepki [Fundamen-

tary installation of conveyor stations in underground mining operations with the use of anchor support]. *Marksheideriya i nedropolzovanie – Marksheideriya and subsoil use*, 2012, No. 4, pp. 26-27. (In Russ.).

2. Tsimbarevich P.N. *Mekhanika gornyyh porod* [Mechanics of rocks]. Moscow, Ugletekhizdat Publ., 1948, 184 p. (In Russ.).

3. Shirokov A.P. & Pisyakov B.G. *Raschet i vybor krepki sopryazheniy gornyyh vyrabotok* [Calculation and selection of support of connections of mine workings]. Moscow, Nedra Publ., 1978, 304 p. (In Russ.).

4. *Opyt primeneniya kanatnyh ankerov v kachestve krepki usileniya demontazhnykh kamer i vyrabotok, podderzhivaemykh na granice s vyrabotannym prostranstvom i metodika rascheta ih parametrov* [Experience of use of cable anchors as a support for reinforcement of dismantling chambers and workings supported on the border with the developed space and method of calculation of their parameters]. Kemerovo, Institute of Coal and Coal Chemistry of the Russian Academy of Sciences Publ., 2008, 220 p. (In Russ.).

5. GOST 21153.1-75. *Porody gornyye. Metod opredeleniya koeffitsienta krepости po Protodyakonovu* [Rocks are mining. Method of determining the strength factor according to Protodyakonov]. (In Russ.).

Received September 16, 2019

Мурманский морской торговый порт отмечает 104-летие

В последний день августа 2019 в Мурманском морском торговом порту прошел торжественный митинг, посвященный 104-й годовщине со дня основания градообразующего предприятия



СУЭК
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

«причалами судьбы» для многих поколений мурманчан», – подчеркнул генеральный директор предприятия.

В рамках митинга состоялась торжественная церемония открытия обновленной Доски Почета с портретами лучших работников

«В настоящее время Мурманский морской торговый порт является одним из важнейших транспортных узлов как для Арктики, так и для России в целом. За этот год мы в очередной раз достигли новых рекордных показателей, продолжаем обновление техники, инфраструктуры, ввели в эксплуатацию первую очередь пылеветрозащитных экранов. Это результат нашей совместной поступательной работы», – подчеркнул генеральный директор АО «ММТП» Александр Масько.

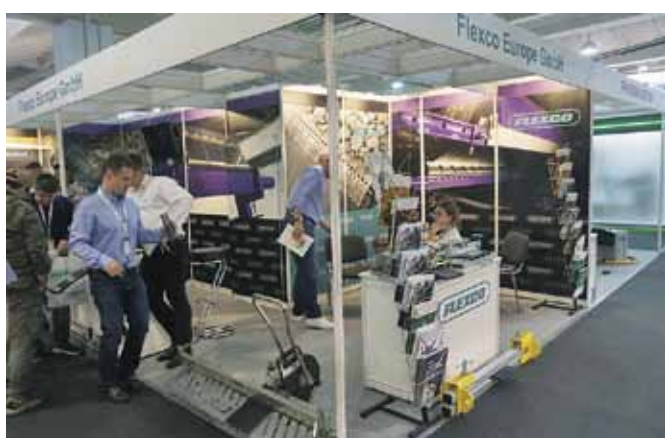
Поздравляя коллег с памятной датой, генеральный директор АО «ММТП» Александр Масько отметил, что в своем развитии порт устремлен в будущее. Уже в ближайшее время начнется реализация проектов, результаты которых рассчитаны на период свыше 50 лет. Речь идет о реконструкции гидротехнических сооружений, срок службы которых – минимум полвека.

«Мурманск был, есть и будет оставаться точкой притяжения для всей страны благодаря тому, что более века назад на Кольском полуострове появились первые причалы нашего порта, которые стали настоящими

работников минувшего года. За успешную реализацию масштабных проектов особо отличившиеся сотрудники предприятия были награждены Грамотами Министерства энергетики Мурманской области и АО «ММТП», а также подведены итоги конкурса по охране труда. Помимо этого, генеральный директор акционерного общества дал старт юбилею – 105-летию Мурманского морского торгового порта. Завершением митинга стала экологическая акция у здания Управления порта, где были высажены новые саженцы деревьев.

Торжества, посвященные дню рождения Мурманского морского торгового порта, продолжились и на следующий день. В честь дня рождения старейшего предприятия города на центральной площади Мурманска Пять углов состоялось выступление знаменитого музыкального коллектива «Хор Турецкого». Выступление популярных музыкантов – это подарок работникам АО «ММТП», их семьям и всем мурманчанам от градообразующего предприятия.





НАДЕЖНЫЕ ПАРТНЕРЫ ИЗ ГЕРМАНИИ

Среди зарубежных экспонентов, которые приехали на выставку из 24 стран мира, Германия традиционно была представлена самым большим количеством фирм-участников. Германские производители горношахтного оборудования приезжали в Кузбасс также в самые тяжелые времена, во времена глобальных экономических кризисов и в периоды сокращения производства в угольной промышленности. Представители компаний из Германии считают, что российские предприятия для них гораздо больше, чем просто клиенты, это верные и надежные партнеры.

В этом году впервые в рамках выставки был представлен германский официальный коллективный стенд, который поддерживается Федеральным министерством экономики и энергетики.

Среди событий несомненный интерес вызвал Российско-германский сырьевой форум в Сибири, в рамках которого состоялись панельные сессии «Цифровизация в сырьевой экономике – перспективы германо-российского сотрудничества» и «Рекультивация нарушенных земель, защита окружающей среды». Такие компании, как FELUWA, АО «СУЭК-Кузбасс», SCHAEFFLER, BARTEC и др., представили свои доклады о системах безопасности угольных шахт и о перспективах германо-российского сотрудничества.

Это значит, что в 2019 г. это великолепное долгосрочное партнерство может не только оглянуться на 20 лет успешного сотрудничества в прошлом, но и создать новые перспективы развития на будущее!

EICKHOFF

Очистное оборудование компании Eickhoff хорошо известно российским шахтерам. Еще в 2017 г. с применением очистного комбайна Eickhoff SL-900 было установлено несколько рекордов добычи российского и мирового уровня. В настоящее время на шахте им. В.Д. Ялевского АО «СУЭК-Кузбасс» приступили к отработке лавы №50-05 с запасами угля более 6 млн т с уникальной длиной забойной части 400 м. В состав забоя также входит очистной комбайн нового поколения Eickhoff SL-900, способный добывать до 4000 т/ч угля.

Как отмечают представители Eickhoff (Германия), комбайны такого типа эксплуатируются также в Австралии и Китае, но рекордный уровень нагрузок достигнут именно на российской шахте. СУЭК заинтересована в высокоэффективной безопасной работе очистных бригад, и в текущем году еще один комбайн Eickhoff SL-900 введен в эксплуатацию на участке «Магистральный» шахты имени А.Д. Рубана.

JDT

Фирма J.D. Theile GmbH & Co. KG (JDT) выпускает цепи различного назначения из высококачественных сталей, соответствующих DIN22252. Цепи JDT успешно применяются в забойных и штрековых конвейерах, в струговых установках, на многих шахтах мира.

На выставке были представлены запатентованная фирмой JDT цепь F-Class, а также плоские замки и замки типа Блок Theira. Особый интерес вызвал разработанный фирмой JDT материал HO (highly optimized), применяемый для производства цепей для горнодобывающей отрасли,



а также плоских (универсальных) замков и замков типа Блок Theira по заказу клиента. В российских горнодобывающих шахтах и разработках материал НО уже доказал свою эффективность и преимущества с точки зрения решения технических задач, возникающих в процессе горной добычи.

BARTEC

Оборудование BARTEC широко применяется во всех областях подземного электропривода, в особенности на конвейерном транспорте, где оно решает массу задач, связанных с экономией электроэнергии, безопасной эксплуатацией и улучшениями производственных показателей. Также BARTEC имеет большой опыт применения преобразовательной техники на вентиляторном, дробильном и подъемном оборудовании, насосной и дозаторной технике, в проходческих машинах и очистных комбайнах.

HAZEMAG

В спектре производства компании HAZEMAG Mining – погрузчики, самоходные буровые установки, буровое оборудование для бурения глубоких скважин, а также техника для проходки стволов. Все это оборудование, включая поставки запасных частей и сервисное обслуживание, теперь в России.



HAUHINCO

Компания Hauhinco является одним из ведущих поставщиков водногидравлических систем, насосов высокого давления, вентилях и компонентов. Высокое качество и надежность – это характерные достоинства выпускаемого оборудования. Об этом говорит и богатый производственный опыт, накопленный более чем за вековую историю компании.

THIELE

На рынке России продукция THIELE представлена с 2000 г., когда для шахты «Заречная» в Кузбассе был приобретен комплект круглозвенной цепи 30x108 мм. За время своей работы в России и в СНГ фирма THIELE поставила шахтерам более 150 км надежных горных цепей. Отвечая требованиям непрекращающегося технического перевооружения угольных шахт, фирма THIELE прошла путь поставок цепей с размерами звеньев от 18x64 мм до 34x126 (Российский Донбасс) и от 26x92 мм до 48x144/160 мм (Кузбасс). Сегодня продукция THIELE известна практически всем горнякам и специалистам угольных компаний и шахт и пользуется у горняков заслуженным авторитетом и уважением.

БЕККЕР МАЙНИНГ СИСТЕМС РУС

Это единственное дочернее предприятие немецкого концерна Becker Mining Systems AG (Германия) на территории России. На собственной производственной площадке в Новокузнецке уже сейчас выпускается внушительный перечень продукции по немецким технологиям. На выставке был представлен дизель-гидравлический локомотив Becker российского производства, выполненный по оригинальной технологии завода-производителя транспортно-оборудования группы Becker-«Becker-Warkop» (Польша). Локомотив является аналогом отлично зарекомендовавшего себя ДГЛ типа KPCS-95 и сохраняет все его преимущества: встроенная тормозная система, упрочненная конструкция приводного блока, сухая система охлаждения выхлопных газов, возможность использования на самых сложных участках трассы. На стенде представлен новый аккумуляторный маневровый тягач CA-190 для монорельсовых подвесных дорог и новинка – оборудование для очистки монорельсов от посторонних примесей и многое другое.



LIEBHERR

Компания Liebherr привезла в Новокузнецк три машины, хорошо зарекомендовавшие себя на просторах России: тяжелый бульдозер PR 776, пятиосный кран LTM 1100-5.2 и полноприводный автогрейдер HBM BG 190 TA-4.

Тяжелый бульдозер PR 776 предстал перед посетителями в ливрее российского триколора. Машина с дизельным двигателем мощностью 768 л.с. и массой 73 т сразу



Машина может быть укомплектована различными типами ковшей, емкостями для перевозки цемента или ГСМ, намотчиками кабеля, платформами для подъема людей или установки анкерной крепи. Оператор имеет возможность в случае нештатной ситуации покинуть ПДМ через аварийный выход. Для безопасного обслуживания имеются поручни и лестница. Кроме того, подземный погрузчик Sandvik LS 312 может быть оборудован видеокамерами, автоматической системой смазки сочленений, датчиком газа и другими системами безопасности.

после выставки отправилась работать на один из участков компании СУЭК.

Еще одним тяжеловесом на стенде Liebherr был пятисонный пневмоколесный кран LTM 1100-5.2. Автокран является одним из самых компактных в классе, при этом он способен поднять груз массой 100 т на высоту до 84 м. Как и бульдозер, мобильный кран отправится на Моховский угольный разрез компании «Кузбасразрезуголь».

SANDVIK

Компания Sandvik Mining and Rock Technology продемонстрировала две новинки: многофункциональный подземный погрузчик во взрывозащищенном исполнении LS312 грузоподъемностью 12 т и интеллектуальную буровую установку Leopard D1650i.

Подземный погрузчик оснащен двигателем Caterpillar C7.1 и имеет широкий спектр навесного оборудования.



Новая буровая установка Leopard D1650i для разработки крупных месторождений и карьеров открытым способом оборудована мощным двигателем и производительным компрессором, а также эргономичной кабиной iCAB.

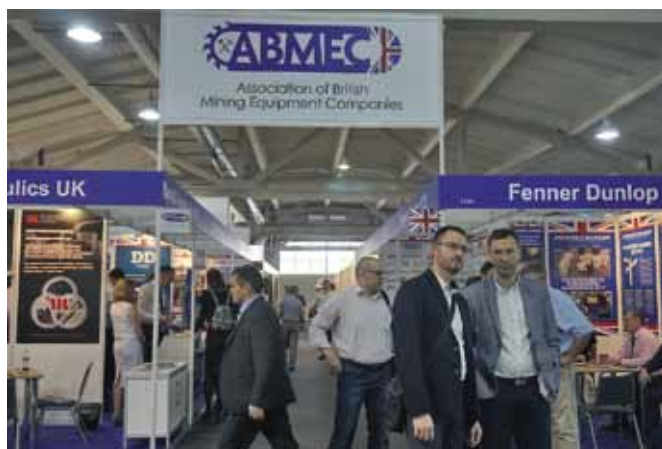
ГОРНОШАХТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ИЗ ВЕЛИКОБРИТАНИИ

Британская ассоциация производителей горного оборудования ABMEC является единственной торговой ассоциацией в Великобритании, представляющей проектировщиков, изготовителей и поставщиков услуг в области горного оборудования.

Объединяя примерно 40 членов, поставщиков оборудования мирового класса на международном рынке горного дела, она экспортирует горную технику и услуги на сумму почти 1 млрд дол. США. Эта продукция и сервис используются в открытых и подземных горных разработках, в работе с твердой и мягкой породами и в экстремальных условиях окружающей среды при температуре от +40° до -40°. Технологический опыт членов ассоциации включает в себя также разработку карьеров и туннелей.

Члены ассоциации имеют наработки в сфере добычи и переработки полезных ископаемых, выполняя эти виды работ по высочайшим стандартам безопасности и обеспечивая экономическую эффективность в жестких и напряженных условиях. Члены ассоциации успешно конкурируют на мировом рынке, соблюдая при этом самые строгие требования, предъявляемые законодательством и предписаниями по защите окружающей среды.

АБМЕК участвует в выставке «Уголь России и Майнинг» с 2002 г., считая Кузбасский регион чрезвычайно важным и поставляя специализированное оборудование для горнодобывающей промышленности.



КОМАТСУ

Выставочная площадка компании KOMATSU привлекала внимание участников и посетителей выставки своим праздничным убранством. И не зря. На самоходном вагоне 10 SC32-48C № 10 красовались вывески – «Сделано в Кузбассе» и «АО «СУЭК-Кузбасс» шахта им. С.М. Кирова». А рядом возвышалась секция механизированной крепи JOY PRS 2/9522KH, которая будет эксплуатироваться на шахте «Талдинская-Западная – 2» АО «СУЭК-Кузбасс».

ЕПИРОК

Компания «Эпирок» разрабатывает и выпускает буровые установки и оборудование для горных работ по самым современным технологиям. Кроме этого, специалисты Эпирока оказывают услуги по разработке месторождений, помогают в бурении скважин и инженерно-геологических работах.

Эпирок представил на своем стенде роторную фрезу ER2000, компактный агрегат которой можно устанавливать на обычные экскаваторы, и систему мониторинга и автоматизации буровых процессов RCS Lite.

Роторная фреза ER2000 предназначена для рытья траншей, выемок мерзлого грунта. Также ее успешно используют для горных работ и открытой добычи мягкого материала. Кроме этого, фреза способна разрушать бетонные стены, осуществлять разборку конструкций и других сооружений.

Система RCS Lite для буровых станков от Эпирока позволяет автоматизировать процессы бурения или, например, горизонтирования. Она выполняет повторяющиеся действия с высокой точностью, без отклонения от заданных показателей. На основе данной платформы машину можно оснастить системой автономного бурения, с которой практически отпадает необходимость в работе оператора.

БЕЛАЗ

На стенде компании белорусского производителя был представлен новый карьерный самосвал БелАЗ-75585 грузоподъемностью 90 т, оснащенный двигателем мощностью 1 200 л.с. Уже на выставке машина обрела своего работодателя – компанию «Регион 42», которая получила в подарок еще и комплект смазочных материалов BELAZ G-Profi.

Посетители стенда могли не только получить информацию по продукции предприятия, но и посетить сам завод. Благодаря технологии виртуальной реальности любой желающий мог получить экскурсию по предприятию БЕЛАЗ.

В рамках работы выставки состоялось подписание договора на поставку 15 новых самосвалов БелАЗ для ком-



паний Группы «Мечел». На разрезы компании «Южный Кузбасс» уже в июне-августе должны поступить 11 самосвалов грузоподъемностью 130 и 220 т для перевозки вскрышных пород и добытого угля общей стоимостью более 1,5 млрд руб.

Участники Школы социального предпринимательства в Бурятии рассказали о своих проектах



Участники Школы социального предпринимательства (ШСП) из Мухоршибирского района Республики Бурятия представили промежуточные отчеты о ходе работы над своими проектами комиссии в составе экспертов АНО «Новые технологии развития» (НТР) и руководителей Администрации района и Совета депутатов. После поездки по объектам состоялась рабочая встреча, в ходе которой социально-предпринимательские проекты были всесторонне проанализированы, а их авторы заручились поддержкой местной власти.

Ежегодная программа ШСП реализуется Фондом «СУЭК-РЕГИОНАМ» и АНО НТР с 2013 г. В этом году большинство социально-предпринимательских проектов будут реализованы в п. Саган-Нур. Там расположены предприятия Сибирской угольной энергетической компании (СУЭК) в Бурятии – разрез «Тугнуйский» и Тугнуйская обогатительная фабрика.

Вот краткие описания проектов и рекомендации экспертной комиссии:

– Создание Клуба «Робототехника» на базе Саган-Нурской школы. Имеется помещение, частично имеется оборудование. Автору проекта (директору школы) рекомендовано расширить и улучшить материально-техническую базу путем участия в Федеральном проекте «Современная школа» Национального проекта «Образование». Проект предполагает создание Центра образования цифрового и гуманитарного профилей «Точка роста» в 2020-2022 гг. Деятельность Центра будет направлена на формирование современных компетенций и навыков у обучающихся, а также на развитие внеурочной и проектной деятельности.

– Открытие современной кофейни для жителей поселка. Бюджет проекта рассчитан. Для старта проекта рекомендовано: рассмотреть возможность разместить кофейню в бассейне «Горняк»; автору проекта зарегистрироваться в качестве индивидуального предпринимателя; с 1 января 2020 г. воспользоваться возможностями, предоставляемыми в рамках Национального проекта «Улучшение условий ведения предпринимательской деятельности» и зарегистри-

ровать себя и своих сотрудников в качестве самозанятых граждан. В 2020 г. – рассмотреть возможность размещения кофейни на территории строящегося в п. Саган-Нур Центра культурного развития.

– Создание оздоровительного комплекса с использованием лечебной грязи местного озера Олонь-Шибирь. Автор проекта – представитель руководства поселковой администрации, так что есть все шансы для его успешной реализации. Для старта проекта необходимо официальное подтверждение лечебных свойств грязи через проведение бальнеологического исследования. Данное мероприятие возможно профинансировать

по Программе развития моногорода Саган-Нур, за счет средств районного бюджета.

– Организация логопедического кабинета для малышей «Говорун». Для реализации проекта выбрано помещение в школе, уже закуплена часть оборудования. Комиссией рекомендовано сотрудничество с детским садом «Земляничка», следует точнее просчитать прејскурант цен на услуги.

– Открытие в детском саду «Земляничка» Клуба маленьких шахматистов. Эта идея созвучна большой программе СУЭК по популяризации шахматного искусства среди детей и молодежи. Для реализации проекта имеется вся необходимая инфраструктура, а также спрос на данную услугу среди родителей воспитанников.

– Организация детских праздников. В ходе обсуждения проекта появилась идея проведения праздников через платные услуги библиотеки в с. Мухоршибирь, а также партнерства с предприятиями общественного питания с возможностью организации выездных праздничных мероприятий во всех сельских поселениях района.

По словам программного директора АНО «Новые технологии развития» **Ольги Щедриной**, поселок Саган-Нур – молодой, и его жители, молодые семьи хотят иметь возможность получать современные услуги для себя и своих детей, не тратя лишнего времени и средств на дорогу в крупные города. Мы нацеливаем участников Школы максимально приблизить идеи своих бизнес-проектов к реальным потребностям жителей.

В свою очередь заместитель руководителя Администрации муниципального образования «Мухоршибирский район» **Мария Богомазова** отметила: «Большинство проектов наших земляков направлено на всестороннее развитие детей – от детского сада к школе. Мы и в будущем будем поддерживать совместную работу педагогов. Хочу поблагодарить Фонд «СУЭК – РЕГИОНАМ» и АНО «Новые технологии развития» за многолетнее плодотворное сотрудничество в деле развития социального предпринимательства, за новые идеи и возможности для самореализации жителей нашего района.

На предприятии «Спецналадка» АО «СУЭК-Кузбасс» впервые в России начато производство автоматизированных стрелочных переводов для шахт

Предприятие уже несколько лет специализируется на производстве ручных стрелочных переводов, используемых на шахтах компании. В процессе их эксплуатации выявился ряд существенных недостатков, связанных с длительным временем перевода монорельсового пути, отсутствием постоянного контроля со стороны горного диспетчера за движением локомотивов через стрелочные переводы и, главное, потенциально высоким риском травматизма.

Изучение рынка показало, что автоматизированного аналога такого вида изделий в России просто нет. За его создание предприятие взялось собственными силами. На базе конструкции механической стрелки был разработан стрелочный перевод с пневматическим приводом. Его основой являются шкаф управления, расположенный рядом с переводом, и собственно стрелочный перевод.

«Цель состояла в том, чтобы автоматизировать процесс управления стрелочным переводом с возможностью дистанционного управления и выводом информации на пульт диспетчера, – говорит заместитель директора предприятия по ревизии и наладке **Андрей Рыбаков**. – Было перепробовано несколько различных конфигураций датчиков управления, пока не был найден оптимальный на сегодняшний день вариант».

Разработанное инженерами Спецналадки «ноу-хау» позволяет автоматически управлять стрелочным переводом



СУЭК
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

как непосредственно из кабины машиниста локомотива, так и от диспетчера предприятия. В июле этого года на шахте «Комсомолец» были произведены успешные испытания новинки. На практике под-

тверждена способность управления перемещением стрелочного перевода от диспетчера шахты и передачи данных о его положении в Единый диспетчерско-аналитический центр (ЕДАЦ) компании «СУЭК-Кузбасс». Получен соответствующий сертификат от ВостНИИ с разрешением на использование устройства. Изобретение инженеров Спецналадки было высоко оценено и на международной отраслевой выставке «Уголь России и Майнинг» – удостоилось диплома «Лучший экспонат».

Основными плюсами внедренной автоматизации процесса стрелочного перевода являются: сокращение времени, затрачиваемого на перевод стрелок; возможность непрерывного контроля положения пера стрелочного перевода в режиме реального времени; оперативность построения маршрутов транспортировки грузов и людей. Повышается уровень безопасности труда шахтеров. При этом подсчитано, что экономический эффект от замены только одного перевода с ручного на более надежный механический составляет в год 350 тыс. руб.

До конца текущего года Спецналадка изготовит тридцать таких переводов, и принята программа поэтапной замены на шахтах компании всех ручных переводов.

Hauhinco

Высокопроизводительные насосные станции для подземных **горных работ**

Hauhinco Maschinenfabrik,
G. Hausherr, Jochums GmbH & Co. KG

Beisenbruchstraße 10
45549 Sprockhövel
Germany

+49 2324 705-0
info@hauhinco.de
www.hauhinco.de



РЕКЛАМА

СУЭК и БЕЛАЗ совместно работают над программой роботизированных самосвалов

Холдинг «БЕЛАЗ» провел в г. Жодино (Республика Беларусь) пресс-тур для белорусских, российских СМИ и пресс-служб ведущих горнодобывающих предприятий России. В обширном информационном материале, подготовленном к встрече, были представлены перспективные направления сотрудничества одного из самых крупных в мире производителей карьерной техники с компаниями-партнерами, которые используют самосвалы БелАЗ в производственном процессе.

Передовица корпоративного издания «Новости БЕЛАЗА» представила вниманию читателей проект по внедрению роботизированных карьерных самосвалов БелАЗ-7513R на разрезе «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия». На пресс-конференции, отвечая на вопросы, посвященные сотрудничеству с российскими партнерами, в том числе с СУЭК, генеральный директор ОАО «БЕЛАЗ» **Петр Пархомчик** отметил: «С руководством СУЭК на всех направлениях ведется очень хорошая работа. В частности, подписана союзная программа по созданию роботизированного комплекса. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы – это совместный труд наших конструкторов и российской компании «Цифра». Комплекс создан за счет совместных капитальных вложений Российской Федерации и Республики Беларусь и сейчас испытывается в Хакасии. Мы сейчас находимся на финишной черте, проходят эксплуатационные испытания, доводка, доработка».

Также **Петр Пархомчик** отметил высокую важность сотрудничества с российскими промышленными предприятиями, которые поставляют комплектующие для производ-



ства автосамосвалов БелАЗ: «Если брать самосвал, то 50% принадлежат производителям и предприятиям, которые находятся в Российской Федерации». Недавно в СУЭК для эксплуатационных испытаний

поступил первый большегрузный автосамосвал с двигателем российского производства. По оценке генерального директора ОАО «БЕЛАЗ», этот проект может стать первым шагом для возвращения России и Беларуси к совместному производству современных мощных двигателей.

Участники пресс-тура имели возможность вести диалог с ключевыми руководителями холдинга и получить информацию о перспективных направлениях развития компании, которая играет важную роль в социальном и экономическом развитии Республики Беларусь и является одним из стратегических партнеров горнодобывающей отрасли Российской Федерации. Помимо всемирно известных автосамосвалов холдинг выпускает машины для подземных работ, бульдозеры, погрузчики, аэродромные тягачи и даже высококачественные продукты питания в собственном сельскохозяйственном подразделении.

С историей предприятия, которое производит машины уже свыше 70 лет, гости познакомились в музее завода, а настоящее и будущее завода БЕЛАЗ смогли увидеть своими глазами на экскурсии по производственным цехам. На различных этапах технологического процесса здесь применяются современные станки, роботизированные комплексы, и наряду с этим, как прежде, важен труд мастеров, которые вкладывают свой труд и душу в мощные машины.

«Мы уделяем большое внимание профориентационной работе, показываем производство школьникам, организуем практику для учащихся колледжей и вузов, действует

система наставничества для молодых специалистов, – рассказал заместитель генерального директора по информационной и идеологической работе ОАО «БЕЛАЗ» **Станислав Якубович**. – В результате нам удастся сохранять в коллективе лучшие трудовые традиции, наращивать профессионализм, мастерство. Мы гордимся тем, что по нашей марке Беларусь знают во многих странах мира и называют БЕЛАЗ послом Беларуси!».

Заключительным пунктом производственной экскурсии стал полигон завода, где журналисты увидели самый большой автосамосвал на планете – БелАЗ-7510 грузоподъемностью 450 т. От предложения прокатиться не отказался никто, и каждому участнику пресс-тура осталось на память непередаваемое чувство полета, которое испытываешь, находясь на открытой палубе движущегося гиганта, оснащенного двумя двигателями общей мощностью 4600 л.с.



БЕЛАЗ

www.belaz.by

РЕКЛАМА

К успеху через традиции
и инновации



Карьерный самосвал **БЕЛАЗ-75710**
грузоподъемностью 450 тонн

БЕЛАЗ-75710 рекордной грузоподъемности 450 тонн

УДК © ОАО «БЕЛАЗ», 2019



DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-70-71>

ВВЕДЕНИЕ

Шасси № 1 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75710, ввод, в эксплуатацию которого состоялся в августе 2014 г., продолжает ударно трудиться на перевозке горной массы на разрезе «Черниговец» холдинговой компании «СДС-Уголь» холдинга «Сибирский деловой союз». По состоянию на 10.09.2019 пробег данного карьерного самосвала составил 198437 км при наработке 27 134 моточаса, при этом объем перевозок составил более 15 млн т породы, что соответствует более 250 тыс. железнодорожных вагонов.



Карьерный самосвал БЕЛАЗ-75710 под погрузкой на разрезе «Черниговский», Кемеровская обл. Российской Федерации



Карьерный самосвал БЕЛАЗ-75710 на разрезе «Черниговский», Кемеровская обл. Российской Федерации

БЕЛАЗ-75710

Карьерный самосвал БЕЛАЗ-75710 относится к технике нового поколения. При создании машины были использованы современные наукоемкие технологии и материалы. БЕЛАЗ-75710 органично воплотил в себе все прогрессивные технические решения:

- высокую производительность, надежность за счет применения высокоэффективных двигателей ведущих моторостроительных фирм, электромеханической трансмиссии переменного тока, эффективной системы опрокидывания платформ;

- хорошую маневренность и высокую плавность хода за счет оптимально подобранных геометрических параметров машин и рулевого управления, использования пневмогидравлической подвески оригинальной конструкции;
- комфортность и безопасность труда водителя благодаря наличию современной кабины, гидрообъемного рулевого управления, высокоэффективного электродинамического тормоза-замедлителя;
- высокий ресурс благодаря применению эффективных силовых установок, высокому техническому уровню узлов и агрегатов, использованию прочных современ-

ных материалов при изготовлении рамы и платформы. Создатели машины стремились завоевать признание и доверие потребителей.

Впервые в мире за счет комплекса оригинальных новаторских инновационных технических решений БЕЛАЗу удалось создать карьерный самосвал наивысшей грузоподъемности, который может быть адаптирован к работе в уже действующих карьерах, эксплуатирующих самосвалы грузоподъемностью 360 т.

Уникальность самосвала обеспечивают новые прогрессивные технические решения по целому ряду систем и узлов:

- наивысшая грузоподъемность за счет применения восьми шин;
- высокая маневренность за счет двух поворотных осей и оригинальной кинематики поворота. Радиус поворота составляет 19,8 м (для сравнения: радиус поворота карьерного самосвала грузоподъемностью 360 т – 17,2 м);
- устойчивость без потери плавности хода за счет ноу-хау в системе подвески (применения стоек стабилизаторов поперечной устойчивости);
- высокая проходимость за счет полного привода на все колеса;
- динамичная разгрузка за счет самого мощного гидропривода подъема кузова;
- экономичность за счет оптимального алгоритма работы двухдизельной моторной установки в сочетании с полным приводом колес и оригинальной схемой рулевого управления. Суммарная мощность силовых модулей составляет 3430 кВт, или 4600 л.с.;

Технические характеристики самосвала карьерного БЕЛАЗ-75710

Грузоподъемность, т	450 (496 кор. т)
Модель двигателя	MTU 16V 4000x2
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	2x1715(2x2300)
Трансмиссия	Электромеханическая, переменного тока
Радиус поворота, м	19,8
Габаритный диаметр поворота, м	45
Шины	59/80R63
Объем кузова, куб. м:	
– геометрический	157,5
– с «шапкой» 2:1	269,5
Время подъема грузовой платформы, с	26
Время опускания платформы, с	20
Масса самосвала без груза, т	360
Полная масса, т	810
Максимальная скорость, км/ч	64



Карьерный самосвал БЕЛАЗ-75710 грузоподъемностью 450 тонн около цеха сборки



Карьерный самосвал БЕЛАЗ-75710 на испытательном полигоне ОАО «БЕЛАЗ»

– высокая производительность, надежность и безопасность в эксплуатации за счет применения «умной» электромеханической трансмиссии переменного тока с электрическими дифференциалами и противобуксочной системой.

БЕЛАЗ-75710 может преодолевать продольные затяжные уклоны дорог до 12% (кратковременные уклоны до 18%). Максимальная скорость машины может составлять до 64 км/ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате по всем показателям эксплуатационных характеристик созданный карьерный самосвал превосходит все аналоги в мире, что и подтвердила машина в процессе эксплуатации. По сравнению с карьерными самосвалами грузоподъемностью 220-240 т продемонстрированы следующие показатели:

- при более высоком расходе на технические жидкости (на 4870 дол. США) и шины (на 8400 дол. США) БЕЛАЗ-75710 показал реальную экономию топлива на 110275 дол. США в годовом выражении при выполнении того же объема работ;
- стоимость перевозки тонно-километра снизилась с 0,42 дол. США (средняя по парку работающих самосвалов) до 0,36 дол. США (карьерный самосвал БЕЛАЗ-75710 на испытательном полигоне ОАО «БЕЛАЗ») без учета расходов на топливо, что составляет 14,3% экономии.

Повышение эффективности разработки угольного разреза за счет оптимизации технологических параметров в сложных горно-геологических условиях

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-72-78>

ДОБРОВОЛЬСКИЙ А.И.

Канд. техн. наук,
генеральный директор
АО «Ургалуголь»,
682030, п. Чегдомын, Хабаровский край, Россия,
e-mail: Urgalugol@suek.ru

ЛЕОНОВ Е.И.

Директор ОГР
АО «Ургалуголь»,
682030, п. Чегдомын, Хабаровский край, Россия,
e-mail: LeonovEl@suek.ru

КУТОВОЙ А.В.

Главный инженер ОГР
АО «Ургалуголь»,
682030, п. Чегдомын, Хабаровский край, Россия,
e-mail: Urgalugol@suek.ru

ЗАЛЯДНОВ В.Ю.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры «Разработка месторождений
полезных ископаемых»
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
455000, г. Магнитогорск, Россия,
e-mail: zalyadnov@mail.ru

КАРАУЛОВ Н.Г.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры «Разработка месторождений
полезных ископаемых»
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
455000, г. Магнитогорск, Россия,
e-mail: n_karaulov@mail.ru

ЮСУПОВ М.Э.

Студент Института горного дела и транспорта
ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»,
455000, г. Магнитогорск, Россия,
e-mail: E1em2010@yandex.ru

В статье представлены общие сведения по Ургальскому каменноугольному месторождению, которое разрабатывается открытым и подземным способами предприятием АО «Ургалуголь» компании «СУЭК». Планом развития предприятия предусматривается увеличение объемов добычи в ближайшие годы не менее чем в три раза с приоритетом в пользу открытого способа разработки. Одним из перспективных для развития является разрез «Буреинский», объем добычи на котором в последние годы составляет не менее 3 млн т в год. Однако Ургальское месторождение, в том числе и разрез «Буреинский», характеризуется сложными горно-геологическими и горнотехническими условиями. Для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия на рынке, а также выполнения плановых показателей одной из задач, решаемых руководством в настоящее время, является поиск решений по увеличению производительности применяемой техники. В статье приводится сравнительный анализ характеристик горнотехнических условий и параметров систем разработки, характерных для разрезов «Буреинский», «Правобережный», «Черногорский», «Тугнуйский». В результате сравнения выделены основные горнотехнические условия, снижающие экономическую эффективность разреза «Буреинский». Представлены исследования применяемых технологических схем и решения по повышению эффективности отработки развала взорванной горной массы экскаватором Komatsu PC-2000 в условиях разреза «Буреинский». Предлагаемые схемы работы оборудования позволяют обеспечить увеличение производительности экскаватора более чем на 10%, главным образом за счет снижения времени цикла его работы. Наряду с увеличением производительности рекомендуемые схемы позволяют обеспечить снижение затрат, связанных с ремонтом экскаватора, в результате чего обеспечивается значительное снижение удельных затрат на выемочно-погрузочные работы.

Ключевые слова: разрез, гидравлический экскаватор, горнотехнические условия, развал взорванной горной массы, технологическая схема, производительность, эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Ургальское месторождение – одно из крупнейших угольных месторождений Дальнего Востока. Разрабатывается с 1934 г. Количество разведанных запасов составляет более

1,1 млрд т, общие оценочные запасы составляют 11 млрд т угля [1]. Несмотря на то, что месторождение характеризуется сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями, кондиции запасов обуславливают перспективу его освоения и будущее развитие региона.

Недропользователем Ургальского месторождения является объединение «АО «Ургалуголь». В настоящее время в состав объединения входят следующие производственные единицы: шахта «Северная», разрез «Буреинский» с обогатительной установкой (ОУ-22); разрез «Мареканский»; разрез «Правобережный»; обогатительная фабрика «Чегдомын».

В 2004 г. АО «Ургалуголь» вошло в состав одной из крупнейших угольных компаний страны – СУЭК и получило мощный импульс для дальнейшего социально-экономического развития [2]. В 2004 г. перед руководством предприятия была поставлена задача – к 2015 г. выйти на рынок экспортируемого угля и закрепиться на нем. Для решения данной задачи был направлен значительный объем инвестиций в технологическое развитие производства. В этот период существенным образом изменился подход к освоению месторождения в пользу развития открытого способа добычи.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из самых перспективных для развития предприятия является разрез «Буреинский». В последние годы на этом разрезе изменилась технология разработки угольных пластов. Был опробован способ с валовым взрывным рыхлением вскрышных пород и пластов угля [1, 2], позволяющий более эффективно использовать горнотранспортное оборудование. Применение новой технологии разработки, а также обновление парка экскаваторов, автосамосвалов и бульдозерной техники обеспечили переход разреза «Буреинский» на уровень производства 3 млн т в 2017 г. Однако современные условия рынка требуют непрерывных улучшений в организации и технологии производства для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятия. В связи с этим перед руководством Разрезуправления «АО «Ургалуголь» ставятся новые задачи, в том числе связанные с повышением уровня использования техники с учетом характерных для данного района горно-геологических условий.

Буреинский разрез отрабатывается с 1998 г. и делится на 2 карьерных поля (участок № 1 и участок № 2). Участок № 1 (южный) отрабатывает южную часть геологических запасов, участок № 2 (северный) – северную часть. В отработку вовлечены пласты В4 – В7, В11 – В14, В21 – В23, В26, В41.

В настоящее время разрез «Буреинский» представляет собой карьерное поле длиной по простиранию 5,5 км, в крест простирания – свыше 1,7 км. Максимальная глубина отработки пластов составляет 180 м при углах по падению от 12° до 22°. Производственная мощность разреза по проекту составляет 3 000 тыс. т в год с коэффициентом вскрыши 6,5 м³/т. При отработке разреза применяется транспортная система разработки с использованием автомобильного транспорта и вывозкой угля на угольный склад, вскрыши – на внешние и частично на внутренние отвалы.

Транспортировка угля из забоя осуществляется по транспортным бермам, почве угольного пласта и рабочим гори-

зонтам на перегрузочный угольный склад. Часть вскрышных пород, представленных гравийно-галечниковыми отложениями и крепкими песчаниками, используется для подсыпки подъездных автодорог и промплощадки. Отработка верхних вскрышных уступов, сложенных четвертичными отложениями, производится в зимнее время с предварительным рыхлением методом скважинных зарядов.

Вскрышные породы разреза транспортируются из забоев на внешние отвалы. Дальность транспортировки составляет до 2,3 км. Отвалообразование – бульдозерное. Внешний отвал расположен с восточной стороны участка за контуром промышленной угленосности, вдоль выхода пласта В4 под наносы. Вскрытие участков осуществляется выездными траншеями, примыкающими к внешней автодороге.

На выемке вскрыши и угля применяются гидравлические экскаваторы с рабочим оборудованием типа «обратная лопата» Komatsu PC-1250, PC-2000, PC-4000 с вместимостью ковша соответственно 6,7, 12 и 22 м³. Кроме того, в технологии предусмотрено использование фронтального пневмоколесного погрузчика WA700 с вместимостью ковша 8,7 м³, а также гусеничных бульдозеров Komatsu D375 и Liebherr PR77. На транспортировке вскрышных пород используются автосамосвалы TEREX TR100 грузоподъемностью 90 т, БелАЗ-75131 и БелАЗ-75306, на транспортировке угля – автосамосвалы SCANIA 420 грузоподъемностью 35 т. Бурение скважин осуществляется станками DML 1200 и Pit Viper 271.

Эффективность использования техники на примере экскаватора Komatsu PC2000 в настоящее время можно характеризовать следующими показателями: производительность в среднем по разрезу составляет 350 тыс. м³/мес., в год – около 3000 тыс. м³; среднее производительное время работы экскаватора – 490 ч/мес.; общие удельные затраты, связанные с отработкой взорванного блока, – около 14,5 руб./м³. Месячная производительность труда по добыче на «Буреинском» разрезе составляет 494 т/чел., при этом средняя месячная производительность труда по добыче по 13 разрезам АО «СУЭК» составляет 594 т/чел.

С целью выявления потенциальных возможностей повышения эффективности разработки разреза «Буреинский» было проведено сравнение горнотехнических условий и технологических параметров различных угольных разрезов. В табл. 1 представлено сравнение горнотехнических условий и параметров разрезов «Буреинский», «Правобережный», «Черногорский» и «Тугнуйский».

Анализируя работу всех четырех разрезов, можно выделить следующие основные горнотехнические условия, снижающие экономическую эффективность разрезов «Буреинский» и «Правобережный»:

1. Более высокие показатели крепости пород приводят к дополнительным затратам при подготовке массива к выемке и экскавации горной массы.
2. Заиливаемость скважин увеличивает затраты на бурение скважин.
3. Большая дальность перевозки полезного ископаемого увеличивает затраты на транспорт.
4. Наличие мерзлоты приводит к дополнительным затратам при подготовке вскрышных пород к выемке.
5. Увеличено среднее время одной операции по ремонту карьерных самосвалов на 60-70% из-за отсутствия боксов.

Сравнение горнотехнических условий и технологических параметров, характерных для различных угольных разрезов

Показатели	Разрезы				Комментарий
	Буреинский	Правобережный	Черногорский	Тугнуйский	
Данные по бурению 2018 г.:					
Крепость пород	7-9	5-8	4-6	4-10	Крепость пород на Ургале в целом выше
Сетка скважин, м х м	от 2,5×2,5 до 6×6	от 2,5×2,5 до 6×6	от 5х5 до 9х6	от 4×4 до 9×9	Из-за крепости пород и наличия мерзлоты приходится бурить меньший размер сетки
Расход ВВ, кг/м ³	0,922	0,964	0,685	0,851	Из-за крепости пород и наличия мерзлоты расход ВВ на Ургале выше на 15-40%
Выход горной массы (ГМ), м ³ /м	28,86	30,13	40,72	33,22	Из-за крепости пород и наличия мерзлоты выход ГМ на Ургале ниже на 15-40%
Скорость бурения, м/ч	39,10	35,10	51,00	80,00	Из-за крепости пород скорость бурения на Ургале в 1,5-2 раза ниже
Наработка шарошек и долот, м/ед.	3350	3350	7900	8500	Один буровой инструмент служит на Буреинском разрезе в 2,5 раза меньше, а на Правобережном – в 5,5 раза меньше, чем на Тугнуе
Процент заиливаемых скважин, %	8	12	0,1	2	Заиливаемая скважина означает, что после бурения ее нельзя использовать для взрывания
Эксплуатация, перевозка:					
Объем добычи, тыс. т	3000	2000	7500	14000	
Коэффициент вскрыши, м ³ /т	8,3	4,8	7,5	6,1	
Плечи:					
Добыча, км	11,1	8,0	5,8	4,5	
Вскрыша, км	2,0	1,5	2,2	2,3	
Оптимальность соотношения ковша экскаватора и грузоподъемности самосвала:					
Количество ковшей на самосвал (min – по борту; max – с шапкой), шт.	6-13	6-8	6-8	3-10	
Среднее время загрузки самосвала, с	231-429	231	108-330		
Средний ковш экскаватора:					
Для 220-тонных самосвалов, м ³	16,7	22	22	30,8	
Для 130-тонных самосвалов, м ³	6,7	–	9	6,7	Производительность самосвала увеличивается примерно на 1,5-2% при росте объема ковша на 1 м ³ (для гидравлических экскаваторов)
Обеспеченность вспомогательной техникой:					
Грейдеры сверхтяжелые (CAT 24M), ед.	–	–	1	2	
Грейдеры прочие, ед.	2	1	4	4	
Бульдозеры гусеничные, ед.	8	4	16	18	
Бульдозеры колесные, ед.	2	1	4	7	
Погрузчики колесные, ед.	6	–	14	8	
Машины карьерные (универсальные), ед.	1	–	1	1	
Машины карьерные (поливочные), ед.	1	–	4	4	
Машины карьерные (тягач), ед.	1	–	2	1	
Обеспеченность инфраструктурой – рембокс, АБК и т.п.:					
Производственное здание для выполнения ТО и ремонта карьерных самосвалов, ед.	нет	нет	1	2	
Количество машино-мест для ТО (БелАЗ-7530, 7513), ед.	–	–	2	2	
Количество машино-мест для ТР (БелАЗ-7530, 7513), ед.	–	–	2	7	
Среднее время 1 операции по ремонту самосвалов, ч		8	5		Из-за отсутствия боксов среднее время 1 операции на Ургале на 60-70% больше
Общие параметры:					
Мерзлота	Да	Да	Нет	Нет	До 100 м вечной мерзлоты. Препятствует бурению, взрыву (пробуренная скважина оплывает). Эффективно отработать можно только зимой. Оттаивает по 1 м за 1 мес.
Водопритоки:					
м ³ /ч	1995	5771	40	1414	
м ³ /сут.	47875	138504	1000	32515	

Указанные горнотехнические условия в целом значительно осложняют отработку Буреинского и Правобережного разрезов. Однако были найдены решения, позволившие на разрезе «Буреинский» обеспечить планируемый результат, а именно переход разреза с 845 тыс. т в 2007 г. на уровень производства 3 000 тыс. т в 2017 г. Несмотря на достигнутые результаты, в современных условиях рынка горнодобывающим предприятиям важно находить новые решения, позволяющие создавать конкурентную стоимость производимой продукции [3]. Таким образом, особые горно-геологические и горнотехнические условия разрабатываемого месторождения обуславливают необходимость формирования новых подходов к оптимизации технологических параметров отработки. В настоящее время предприятию требуются технологические решения, повышающие экономические показатели за счет снижения себестоимости производства.

Улучшение технико-экономических показателей многих российских горнодобывающих предприятий в последние годы связано с техническим перевооружением и приобретением импортного оборудования большой единичной мощности [4, 5, 6]. Однако уровень использования техники во времени зачастую составляет менее 50-60% [7, 8]. Современные условия рынка, а также тенденции развития отрасли обуславливают необходимость осуществления организационных и технологических улучшений в производстве. Улучшения должны быть направлены на повышение производительного времени работы оборудования и снижение себестоимости технологических процессов [9, 10]. В качестве примеров организационных и технологических изменений на современных угольных разрезах можно привести следующие:

- освоение схемы с двумя подъездами автосамосвалов к экскаватору;
- освоение схемы одновременной погрузки автосамосвалов фронтальным погрузчиком, реализуемое за счет формирования двух подъездов к погрузчику;
- применение одноковшовых фронтальных погрузчиков при отработке маломощных угольных пластов;
- использование различных схем установки экскаватора в забое.

Был изучен положительный опыт использования новых технологических схем и оптимизации работы гидравлических экскаваторов типа «обратная лопата» на разрезах «Тугнуйский», «Черногорский», «Восточно-Бейский», «Изыхский», «Назаровский» и многих других [11]. Также проанализированы методики оптимизации выполнения основных производственных процессов и повышения эффективности работы горнодобывающего предприятия [12, 13, 14].

С целью повышения экономических показателей работы оборудования на разрезе «Буреинский» руководителями и специалистами предприятия исследуется работа автомобильно-экскаваторного комплекса. Решено, что в настоящее время для данных

горнотехнических условий целесообразно проведение анализа и обоснования экономически эффективной технологической схемы работы гидравлического экскаватора типа «обратная лопата». Рассмотрены две схемы установки экскаватора при отработке горной массы.

Первая схема, используемая на разрезе в настоящее время, предполагает отработку развала горной массы комбинированным верхним и нижним черпанием с установкой экскаватора на площадке развалки нижнего подступа с нижней погрузкой (рис. 1).

Вторая схема предусматривает последовательную разработку развала двумя подступами исключительно нижним черпанием в два этапа (рис. 2).

На первом этапе обрабатывается верхний подступ. Экскаватор обрабатывает развал горной массы с установкой экскаватора и автосамосвала на верхней площадке обрабатываемого подступа – погрузка «верхняя» (см. рис. 2, а). На втором этапе обрабатывается нижний подступ. Экскаватор обрабатывает развал горной массы с установкой экскаватора на верхней площадке обрабатываемого нижнего подступа – погрузка «верхняя», автосамосвал находится на нижней площадке уступа (см. рис. 2, б).

В табл. 2 представлено сравнение технико-экономических показателей отработки развала взорванной горной массы для рассмотренных вариантов установки экскаватора.

Таким образом, установлено, что применение технологической схемы отработки развала взорванной горной массы с установкой экскаватора на верхней площадке уступа открывает ряд преимуществ. Одним из преимуществ является исключение верхнего черпания, которое сопрово-

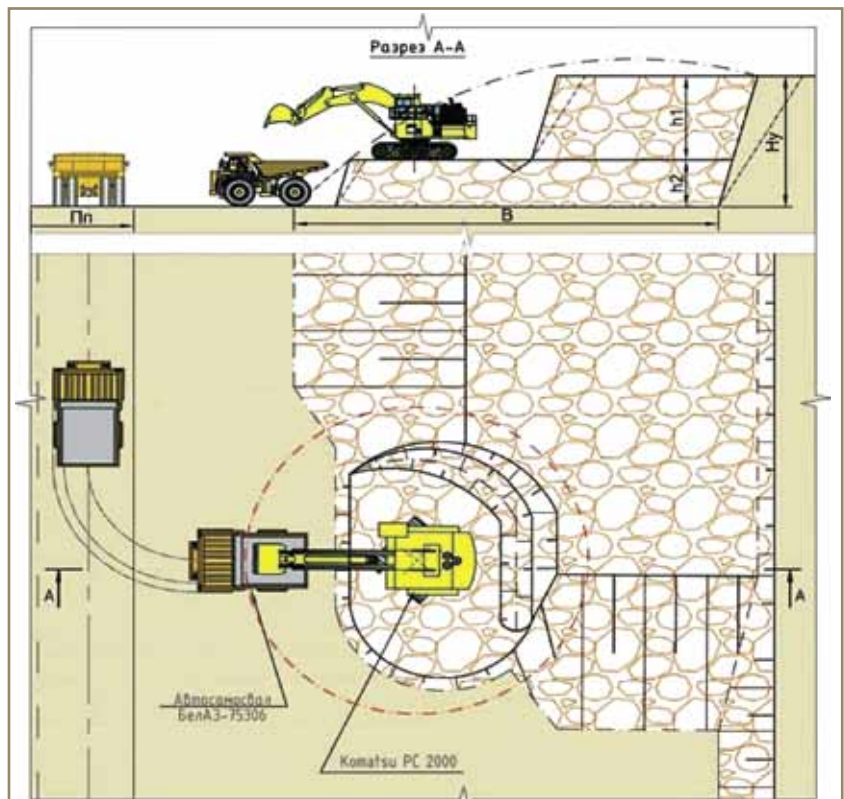


Рис. 1. Схема, используемая в настоящее время, предполагает отработку развала горной массы комбинированным верхним и нижним черпанием
 Fig. 1. The scheme used at present, involves the development of rock mass collapse combined upper and lower digging

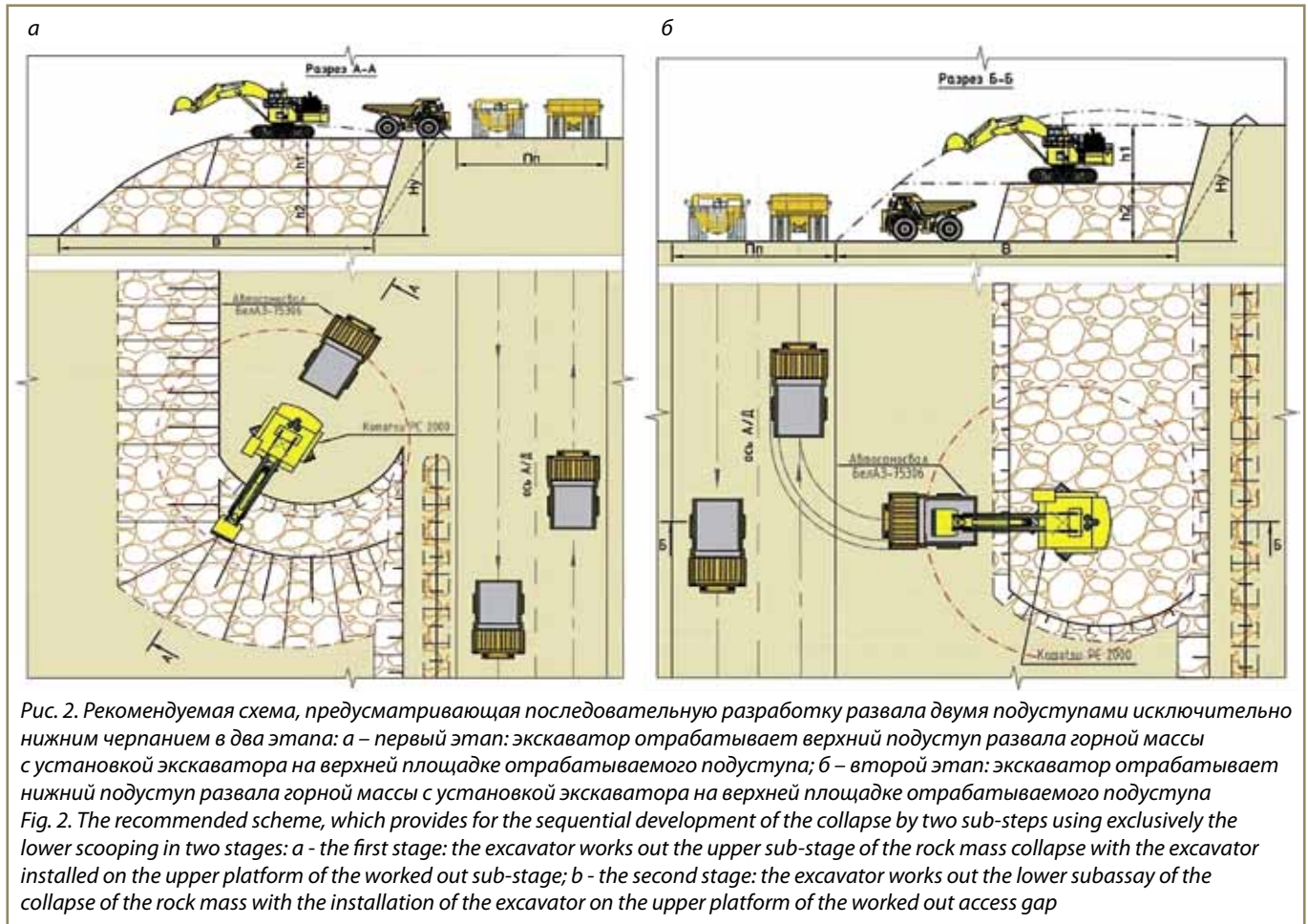


Рис. 2. Рекомендуемая схема, предусматривающая последовательную разработку развала двумя подступами исключительно нижним черпанием в два этапа: а – первый этап: экскаватор обрабатывает верхний подступ развала горной массы с установкой экскаватора на верхней площадке обрабатываемого подступа; б – второй этап: экскаватор обрабатывает нижний подступ развала горной массы с установкой экскаватора на верхней площадке обрабатываемого подступа
 Fig. 2. The recommended scheme, which provides for the sequential development of the collapse by two sub-steps using exclusively the lower scooping in two stages: a - the first stage: the excavator works out the upper sub-stage of the rock mass collapse with the excavator installed on the upper platform of the worked out sub-stage; b - the second stage: the excavator works out the lower subassay of the collapse of the rock mass with the installation of the excavator on the upper platform of the worked out access gap

Таблица 2

Сравнение затрат времени и средств при различных схемах отработки развала взорванной горной массы

Показатели	Схемы отработки развала		
	Существующая	Рекомендуемая	
		Отработка верхнего подступа	Отработка нижнего подступа
Среднее время цикла работы экскаватора, с	33	30	27
Производительность экскаватора РС-2000, тыс. м ³ /смену	8731	9577	10605
Время работы бульдозера на формирование подъезда автосамосвала и формирование площадки погрузки, ч/смена	2	3	3
Затраты, связанные с работой бульдозера, руб./смену, (руб./м ³)	0,33	0,43	0,39
Прямые затраты, связанные с ремонтом рукояти экскаватора, руб./м ³	0,23	0,20	0,18
Время отработки блока взорванной горной массы объемом 100 тыс. м ³ , сут.	5,7	5,2	4,7
Количество самосвалов, отгружаемых за смену, шт.	109,1	119,7	132,6
Затраты на экскавацию, руб./м ³	13,69	12,48	11,27
Удельные затраты, связанные с отработкой блока, руб./м ³	14,48	13,31	12,02

ждается повышенными нагрузками на рабочий орган экскаватора, что приводит к аварийным ремонтам и простоям. Кроме того, как показал хронометраж, при работе только с нижним черпанием снижается время цикла экскаватора, и повышается производительное время его работы. Однако при этом увеличивается объем бульдозерных работ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из проведенного анализа и расчетов установлено, что применение технологической схемы с последовательной отработкой двумя подступами исключительно нижним

черпанием обеспечивает снижение среднего времени цикла до 6 секунд и увеличение производительности экскаватора (Komatsu PC2000) с 8730 тыс. м³ в смену до 9570 и 10600 тыс. м³ в смену соответственно при отработке верхнего и нижнего подступов. Снижение времени цикла и аварийных ремонтов экскаватора позволяет значительно снизить удельные затраты на выемочно-погрузочные работы. Применение рекомендуемой схемы с нижним черпанием обеспечивает снижение удельных затрат на 12,6%. При расчете на один экскаватор экономический эффект может составить не менее 8 млн руб. в год.

Список литературы

1. Добровольский А.И., Феофанов Г.Л., Шивырялкина О.С. Развитие ОАО «Ургалуголь»: основные направления и результаты // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 10. Специальный выпуск № 45-2. С. 240-252.
2. Разработка группы угольных пластов с валовым рыхлением вскрышных пород / А.И. Добровольский, А.А. Галимьянов, Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 10. Специальный выпуск № 45-1. С. 424-432.
3. Increasing Productivity – a Way to Improve Efficiency of Operational Management in Hard Coal Mines / S. Prusek, M. Turek, J. Dubiński, I. Jonek-Kowalska // Archives of Mining Sciences. 2018. Vol. 63. N 3. P. 567-581. DOI: 10.24425/123675.
4. Современные тенденции разработки угольных месторождений / К.В. Бурмистров, В.Ю. Заляднов, В.В. Якшина и др. // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2015. № 1. С. 3-6.
5. Обоснование эффективных параметров комбинированного открыто-подземного способа разработки угольных месторождений / В.А. Пикалов, А.В. Соколовский, В.Н. Василец и др. // Горный журнал. 2016. № 1. С. 67-72.
6. Palka D., Stecuła K. Concept of technology assessment in coal mining // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 261. 012038. P. 1-8. DOI: 10.1088/1755-1315/261/1/012038.
7. Развитие технологии и организации производства в условиях кризиса / Г.Н. Шаповаленко, С.В. Тесемников, Э.А. Косьяненко, А.С. Довженок // Уголь. 2015. № 2. С. 36-38. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/022015.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).
8. Кулецкий В.Н., Каинов А.И., Макаров А.М. Совершенствование планирования горных работ с использованием критериев и показателей эффективности и безопасности производства // Уголь. 2014. № 3. С. 73-75. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/032014.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).
9. Rybak A., Włodarczyk E. Analysis of work efficiency in hard coal mining in Poland. CBU international conference on innovations in science and education. Prague, Czech Republic: 2018. P. 417-423. DOI: 10.12955/cbup.v6.1192.
10. Benchmarking of mining companies extracting hard coal in the Upper Silesian Coal Basin / M. Vaněk, P. Bora, E.W. Maruszewska, A. Kašpárková // Resources Policy. 2017. Vol. 53. P. 378-383. DOI: 10.1016/j.resourpol.2017.07.010.
11. Исайченков А.Б. Новые достижения ОАО «Разрез Тугнуйский» // Уголь. 2011. № 11. С. 20-22. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112011.pdf> (дата обращения: 15.10.2019).
12. Першин Г.Д., Караулов Н.Г., Уляков М.С. Выбор способа подготовки высокопрочного камня к выемке с учетом условий залегания природных трещин в массиве // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 1. С. 111-121.
13. Patterson S.R., Kozan E., Hyland P. An integrated model of an open-pit coal mine: improving energy efficiency decisions // International Journal of Production Research. 2015. Vol. 54(14). P. 4213–4227. DOI: 10.1080/00207543.2015.1117150.
14. Bedottia A., Pastoria M., Casolia P. Modelling and energy comparison of system layouts for a hydraulic excavator. 73rd Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association (ATI 2018). Pisa, Italy. 2018. P. 26-33. DOI: 10.1016/j.egypro.2018.08.015.

SURFACE MINING

UDC 622.271:322 © A.I. Dobrovolskiy, E.I. Leonov, A.V. Kutovoy, V.Yu. Zalyadnov, N.G. Karaulov, M.E. Yusupov, 2019
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 72-78
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-72-78>

Title**INCREASING THE EFFICIENCY OF DEVELOPING A COAL MINE BY OPTIMIZING TECHNOLOGICAL PARAMETERS IN DIFFICULT MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS****Authors**

Dobrovolskiy A.I.¹, Leonov E.I.¹, Kutovoy A.V.¹, Zalyadnov V.Yu.², Karaulov N.G.², Yusupov M.E.²

¹ "Urgalugol" JSC, set. Chegdomyn, Khabarovsk Territory, 682030, Russian Federation

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosova", Magnitogorsk, 455000, Russian Federation

Authors' Information

Dobrovolskiy A.I., PhD (Engineering), General Director, e-mail: Urgalugol@suek.ru

Leonov E.I., Director Surface mining department, e-mail: leonovei@suek.ru

Kutovoy A.V., Chief Engineer Surface mining department, e-mail: Urgalugol@suek.ru

Zalyadnov V.Yu., PhD (Engineering), Associate Professor of "Development of mineral deposits" department, e-mail: zalyadnov@mail.ru

Karaulov N.G., PhD (Engineering), Associate Professor of "Development of mineral deposits" department, e-mail: n_karaulov@mail.ru

Yusupov M.E., Student, Institute of Mining and Transport, e-mail: E1em2010@yandex.ru

Abstract

The paper provides general information on the Urgalsky coal deposit, which is developed by surface mining and underground mining by the SUEK company "Urgalugol" JSC. The enterprise development plan provides for an increase in production in the coming years, not less than three times, with priority in favor of an open development method. One of the perspectives for its development

is the "Bureinsky" open-pit mine, the production volume of which in recent years has been at least 3 million tons per year. However, the Urgalskoye field, including the "Bureinsky" open pit, is characterized by difficult mining and geological and mining conditions. To increase the efficiency and competitiveness of the enterprise in the market, as well as to meet planned targets, one of the tasks currently being solved by management is to find solutions to increase the productivity of the equipment used. The article provides a comparative analysis of the characteristics of mining conditions and the parameters of the development systems characteristic of the open-pit mines: "Bureinsky", "Pravoberzhny", "Chernogorsky", "Tugnuiy". As a result of the comparison, the main mining conditions that reduce the economic efficiency of the Bureinsky open pit are identified. The research of applied technological schemes and solutions to improve the efficiency of mining the collapse of blasted rock mass by Komatsu PC-2000 excavator in the conditions of the Bureinsky opencast is presented. The proposed schemes of operation of the equipment make it possible to increase the productivity of the excavator by more than 10%, mainly due to a decrease in the cycle time of its operation. Along with an increase in productivity, the recommended schemes help to reduce the costs associated with the repair of an excavator, resulting in a significant reduction in unit costs for excavation and loading operations.

Keywords

Section, Hydraulic excavator, Mining conditions, Camber of blasted rock mass, Flow chart, Productivity, Efficiency.

References

1. Dobrovolskiy A.I., Feofanov G.L. & Shivyryalkina O.S. Razvitiye OAO "Urgalugol": osnovnyye napravleniya i rezultaty [Development of "Urgalugol" JSC: main directions and results]. *Gorny Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2015, No. 10, Special issue No. 45-2, pp. 240-252. (In Russ.).
2. Dobrovolskiy A.I., Galimyanov A.A., Shevkun E.B. & Leshchinskiy A.V. Razrabotka gruppy ugol'nykh plastov s valovym rykhleniyem vskryshnykh porod [Development of a group of coal seams with gross loosening of overburden]. *Gorny Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2015, No. 10, Special issue No. 45-1, pp. 424-432. (In Russ.).
3. Prusek S., Turek M., Dubiński J. & Jonek-Kowalska I. Increasing Productivity – a Way to Improve Efficiency of Operational Management in Hard Coal Mines. *Archives of Mining Sciences*, 2018, Vol. 63, No. 3, pp. 567-581. DOI: 10.24425/123675.
4. Burmistrov K.V., Zalyadnov V.Yu., Yakshina V.V. et al. Sovremennyye tendentsii razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy [Current trends in the development of coal deposits]. *Aktualnyye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya – Actual problems of modern science, technology and education*, 2015, No. 1, pp. 3-6. (In Russ.).
5. Pikalov V.A., Sokolovskiy A.V., Vasilets V.N. et al. Obosnovaniye effektivnykh parametrov kombinirovannogo otkryto-podzemnogo sposoba razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy [Justification of the effective parameters of the combined open-underground method of developing coal deposits]. *Gornyi Zhurnal – Mining Journal*, 2016, No. 1, pp. 67-72. (In Russ.).
6. Palka D. & Stecula K. Concept of technology assessment in coal mining. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, pp. 1-8. DOI: 10.1088/1755-1315/261/1/012038.
7. Shapovalenko G.N., Tesemnikov S.V., Kosiyenko E.A. & Dovzhenok A.S. Razvitie tekhnologii i organizatsii proizvodstva v usloviyah krizisa [Development of Technologies and Production Organization During the Recession]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2015, No. 2, pp. 36-38. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/022015.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).
8. Kuletsky V.N., Kainov A.I., Makarov A.M. Sovershenstvovanie planirovaniya gornyh rabot s ispol'zovaniem kriteriev i pokazateley effektivnosti i bezopasnosti proizvodstva [Improvement of underground operation planning using criteria and measures of production efficiency and safety]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2014, No. 3, pp. 73-75. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/032014.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).
9. Rybak A. & Włodarczyk E. Analysis of work efficiency in hard coal mining in Poland. CBU international conference on innovations in science and education. Prague, Czech Republic, 2018, pp. 417-423. DOI: 10.12955/cbup.v6.1192.
10. Vaněk M., Bora P., Maruszewska E.W. & Kašparková A. Benchmarking of mining companies extracting hard coal in the Upper Silesian Coal Basin. *Resources Policy*, 2017, Vol. 53, pp. 378-383. DOI: 10.1016/j.resourpol.2017.07.010.
11. Isaychenkov A.B. Novye dostizheniya OAO "Razrez Tugnuyskiy" [New achievements of "Tugnuyskiy Open-pit" JSC]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2011, No. 11, pp. 20-22. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/112011.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).
12. Pershin G.D., Karaulov N.G. & Ulyakov M.S. Vybór sposoba podgotovki vysokoprechnogo kamnya k vyemke s uchedom usloviy zaleganiya prirodnykh treshchin v massive [The choice of a method of preparing a high-strength stone for excavation, taking into account the conditions of occurrence of natural cracks in mass activity]. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh – Journal of Mining Science*, 2015, No. 1, pp. 111-121. (In Russ.).
13. Patterson S.R., Kozan E. & Hyland P. An integrated model of an open-pit coal mine: improving energy efficiency decisions. *International Journal of Production Research*, 2015, Vol. 54(14), pp. 4213-4227. DOI: 10.1080/00207543.2015.1117150.
14. Bedottia A., Pastoria M. & Casolia P. Modelling and energy comparison of system layouts for a hydraulic excavator. 73rd Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association (ATI 2018). Pisa, Italy, 2018, pp. 26-33. DOI: 10.1016/j.egypro.2018.08.015.

Received August 28, 2019

Владивостокские школьники познакомились с трудом горняков



Профсоюзный комитет совместно с администрацией ООО «Приморскуголь» организовал для школьников из Владивостока экскурсию на угольный разрез Павловского бурогоугольного месторождения в разрезеуправлении «Новошахтинское».

Посещение разреза состоялось в рамках проводимых на предприятии мероприятий по профессиональной ориентации. Дети сотрудников ООО «Приморскуголь» в возрасте от 8 до 14 лет в сопровождении работников разрезеуправления



и профсоюзных активистов смогли оценить труд горняков, посмотреть на угольный разрез со смотровой площадки, увидеть тяжелую горнотранспортную технику в работе, поддержать в руках полезное ископаемое – твердое топливо, а также сфотографироваться в кабине автосамосвала БелАЗ грузоподъемностью 130 т.

Мероприятие, проведенное при строгом соблюдении всех правил безопасности, сопровождалось рассказом о работе угледобывающего предприятия с целью продемонстрировать школьникам преимущество выбора шахтерской профессии. После окончания экскурсии для ребят был организован вкусный обед в столовой разрезеуправления.

Повышение технико-экономической эффективности производства угольного разреза на основе совершенствования его организационной структуры

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-79-83>

В статье представлен методический инструментарий совершенствования организационной структуры угольного разреза, применение которого обеспечивает повышение технико-экономической эффективности производства. Описаны основные стратегии развития угольного разреза с позиции достижения взаимосогласованных целей его основных субъектов: государства, акционеров, работников. По характеру влияния на уровень и динамику результатов функционирования угольного разреза выделены три типа организационных структур: дестабилизирующий, стабилизирующий, развивающий. Типы организационных структур отличаются содержанием функций планирования, организации, мотивации и контроля, а также уровнем эффективности использования рабочего времени руководителей. При дестабилизирующем типе организационной структуры в основе функциональных связей лежит принцип стимулирования работников к исполнению обязанностей, при стабилизирующем – формализация действий и взаимодействия работников при решении взаимосогласованных задач и операций, а при развивающем – вовлечение работников всех уровней управления в надлежащее исполнение функций и совершенствование своей деятельности. Описана схема перехода к требуемому типу организационной структуры, включающая этапы: выбор стратегии развития и типа организационной структуры угольного разреза, достижение соответствия функционала руководителя целям и стратегии развития угольного разреза, определение соответствия качества процессов выбранному типу оргструктуры, изменение функционалов и взаимодействия работников.

Ключевые слова: технико-экономическая эффективность, организационная структура, рабочее время, руководитель, организация производства, угольный разрез.

ВВЕДЕНИЕ

Многие российские каменноугольные разрезы на современном этапе остаются конкурентоспособными, поскольку находятся в относительно благоприятных экономических условиях функционирования: наличие рынков сбыта продукции, относительно высокие цены энергоресурсов на мировом рынке; сложившийся эффективный валютный курс. Однако при ухудшении сложившейся рыночной ситуации вопрос сохранения достигнутого уровня конкурентоспособности в средне- и долгосрочной перспективе остается для них открытым.



АГАФОНОВ В.В.

Доктор техн. наук, профессор
кафедры «Геотехнологии
освоения недр»
Горного института НИТУ «МИСИС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: msmu-prpm@yandex.ru



ОШАРОВ А.В.

Канд. техн. наук,
генеральный директор
АО «Разрез Изыхский»,
655650, с. Белый Яр,
Республика Хакасия, Россия,
e-mail: OsharovAV@suek.ru



ЗАХАРОВ С.И.

Канд. экон. наук,
заведующий лабораторией
«Организация и оплата труда»
НИИОГР,
454048, г. Челябинск, Россия,
e-mail: svzakharov@bk.ru

В 2013 г. на разрезе «Изыхский» сложилась критическая ситуация – цена на угольную продукцию оказалась ниже себестоимости. Руководители регионального производственного объединения «СУЭК-Хакасия», а также угольного разреза «Изыхский» оказались перед выбором – закрывать предприятие либо найти и освоить способы существенного повышения его технико-экономической эффективности. Было определено, что продукция разреза «Изыхский» может быть конкурентоспособной на рынке, если месячная производительность труда составит не менее 400 т/чел. Решение этой задачи потребовало про-

ведения исследований влияния организационной структуры угольного разреза на уровень и динамику технико-экономической эффективности производства, а также подготовки и реализации соответствующих решений по ее преобразованию.

Одновременно с этим осуществлялись осмысление, анализ и обобщение полученных результатов, которые легли в основу кандидатской диссертации А.В. Ошарова на тему «Повышение технико-экономической эффективности производства угольного разреза на основе совершенствования его организационной структуры», которая была защищена 18 июня 2018 г. в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (ФГАОУ ВО «НИТУ «МИСиС») в совете Д 212.132.14.

Подготовка и защита диссертации осуществлены под научным руководством доктора техн. наук, профессора В.В. Агафонова. Официальными оппонентами на защите выступили: доктор техн. наук В.А. Пикалов; канд. техн. наук М.С. Карпенко. В качестве ведущей организации выступило ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» (г. Екатеринбург).

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Цель – разработка методики повышения технико-экономической эффективности производства угольного разреза на основе совершенствования его организационной структуры.

В качестве критерия технико-экономической эффективности производства угольного разреза в исследовании предложена степень достижения целей его субъектами, к которым относятся: акционеры, работники (в том числе менеджеры), а также субъекты государственной власти [1, 2, 3]. Значительная часть отечественных разрезов поставляет продукцию на мировой угольный рынок, в основном, в сегмент низкоценовых углей. В этом сегменте рын-

ка определяющим фактором успеха и одним из основных конкурентных преимуществ является низкая себестоимость продукции, которая достигается высоким уровнем и динамикой производительности труда [4, 5, 6].

Интегральным показателем степени реализации целей рассмотренных субъектов угольного разреза является выработка товарной продукции, приходящаяся на одного работника [7, 8], которая обеспечивается производительностью труда в натуральном выражении и ценой производимой продукции.

На основе построения статистических трендов установлено, что сохранение конкурентоспособности российских каменноугольных разрезов в текущем периоде возможно при производительности труда не менее 400 т/чел. в месяц и ежегодном темпе ее прироста 2-4%. Уровень и динамика выработки товарной продукции на одного работника, достигнутые на предприятиях – лидерах отрасли, показывают, что для обеспечения долгосрочной конкурентоспособности российских каменноугольных разрезов при текущем уровне цен темп роста производительности труда должен составлять не менее 8% в год [9].

Непрерывное повышение производительности труда обуславливает необходимость поиска и реализации быстрых и существенных улучшений в организации производства и взаимодействии персонала угольного разреза [10], но существующие организационные структуры угольных разрезов не позволяют эффективно решить эту задачу [11].

В исследовании выделены три типа организационных структур угольного разреза, отличающиеся функционалом руководителя и основным способом его реализации:

- дестабилизирующий – основан на стимулировании работника к выполнению задания и наказании за упущения;
- стабилизирующий – основан на формализации действий и взаимодействия работника при решении задач, наказании и поощрении за результаты;
- развивающий – основан на вовлечении работника в надлежащее исполнение и совершенствование своей де-

Типизация организационных структур угольного разреза

Функция управления	Типы организационных структур					
	Дестабилизирующий – стимулирование	Оценка, балл	Стабилизирующий – формализация	Оценка, балл	Развивающий – вовлечение	Оценка, балл
Планирование	Задания на выполнение работ	1	Взаимосвязанные задачи по обеспечению безопасности и эффективности производства	2	Деятельность работников по реализации своих интересов через решение задач и реализацию стратегии развития разреза	3
Организация	Исполнение заданий	1	Исполнение инструкций, норм и стандартов деятельности	2	Согласование и реализация функционалов на основе реализации интересов и способностей работников	3
Мотивация	Наказание за упущения и поощрение за отдельные достижения	1	Наказание и поощрение за результаты решения задач по обеспечению безопасности и эффективности производства	2	Предоставление возможностей работникам для самореализации, повышения социального статуса и дохода	3
Контроль	Выполнение заданий и правил	1	Нормативные результаты и затраты при выполнении инструкций и стандартов деятельности	2	Реализация взаимосвязанных функционалов в соответствии со стратегией развития разреза	3

ятельности, предоставлении возможности самореализации (см. таблицу).

Установлено, что для каждого типа организационной структуры характерно определенное соотношение затрат рабочего времени руководителя (по уровню и ценности), рассчитываемое по формуле (рис. 1):

$$K_{\text{фив}} = \sum (ЗРВ_n * ОЦ_n),$$

где $K_{\text{фив}}$ – коэффициент функционального использования рабочего времени руководителя, изменяется в диапазоне 0-100%; $ЗРВ$ – доля времени на решение задач разного уровня в рабочем времени, %; $ОЦ$ – ценность задач, в зависимости от уровня, в диапазоне 0-1; n – уровень решаемых задач (за нижестоящего, за себя, за вышестоящего).

Из полученной зависимости установлено, что при переходе от дестабилизирующего к развивающему типу оргструктуры фактическая эффективность использования рабочего времени руководителя возрастает более чем в 10 раз. Это обусловлено тем, что он решает задачи, свойственные руководителю вышестоящего уровня, вместо задач, свойственных подчиненным [12, 13, 14].

Различия в структуре рабочего времени руководителей определяют разный уровень и динамику результатов, характерных для каждого типа организационной структуры угольного разреза:

– при дестабилизирующем типе – уровень производительности труда ниже среднеотраслевого, ежегодный темп роста производительности труда – отрицательный или низкий;

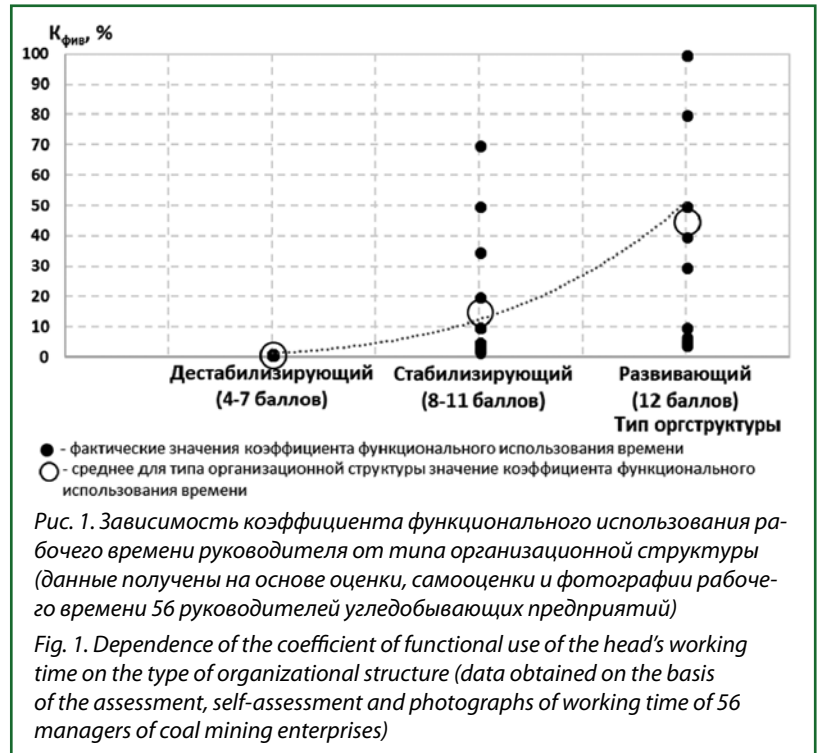
– при стабилизирующем типе – достигается среднеотраслевой уровень производительности труда, ежегодный темп роста производительности труда – положительный низкий;

– при развивающем типе – уровень производительности труда выше среднеотраслевого, ежегодный темп роста производительности труда – положительный высокий.

По результатам сравнительного анализа деятельности каменноугольных разрезов России в 2015-2017 гг. выявлено, что значительная часть (71%) рассмотренных предприятий стабильно функционирует в условиях сложившейся конкуренции, а некоторые (29%) улучшают свои рыночные позиции. В результате факторного анализа уровня и динамики выработки товарной продукции на одного работника установлено, что при снижении цен на уголь все рассмотренные предприятия могут стать неконкурентоспособными.

Такая ситуация свидетельствует о необходимости формирования на угольных разрезах отрасли организационных структур развивающего типа, обеспечивающих высокий уровень и темп роста производительности труда.

Установленная зависимость эффективности использования рабочего времени руководителя от типа организационной структуры легла в основу разработанной методики повышения технико-экономической эффективности производства угольного разреза на основе совершенствования его организационной структуры, схема которой представлена на рис. 2.



ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Применение разработанной методики при совершенствовании организационной структуры угольного разреза «Изыхский» за период 2013-2017 гг. позволило достичь:

- повышения производительности труда в натуральном выражении в 2,9 раза;
- повышения удельной производительности экскаваторного парка в 1,3 раза;
- снижения затрат на единицу продукции в 2 раза;
- повышения конкурентоспособности предприятия внутри компании «СУЭК» и на внешнем рынке углепроизводителей.

Экономический эффект от применения результатов исследования составил не менее 154 млн руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Произведенные исследования, осмысление и обобщение результатов преобразования организационной структуры угольного разреза «Изыхский» позволяют утверждать, что конкурентную борьбу выигрывают те угледобывающие предприятия, которые обеспечивают высокий уровень и динамику производительности труда путем вовлечения работников в надлежащее исполнение и совершенствование своей деятельности, предоставления возможности для их самореализации. Применение разработанного методического подхода позволяет посредством выбора и освоения типа организационной структуры и функционалов руководителей всех уровней управления в соответствии со стратегией развития угольного разреза существенно повысить технико-экономическую эффективность производства, что имеет важное значение для угледобывающей отрасли.

Список литературы

1. Ганицкий В.И. Организация и управление горным производством. М.: Недра, 1991. 363 с.

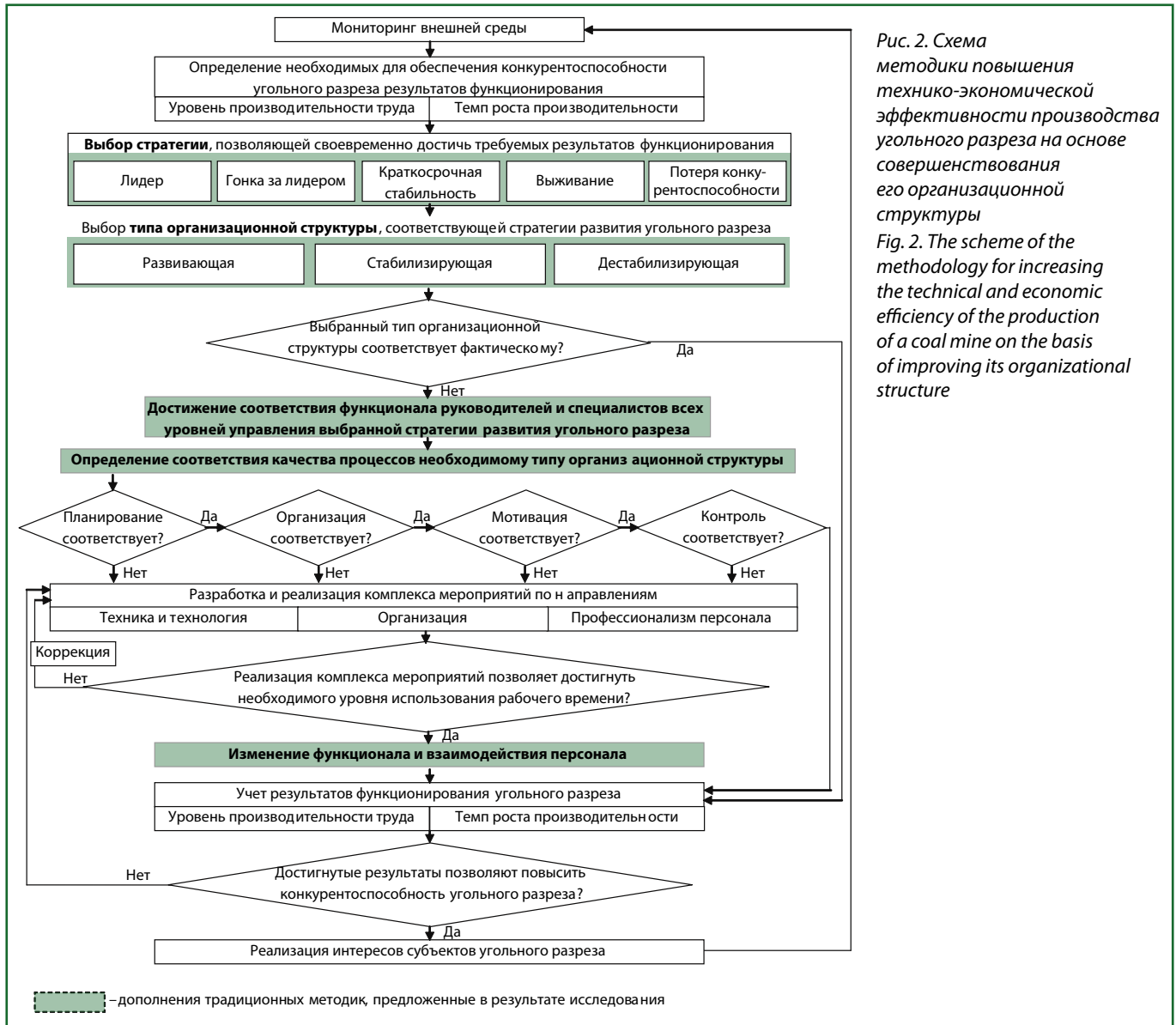


Рис. 2. Схема методики повышения технико-экономической эффективности производства угля на основе совершенствования его организационной структуры
 Fig. 2. The scheme of the methodology for increasing the technical and economic efficiency of the production of a coal mine on the basis of improving its organizational structure

2. Макаров А.М. Российское угледобывающее предприятие: от существующего к жизнеспособному. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 100 с.

3. Пикалов В.А. Методологические принципы формирования эффективных организационных систем высокопроизводительных угледобывающих предприятий: дис. ... докт. техн. наук. М., 2003. 265 с.

4. Петросов А.А. Стратегическое планирование, прогнозирование, экономические риски горного производства: учебное пособие для вузов. М.: Горная книга, 2009. 684 с.

5. Пикалов В.А., Лапаев В.Н., Савельев О.Ю. Особенности проектирования высокопроизводительных карьеров // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов. 2016. № 3. С. 392-395.

6. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С., Дьяченко К.И. Угольная промышленность России на мировом рынке угля: тенденции перспективного развития // Уголь. 2016. №7. С. 12-16. DOI: 10.18796/0041-5790-2016-7-12-16. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/072016.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).

7. Anthony S.D., Viguerie S.P., Waldeck A. Corporate Longevity; Turbulence Ahead for Large Organizations // Strategy & Innovation. 2016. Vol. 14. N 1. P. 1-9.

8. Development of organizational-economic relations as a condition of enterprise viability / T.A. Korkina, S.I. Zakharov, E.V. Golovanov, S.V. Aliukov / Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference: Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management and Global Growth. November 2017. P. 1662-1669.

9. The economist / Labor productivity. 2013. URL: <https://www.economist.com/graphic-detail/2013/02/19/labour-productivity> (дата обращения: 15.09.2019).

10. Артемьев В.Б., Килин А.Б., Галкин В.А. Проблемы формирования инновационной системы управления эффективностью и безопасностью производства в условиях финансового кризиса // Уголь. 2009. № 6. С. 24-27. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062009.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).

11. Галкин В.А., Ошаров А.В., Воробьева О.В. Персонал горнодобывающего предприятия – решающий фактор повышения безопасности и эффективности производства // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 11. Спецвыпуск № 62. С. 225-238.

12. Килин А.Б. Формирование инновационной организационной структуры угледобывающего производственного объединения: Отдельная статья // Горный информационно-аналитический бюллетень 2010. № 3. 28 с.

13. Подход к определению ценности персонала угледобывающего предприятия / А.Б. Килин, В.А. Азев, А.С. Костарев, Г.Н. Шаповаленко, А.В. Ошаров, И.В. Марьясов, М.Н. Полещук // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 6. С. 291-302.

14. Ошаров А.В., Захаров С.И. Анализ структуры рабочего времени руководителей на угольном разрезе / Организация и управление горным предприятием // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2014. Отдельный выпуск № 5. С. 159-168.

PRODUCTION SETUP

UDC 658.5:658.152.011.46:622.33.012.3 © V.V. Agafonov, A.V. Osharov, S.I. Zakharov, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 79-83
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-79-83>

Title

ORGANIZATION OF COMPETITIVE TECHNICAL SERVICE OF ENSURING OPERABILITY OF THE MINING-TRANSPORT EQUIPMENT

Authors

Agafonov V.V.¹, Osharov A.V.², Zakharov S.I.³

¹ National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

² "Izykhsky Open-pit mine" JSC, Belyi Yar village, Republic of Khakassia, 655650, Russian Federation

³ Institute of efficiency and safety of mining production ("NII OGR" LLC), Chelyabinsk, 454048, Russian Federation

Author's Information

Agafonov V.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor of Department of Mining institute, e-mail: msmu-prpm@yandex.ru

Osharov A.V., PhD (Engineering), General Director, e-mail: OsharovAV@suek.ru

Zakharov S.I., PhD (Economic), Head of Laboratory, e-mail: svzakharov@bk.ru

Abstract

The paper presents the methodological tools to improve the organizational structure, the use of which provides an increase in technical and economic efficiency of open-pit mine production. The main strategies of open-pit mine development are described from the position of achieving mutually agreed goals of its main subjects: the state, shareholders, employees. By the nature of the impact on the level and dynamics of the results of the coal mine operation, three types of organizational structures are identified: destabilizing, stabilizing developing. Types of organizational structures differ in the content of the functions of planning, organization, motivation and control, as well as the level of efficiency of the use of working time of managers. When destabilizing type of organizational structure based on functional relationships based on the principle of coercion of workers to duty, when stabilizing on formalizing actions and interactions of workers in the decision of the mutually agreed tasks and activities and when developing the engagement of employees at all levels of management in the proper performance of its functions and improvement of its activities. The scheme of transition to the required type of organizational structure, including the stages: the choice of development strategy and type of organizational structure of the open-pit mine, achieving compliance with the functional goals of the head and the development strategy of the open-pit mine, determining the quality of the processes of the selected type of organizational structure, changing the functionality and interaction of employees.

Keywords

Technical and economic efficiency, Organizational structure, Working time, Manager, Production setup, Open-pit mine.

References

- Ganitsky V.I. *Organizatsiya i upravlenie gornym proizvodstvom* [Organization and management of mining]. Moscow, Nedra Publ., 1991, 363 p. (In Russ.).
- Makarov A.M. *Rossiyskoe ugledobyvayushchee predpriyatie: ot sushchestvuyushchego k zhiznesposobnomu* [Russian coal mining enterprise from the existing to a viable]. Ekaterinburg, Ural office of RAS, 1997, 100 p. (In Russ.).
- Pikalov V.A. *Metodologicheskie principy formirovaniya effektivnykh organizatsionnykh sistem vysokoproizvoditel'nykh ugledobyvayushchih predpriyatij*. Diss. dokt. techn. nauk [Methodological principles of formation of effective organizational systems of high-performance coal mining enterprises. Dr. eng. sci. diss.]. Moscow, 2003, 265 p. (In Russ.).
- Petrosov A.A. *Strategicheskoe planirovanie, prognozirovanie, ekonomicheskie riski gornogo proizvodstva: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Strategic planning, forecasting, economic risks of mining: textbook for universities]. Moscow, Gornaya kniga Publ., 2009, 684 p. (In Russ.).
- Pikalov V.A., Lapaev V.N. & Savelyev O.Yu. *Osobennosti proektirovaniya vysokoproizvoditel'nykh kar'erov* [Design features of high-performance quarries]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispol'zovaniya mineralnykh resursov*

– *Science-Intensive technologies of development and use of mineral resources*, 2016, No. 3, pp. 392-395.

6. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. & Diyachenko K.I. *Ugol'naya promyshlennost' Rossii na mirovom rynke uglja: tendentsii perspektivnogo razvitiya* [Russia's coal industry on the world coal market: trends of prospective development]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2016, № 7, pp. 12-16. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2016-7-12-16. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/072016.pdf> (accessed 15.09.2019).

7. Anthony S.D., Viguerie S.P. & Waldeck A. *Corporate Longevity; Turbulence Ahead for Large Organizations*. *Strategy & Innovation*, 2016, Vol. 14, No. 1, pp. 1-9.

8. Korkina T.A., Zakharov S.I., Golovanov E.V. & Aliukov S.V. *Development of organizational-economic relations as a condition of enterprise viability*. Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference: Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management and Global Growth, November 2017, pp. 1662-1669.

9. *The Economist* / Labor productivity. 2013. Available at: <https://www.economist.com/graphic-detail/2013/02/19/labour-productivity> (accessed 15.09.2019).

10. Artemiev V.B., Kilin A.B. & Galkin V.A. *Problemy formirovaniya innovatsionnoy sistemy upravleniya effektivnost'yu i bezopasnost'yu proizvodstva v usloviyah finansovogo krizisa* [Problems of formation of innovative system of management of efficiency and safety of production in the conditions of financial crisis]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2009, No. 6, pp. 24-27. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/062009.pdf> (accessed 15.09.2019). (In Russ.).

11. Galkin A.V., Osharov A.V., Vorobyova O.V. *Personal gornodobyvayushchego predpriyatiya – reshayushchiy faktor povysheniya bezopasnosti i effektivnosti proizvodstva* [Personnel of the mining enterprise – a decisive factor in improving the safety and efficiency of production]. *Gorny Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2015, No. 11, Special issue No. 62, pp. 225-238. (In Russ.).

12. Kilin A.B. *Formirovanie innovatsionnoy organizatsionnoy struktury ugledobyvayushchego proizvodstvennogo ob'edineniya: Otdel'naya statya* [Formation of innovative organizational structure of coal mining production Association: Separate articles]. *Gorny Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2010, No. 3, 28 p. (In Russ.).

13. Kilin A.B., Azev V.A., Kostarev A.S., Shapovalenko G.N., Osharov A.V., Maryasov I.V. & Poleshchuk M.N. *Podhod k opredeleniyu nennosti personala ugledobyvayushchego predpriyatiya* [Approach to determining the values of personnel of coal mines]. *Gorny Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2013, No. 6, pp. 291-302. (In Russ.).

14. Osharov A.V. & Zakharov S.I. *Analiz struktury rabocheho vremeni rukovoditeley na ugol'nom razreze / Organizatsiya i upravlenie gornym predpriyatiem* [Analysis of the working time structure of managers at the open-pit coal mine. Organization and management of mining enterprise]. *Gorny Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2014, Separate issue No. 5, pp. 159-168. (In Russ.).

Received August 27, 2019

АО «Дальтрансуголь» отпраздновало 15-летие

Открыли торжества церемонией награждения лучших работников в Районном доме культуры. Празднование состоялось в конце августа 2019 г.

Награды вручил заместитель генерального директора – директор по логистике АО «СУЭК» **Денис Илатовский**: «На предприятии трудятся замечательные люди, достойные самого высокого уважения. Они являются ярким примером отношения к выбранной профессии, к своему делу. Всем известно, что ДТУ подошло к своему юбилею с целой чередой рекордов. В прошлом году на терминале поставили абсолютный рекорд в стране по суточной выгрузке угля – 130 239 тонн. В марте этого года погрузили самый крупный за всю историю морских портов России танкер дедвейтом 206 тысяч тонн. И надо отметить, что в этих цифрах, во всех достижениях вклад каждого работника, а в успехах трудового коллектива – мастерство и любовь к своему делу», – сказал он в поздравлении.

Сегодня фактическая мощность терминала составляет 30 млн т в год. Проект второй очереди был завершён в 2012 г., а развитие железнодорожной инфраструктуры терминала СУЭК стоимостью 3,5 млрд руб. – в 2017-м. В результате за последние 5 лет объём перевалки терминала увеличился на 62%, при этом мощность перевалки выросла в два раза и составила 24 млн т. Инвестиции с 2012 г. составили 8 млрд руб., в том числе 400 млн руб. было вложено в экологические программы. В 2018 г. началась реализация нового инвестиционного проекта – строительство третьей очереди. Стоимость этого проекта, который завершится в 2024–2025 гг., оценивается в сумму более 20 млрд руб. Новые мощности обеспечат увеличение перевалки в ДТУ до 40 млн т в год: новый третий тройной вагоноопрокид будет способен выгружать перспективные вагоны с нагрузкой на ось весом 27 т. Кроме того, будет построен новый причал, установлен дополнительный стакер-реклаймер, проведена модернизация склада.

Труд сотрудников АО «Дальтрансуголь» отмечен Почетными грамотами и Благодарностями как регионального правительства, так и федеральных министерств. Генерального директора АО «Дальтрансуголь» Владимира Долгополова наградили Почетной грамотой Министерства энергетики Российской Федерации, технический директор терминала Максим Березнев удостоен Почетной грамоты Министерства РФ по развитию Дальнего Востока и Арктики, Благодарности министра по развитию Дальнего Востока и Арктики получили начальник портового флота Борис Зурков и машинист тепловоза Петр Чёрный.

Высоко оценили работу сотрудников АО «Дальтрансуголь» и в правительстве Хабаровского края: финансовый директор компании Мария Аксенова и начальник финансово-экономического отдела Андрей Головатый награждены Почетными грамотами Министерства экономического развития Хабаровского края. Благодарности и Почетные грамоты от имени губернатора Хабаровского края Сергея Фургала вручены слесарю по ремонту и обслуживанию перегрузочных машин 6-го разряда Павлу Кудрявцеву, сменному диспетчеру Александру Пацкову, заместителю главного энергетика Андрею Паразину и докеру-механизатору Владимиру Ткачеву, директор по производству Владимир Франчишин награжден орденом «Бизнес-Слава». Также Почетными грамотами и Благодарностями Министерства промышленности и транспорта Хабаровского края награждены старший механик компании Виталий Алексеев, докер-механизатор Виктор Исаев, ведущий инженер по техническому надзору Диана Калабина, старший диспетчер Алексей Кузнецов, старший инженер Александр Панов, электрогазосварщики Дмитрий Каченков и Александр Мадумаров.

Продолжились празднования вечером того же дня на площади Мира, где прошел праздничный концерт, организованный предприятием.

«ДТУ и Ванино неотделимы, уже 15 лет мы живем в одном ритме с поселком, – с уверенностью говорит генеральный директор АО «Дальтрансуголь» **Владимир Долгополов**. – Мы участвуем во всех общественных акциях, зачастую выступая совместно с органами местного самоуправления, их организаторами. И наш юбилей, и День шахтера не стали исключением. Мы привыкли получать заслуженные награды за наш труд и наши успехи, но также любим делать подарки, к сегодняшнему юбилею мы подарили всем детям района детскую площадку «Каравелла», хотим, чтобы она радовала детвору. Наша компания празднует так же, как и работает: масштабно, ярко и с позитивным настроением. Мы знаем, что наш юбилей – это праздник всех жителей Ванино».

ЛУКОЙЛ

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



AVANTGARDE

ДВИГАТЕЛЬ ЗАЩИЩЁН

Расход
масла
на **55%**^{*}
ниже

Защита
от износа
в **3** раза^{*}
лучше

Стабильность
к окислению
в **2** раза^{*}
выше

ОДОБРЕНО: Scania / Volvo / Mercedes-Benz / Renault / MAN / MTU

* По сравнению с требованиями ACEA E4.

РЕКЛАМА

Сохранение монтажной камеры для повторного использования в качестве вентиляционной выработки и организации запасного выхода

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-86-91>

СОЛДАТОВ С.А.

Технический директор
АО «Угольная компания «Северный Кузбасс»,
652427, г. Берёзовский, Россия

РАЙКО Г.В.

Заместитель директора по проектным работам
ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
630090, г. Новосибирск, Россия,
e-mail: tehotdelrank2@mail.ru

ПОЗОЛОТИН А.С.

Канд. техн наук,
директор ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
630090, г. Новосибирск, Россия,
e-mail: Pozalex@mail.ru

САМОК А.В.

Директор по проектным работам
ООО «РАНК 2»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: SamokAV@rank42.ru

ЗИНЯКОВ С.А.

Главный технолог
шахты «Первомайская»
АО «Угольная компания «Северный Кузбасс»,
652427, г. Берёзовский, Россия

В статье рассмотрен опыт применения технологии двухуровневого крепления монтажной камеры с целью ее сохранения для повторного использования в качестве вентиляционной выработки и организации запасного выхода при работе очистного забоя в условиях шахты «Первомайская» АО УК «Северный Кузбасс». Приведены результаты научных исследований, представлены схемы крепления выработки и ее сопряжения.

Ключевые слова: сохранение, монтажная камера, двухуровневое крепление, анкеры глубокого заложения, шахта, выработка, повторное использование, усиление, канатные анкеры.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение выработок на границе с выработанным пространством является эффективным направлением, поскольку не требует значительных объемов капитальных затрат на проходку и крепление вскрывающих выработок.

В соответствии с планом развития горных работ и действующей проектной документацией на отработку лавы № 412 пласта XXIV шахты «Первомайская» АО УК «Северный Кузбасс» ее необходимо обеспечивать определенным расчетным количеством воздуха для проветривания, а также иметь запасный выход в случае возникновения аварийной ситуации. Учитывая горно-геологические и горнотехнические особенности месторождения на данном участке, технической службой шахты, совместно со специалистами ООО НИЦ-ИПГП «РАНК», было принято решение о сохранении монтажной камеры 412 на границе с выработанным пространством на весь период отработки лавы № 412.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ДВУХУРОВНЕВОМУ КРЕПЛЕНИЮ МОНТАЖНОЙ КАМЕРЫ С ЦЕЛЬЮ ЕЕ СОХРАНЕНИЯ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Как правило, в качестве выработок, сохраняемых на границе с выработанным пространством, используют выемочные штреки (конвейерный, вентиляционный), пройденные по простиранию пласта. Уникальность данной работы состоит в том, что сохраняется выработка (монтажная камера) на границе с выработанным пространством, пройденная по падению пласта.

Монтажная камера 412 пройдена по пласту XXIV на глубине 120-150 м от поверхности. Проходка выработки осуществлялась в соответствии с действующей нормативной документацией [1, 2].

Пласт XXIV характеризуется следующими горно-геологическими условиями: основная кровля пласта мощностью 18-20 м представлена среднезернистым крепким песчаником; прочность на сжатие - 83 МПа; кровля тяжелая, трудноуправляемая. Непосредственная кровля пласта общей мощностью 1,5-1,8 м представлена алевролитом либо песчаником прочностью от 40 до 70 МПа, мощностью 0,1-1,7 м. Пласт XXIV простого строения мощ-

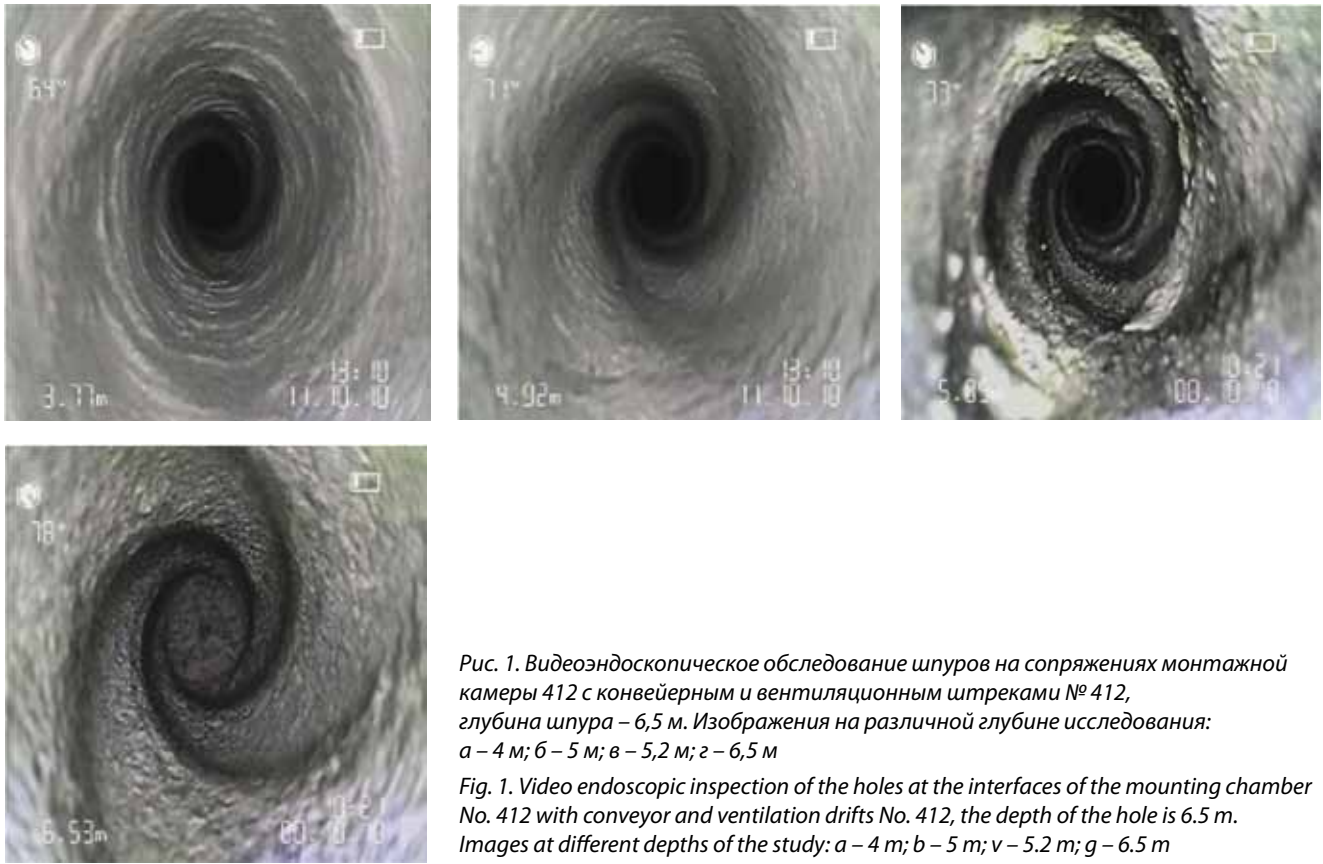


Рис. 1. Видеоэндоскопическое обследование шпуров на сопряжениях монтажной камеры 412 с конвейерным и вентиляционным штреками № 412, глубина шпура – 6,5 м. Изображения на различной глубине исследования: а – 4 м; б – 5 м; в – 5,2 м; г – 6,5 м

Fig. 1. Video endoscopic inspection of the holes at the interfaces of the mounting chamber No. 412 with conveyor and ventilation drifts No. 412, the depth of the hole is 6.5 m. Images at different depths of the study: a – 4 m; b – 5 m; v – 5.2 m; g – 6.5 m

ностью 0,71-1,21 м представлен полублестящей разновидностью с прослоем крепкого, матового, расположенного в верхней части пласта мощностью 0,2-0,4 м. Прочность угля на сжатие – 10-13 МПа. Пласт отнесен к угрожаемым по горным ударам с глубины 150 м и угрожаемым по внезапным выбросам угля и газа с глубины 300 м.

С целью выбора оптимальных параметров крепи, обеспечивающих безаварийное поддержание монтажной камеры на протяжении всего срока службы, была выполнена оценка деформационного состояния массива пород кровли при помощи видеоэндоскопа. Исследования проводились на сопряжениях монтажной камеры 412 с вентиляционным и конвейерным штреками.

В процессе проведения исследований расслоений, оказывающих влияние на устойчивость приконтурного массива, не выявлено (рис. 1).

Параметры крепи монтажной камеры приняты на основании методики расчета, представленной в ФНИП «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» [3] с учетом горно-геологических особенностей месторождения. Сохраняемую часть монтажной камеры 412 шириной 3,1 м рекомендовано крепить анкерами АКМ20.01 длиной 2,2 м с шагом установки 0,8 м (рис. 2).

При разработке документации по креплению монтажной камеры был учтен многолетний опыт расчетов параметров анкерной крепи для уголь-

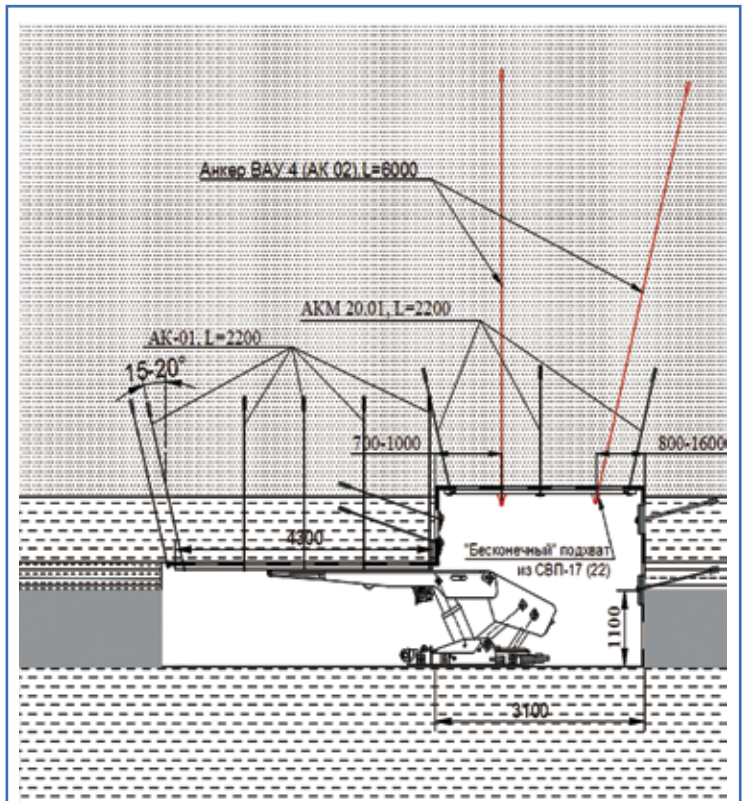


Рис. 2. Схема крепления монтажной камеры
Fig. 2. Mounting chamber mounting diagram

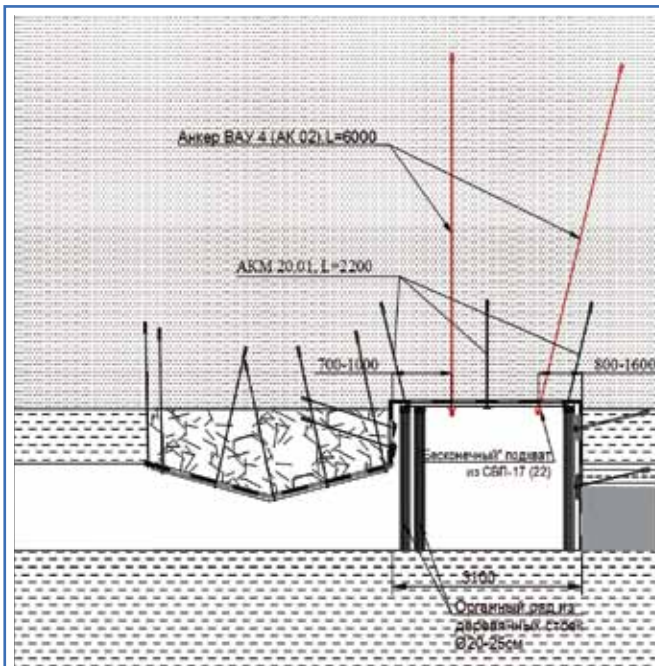


Рис. 3. Монтажная камера после выхода механизированного комплекса (сечение)
 Fig. 3. The mounting chamber after the exit of the mechanized complex (section)

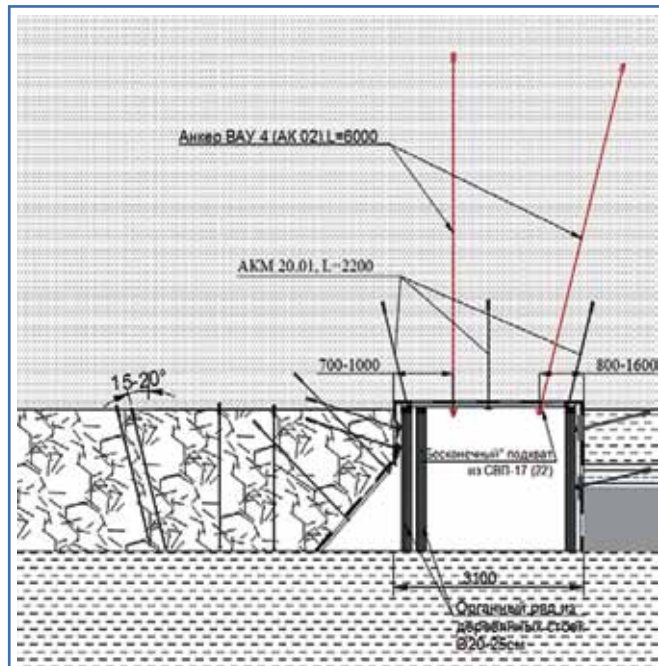


Рис. 4. Обрушение кровли после первичной посадки и сохранение монтажной камеры (сечение)
 Fig. 4. The collapse of the roof after the initial landing and the preservation of the mounting chamber (section)

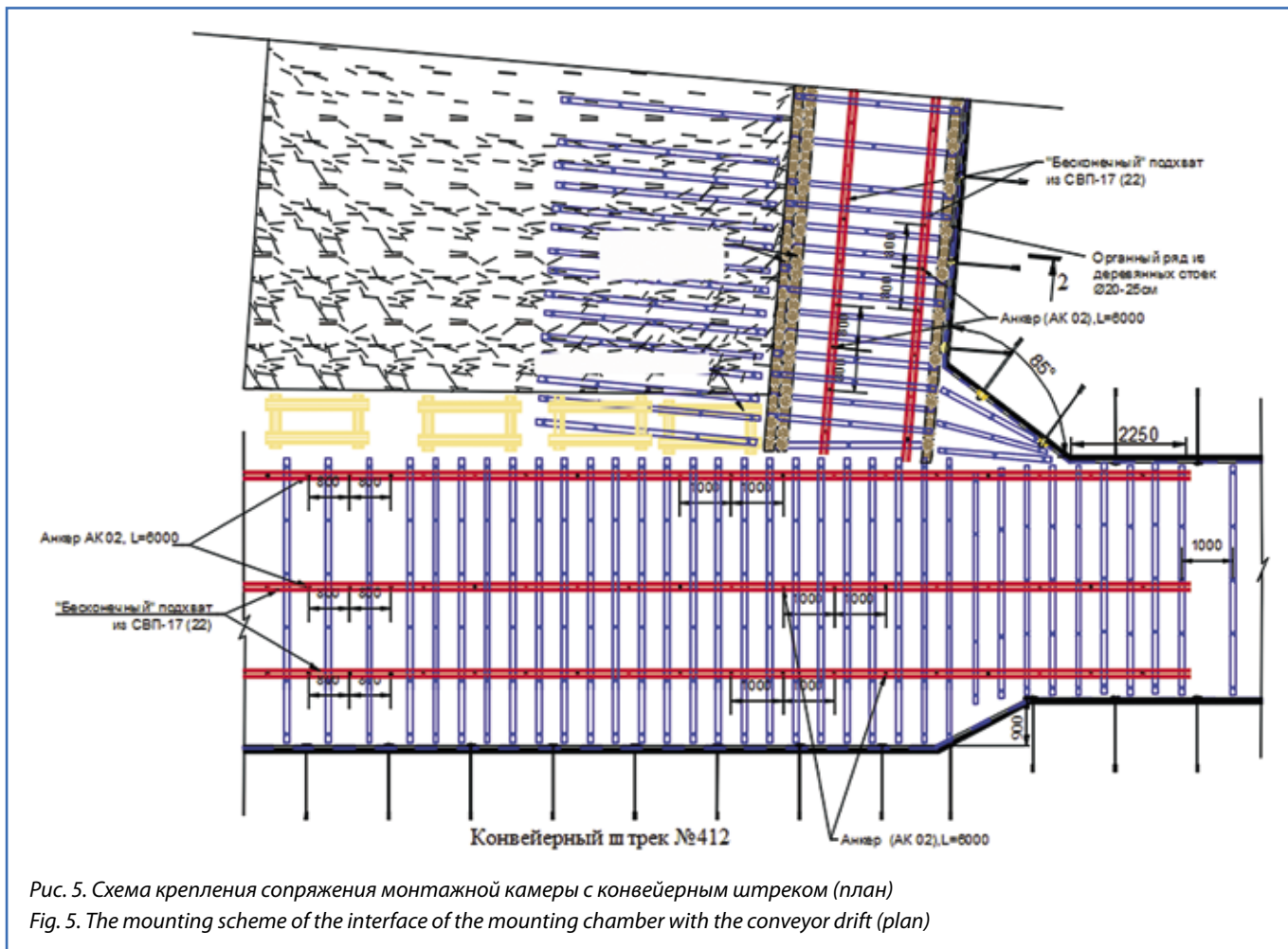


Рис. 5. Схема крепления сопряжения монтажной камеры с конвейерным штрехом (план)
 Fig. 5. The mounting scheme of the interface of the mounting chamber with the conveyor drift (plan)

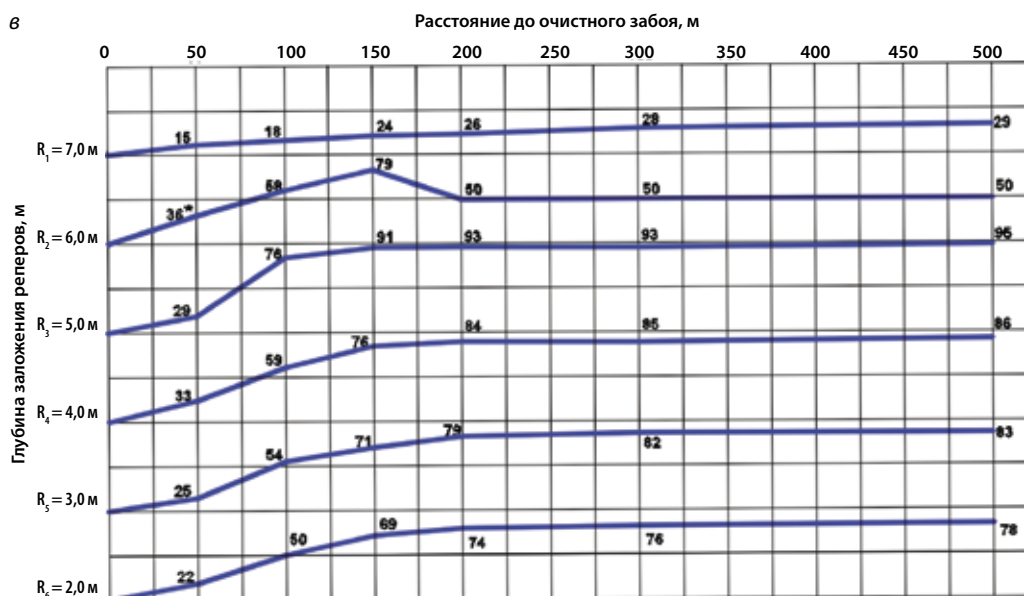
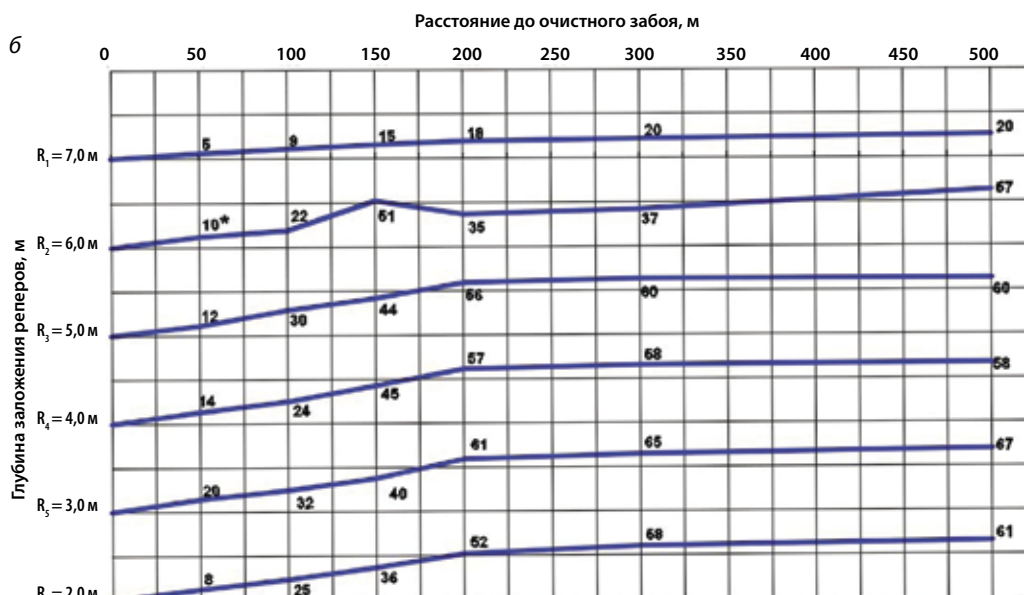
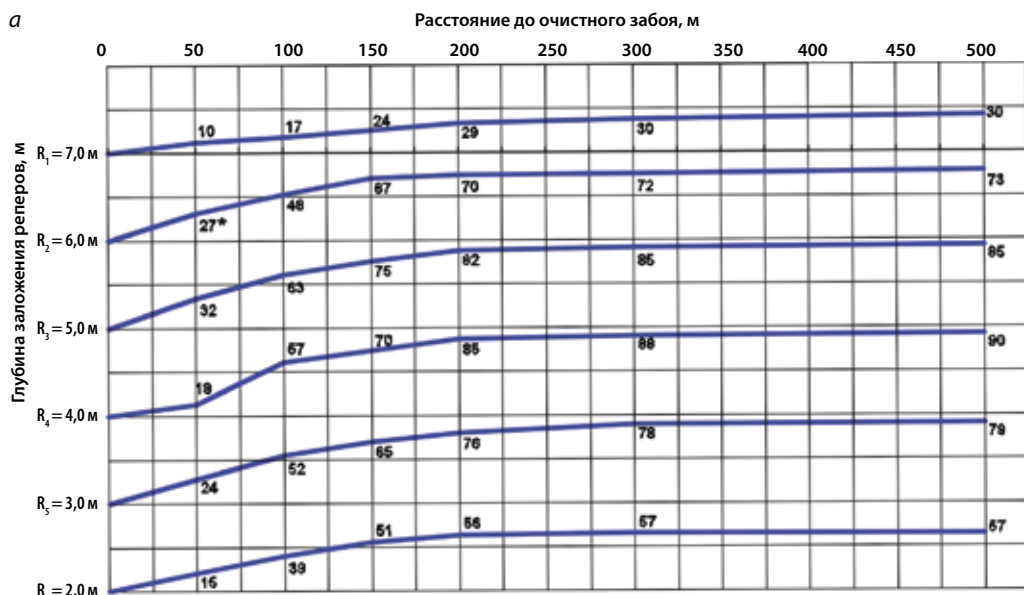


Рис. 7. Зависимости смещений (мм) глубинных реперов РГ-6 в монтажной камере 412 на замерных станциях:

а - станция 1;
б - станция 2;
в - станция 3

Fig. 7. Dependencies of displacements (mm) of RG-6 depth rappers in mounting chamber No. 412 at metering stations:

a - station 1;
b - station 2;
at - station 3

ко шахты «Первомайская», но и на других шахтах Кузбасса. Для этого необходимо провести предварительные исследования деформационного состояния пород кровли в проводимой монтажной камере, на основании полученных результатов произвести расчет крепи с обоснованием применяемой технологии крепления и осуществлять мониторинг за состоянием крепи в процессе эксплуатации выработки.

Список литературы

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 40. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2018. 198 с.
2. СП 91.13330.2012 Свод правил. Подземные горные выработки. (Актуализированная редакция СНиП II-94-80), утвержденный приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 г. № 283.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Серия 05. Выпуск 42. М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2015. 186 с.
4. Ануфриев В.Е., Лупий М.Г. Опыт применения канатных анкеров в качестве крепи усиления демонтажных камер

и выработок, поддерживаемых на границе с выработанным пространством, и методика расчета их параметров. Кемерово: Институт угля и углекислоты СО РАН, 2008. 220 с.

5. Широков А.П., Писляков Б.Г. Расчет и выбор крепи сопряжений горных выработок. М.: Недра, 1978. 304 с.
6. Цимбаревич П.М. Механика горных пород. М.: Углетехиздат, 1948. 184 с.
7. Борщ-Компониц В.И. Практическая механика горных пород. М.: Горная книга, 2013. 322 с.
8. Pivnyak G., Bondarenko V., Kovalevs'ka I. Mining of Mineral Deposits. London, UK: Taylor & Francis Group, 2013. 384 p.
9. Abzalov M. Applied Mining Geology. Australia, 2016. 443 p.
10. Zong-Xian Zhang. Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications. Longyearbyen, Svalbard, Norway, 2015. 487 p.
11. John A. Hudson. Rock Engineering Risk. London, UK: Taylor & Francis Group, 2015. 596 p.
12. Geomechanics of Mine Workings Support Systems / V. Bondarenko, I. Kovalevska, H. Symanovych, M. Barabash O. Vivcharenko. London, UK: Taylor & Francis Group, 2018. 231 p.

SUBSOIL USE

UDC 622.016.5:622.453:622.831.245 © S.A. Soldatov, G.V. Raiko, A.S. Pozolotin, A.V. Samok, S.A. Zinyakov, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 86-91
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-86-91>

Title

PRESERVING THE INSTALLATION CHAMBER FOR REUSE AS A VENTILATION OUTLET AND ORGANIZING AN EMERGENCY EXIT

Authors

Soldatov S.A.¹, Raiko G.V.², Pozolotin A.S.², Samok A.V.³, Zinyakov S.A.¹

¹ "Severnii Kuzbass" Coal Company JSC, Berezovskiy, 652427, Russian Federation

² NITS-IPGP "RANK" LLC [Scientific Research Center - Institute of Design of Mining Enterprises "RANK"], Novosibirsk, 630090, Russian Federation

³ "RANK 2" LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors' Information

Soldatov S.A., Technical Director

Raiko G.V., Deputy Director of Projects, e-mail: tehotdelrank2@mail.ru

Pozolotin A.S., PhD (Engineering), Director, e-mail: Pozalex@mail.ru

Samok A.V., Director of Projects, e-mail: SamokAV@rank42.ru

Zinyakov S.A., Chief technologist of "Pervomayskaya" mine

Abstract

The paper discusses the experience of applying the technology of two-level mounting of the mounting chamber with the aim of preserving it for reuse as a ventilation outlet and organizing an emergency outlet when working the face in the "Pervomayskaya" mine of "Severnii Kuzbass" Coal Company JSC. The results of scientific research are presented, the schemes of fastening the working and its pairing.

Keywords

Preserving, Mounting chamber, Two-level fastening, Deep-laid anchors, Mine, Production, Reuse, Reinforcement, Rope anchors.

References

1. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh" [Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Coal Mine Safety Regulations"]. Series 05. Issue 40. Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2018, 198 p. (In Russ.).
2. SP 91.13330.2012 *Svod pravil. Podzemnyye gornyye vyrabotki*. (Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP II-94-80), utverzhdennoy prikazom Ministerstvom regional'nogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 30 iyunya 2012 g. №283 [SP 91.13330.2012 Code of practice. Underground mining. (Updated version of SNiP II-94-80), approved by order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation dated June 30, 2012, No. 283]. (In Russ.).

3. Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti "Instruktsiya po raschetu i primeneniyu ankernoy krepki na ugolnykh shakhtakh" [Federal rules and regulations in the field of industrial safety "Instructions for the calculation and application of roof bolting in coal mines"]. Series 05. Issue 42. Moscow, NTTs PB JSC Publ., 2015, 186 p. (In Russ.).

4. Anufriyev V.Ye. & Lupiy M.G. *Opyt primeneniya kanatnykh ankerov v kachestve krepki usileniya demontazhnykh kamer i vyrabotok, podderzhivayemykh na granitse s vyrabotannym prostranstvom i metodika raschota ikh parametrov* [The experience of using rope anchors as a lining for reinforcing dismantling chambers and workings supported at the border with a worked-out space and a method for calculating their parameters]. Kemerovo, Institut uglya i uglekhimii SO RAN Publ., 2008, 220 p. (In Russ.).

5. Shirokov A.P. & Pisyakov B.G. *Raschet i vybor krepki sopryazheniy gornykh vyrabotok* [Calculation and selection of lining mines]. Moscow, Nedra Publ., 1978, 304 p. (In Russ.).

6. Tsimbarevich P.M. *Mekhanika gornykh porod* [Rock mechanics]. Moscow, Ugletekhizdat Publ., 1948, 184 p. (In Russ.).

7. Borshch-Komponiets V.I. *Prakticheskaya mekhanika gornykh porod* [Practical mechanics of rocks]. Moscow, Gornaya Kniga Publ., 2013, 322 p. (In Russ.).

8. Pivnyak G., Bondarenko V. & Kovalevska I. *Mining of Mineral Deposits*. London, UK, Taylor & Francis Group, 2013, 384 p.

9. Abzalov M. *Applied Mining Geology*. Australia, 2016, 443 p.

10. Zong-Xian Zhang. *Rock Fracture and Blasting. Theory and Applications*. Longyearbyen, Svalbard, Norway, 2015, 487 p.

11. John A. Hudson. *Rock Engineering Risk*. London, UK, Taylor & Francis Group, 2015, 596 p.

12. Bondarenko V., Kovalevska I., Symanovych H., Barabash M. & Vivcharenko O. *Geomechanics of Mine Workings Support Systems*. London, UK, Taylor & Francis Group, 2018, 231 p.

Received September 09, 2019

Нелинейная математическая модель динамической системы трещиноватости в минералах углевмещающих горных пород

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-92-94>**ХАЛКЕЧЕВ К.В.**

Доктор физ.-мат. наук,
доктор техн. наук,
профессор кафедры «Математика»
НИТУ «МИСЦ»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: h_kemal@mail.ru

Следуя общей схеме методологии математического моделирования, разработана содержательная модель процесса распространения трещин в минералах углевмещающих горных пород при монотонно возрастающем внешнем поле напряжений (горном давлении), которое реализуется при безвзрывной технологии добычи полезных ископаемых. Трещины взаимодействуют между собой следующим образом: более длинные трещины не дают распространяться мелким, в свою очередь, мелкие – препятствуют распространению длинных трещин путем торможения. На основании содержательной модели построена нелинейная математическая модель динамической системы трещиноватости в минералах углевмещающих горных пород. Она сводится к системе нелинейных дифференциальных уравнений, из которой по начальным концентрациям определяется концентрация трещин в любой момент времени. Из анализа решения данной системы уравнений установлено, что численности концентрации малых и крупных трещин совершают периодические колебания вокруг положения равновесия.

Ключевые слова: концентрация трещин, динамическая система, трещиноватость, разрушение, углевмещающая порода, математическая модель, внешнее поле напряжений, положение равновесия.

ВВЕДЕНИЕ

Динамика изменения трещиноватости в углевмещающих геоматериалах играет определяющую роль в прогнозировании разрушения и, как следствие, в обеспечении устойчивости бортов угольных разрезов и шахт. Причем этот процесс изменения трещиноватости не поддается непосредственному наблюдению, что затрудняет экспериментальное изучение, которое сводится в основном к контролю и не позволяет определить общие закономерности исследуемого процесса. Обзор работ в данном направлении приведен в статье [1]. Существующие математические модели, представленные в работах [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8], не учитывают взаимодействия трещин между собой, что заметно искажает реальную картину разрушения – основного процесса, сопровождающего добычу полезных ископаемых.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Следуя общей схеме построения математических моделей, построим содержательную модель. При безвзрывной технологии добычи полезных ископаемых следует ожидать монотонно возрастающее внешнее поле напряжений (горное давление), ведущее к распространению имеющихся трещин, вероятность же образования новых трещин пренебрежимо мала. При этом существующие трещины имеют различную длину и взаимодействуют между собой. Более длинные трещины «экранируют» более мелкие и не дают им распространяться, в свою очередь, мелкие – препятствуют распространению длинных трещин путем торможения. На ранней стадии трещины образуются в зернах, затем отдельные из них, благоприятно ориентированные по отношению к внешнему напряжению, распространяются уже на уровне минералов. На основании данной содержательной модели построим математическую модель.

Рассмотрим трещиноватую неограниченную среду, содержащую препятствующие друг другу два вида трещин: трещины в зернах минералов и трещины в минералах, характерные размеры которых равны или больше характерных размеров элементарного объема, но меньше размеров минерала в целом. Эта среда находится под действием внешнего поля сжимающих напряжений, принципы определения которых изложены в работах [9, 10]. При этом они могут быть учтены опосредованно в рамках теории автономных динамических систем [11] с помощью экспертной системы [12]. Концентрацию n малых и N больших трещин определим как отношение характерного размера трещин к характерному размеру элементарного объема. Тогда рост трещины будет восприниматься как рост концентрации. Данная математическая модель сводится к нелинейной системе уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= (k_1 - k_2 n)N, \\ \frac{dn}{dt} &= (-k_3 + k_4 N)n, \quad k_1 > 0, \quad k > 0. \end{aligned} \quad (1)$$

Из этой системы уравнений по начальным концентрациям $N(0) = N(t=0)$, $n(0) = n(t=0)$ определяется концентрация трещин в любой момент $t > 0$. Нелинейную систему (1) лучше исследовать в переменных N, n , для чего исключим дифференциал по времени:

$$\frac{dN}{dn} = \frac{(k_1 - k_2 n)N}{(-k_3 + k_4 N)n}. \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2) имеют стационарное решение в виде:

$$N_0 = \frac{k_3}{k_4}, n_0 = \frac{k_1}{k_2}, \quad (3)$$

Это соответствует положению равновесия. Чтобы решить вопросы устойчивости положения равновесия и определить динамику трещиноватости исследуем уравнение (2). В результате это уравнение, что то же самое, система (1) имеет решение в виде интеграла:

$$N^{k_3} e^{-k_4 N} = C n^{-k_4} e^{k_2 n}, \quad C > 0. \quad (4)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существование интеграла (4) дает возможность сделать следующие выводы.

1. Если начальная концентрация трещин будет равна значению ее в положении равновесия, т.е. $N(0) = N(t=0)$, $n(0) = n(t=0)$, то во все моменты времени численности концентрации как малых, так и крупных трещин не меняются.

2. При малых отклонениях от положения равновесия функции $N(t)$ и $n(t)$ совершают колебания относительно равновесных значений и удовлетворяют стандартному уравнению колебаний, получаемому из системы (1).

3. Если отклонение от положения равновесия велико, то поведение функций $N(t)$, $n(t)$ такое же, как и в случае уравнения (2).

Полученные выводы означают, что численности концентрации малых и крупных трещин совершают периодические колебания вокруг положения равновесия. Амплитуда колебаний и их период определяются начальными значениями численностей концентрации малых и крупных трещин, они совершаются в противофазе: максимальному значению крупных трещин $N(t)$ соответствует минимальное значение малых трещин $n(t)$, и наоборот.

Список литературы

1. Кривошеев И.А., Шамурина А.И. Чувствительный метод контроля изменения трещиноватости в массиве горных пород // Дефектоскопия. 2013. № 9. С. 62-67.

2. Ислямова А.А. Моделирование влияния трещиноватости и пористости горных пород на сейсмический сигнал // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11-5. С. 62-67.

3. Study on gas-bearing coal seam destabilization based on the improved Lippmann model and stress wave theory / G. Wang, X. Liu, H. Xu et al. // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2018. Vol. 56. P. 334-341.

4. Strength criterion effect of the translator and destabilization model of gas-bearing coal seam / G. Wang, R. Wang, M. Wu et al. // International Journal of Mining Science and Technology. 2019. Vol. 29. P. 327-333.

5. Numerical investigation of the effects of coal seam dip angle on coal wall stability / Q. Yao, X. Li, B. Sun et al. // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2017. Vol. 100. P. 298-309.

6. Wang J., Wang Z., Yang S. A coupled macro- and meso-mechanical model for heterogeneous coal // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. 2017. Vol. 94. P. 64-81.

7. Прогноз устойчивости углевмещающих пород по геофизическим данным / Н.Н. Гриб, П.Ю. Кузнецов, А.А. Сясько, А.В. Качаев // Фундаментальные исследования. 2013. № 6 (Ч. 2). С. 397-401.

8. Гриб Н.Н., Кузнецов П.Ю. Прогнозирование физико-механических свойств углевмещающих пород на основе данных геофизических исследований скважин и математического аппарата марковской нелинейной статистики // Уголь. 2018. № 1. С. 68-73. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-1-68-73. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/012018.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).

9. Халкечев Р.К., Халкечев К.В. Математическое моделирование неоднородного упругого поля напряжений породного массива кристаллической блочной структуры // Горный журнал. 2016. № 3. С. 200-205.

10. Халкечев Р.К., Халкечев К.В. Управление селективностью разрушения при дроблении и измельчении геоматериалов на основе методов подобия и размерности в динамике трещин // Горный журнал. 2016. № 6. С. 64-66.

11. Халкечев Р.К. Нечеткая математическая модель изменения концентрации трещин в минерале под действием внешней нагрузки // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № 6. С. 97-105.

12. Халкечев Р.К. Экспертная система разработки математических моделей геомеханических процессов в породных массивах // Горный журнал. 2016. № 7. С. 96-98.

UDC 622.831.312:622.023.62:51.001.57 © K.V. Khalkechev, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 92-94
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-92-94>

Title

NONLINEAR MATHEMATICAL MODEL OF THE FRACTURING DYNAMIC SYSTEM IN MINERALS OF COAL-BEARING ROCKS

Author

Khalkechev K.V.¹

¹ National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

Authors' Information

Khalkechev K.V., Doctor of Physico-Mathematical Science, Doctor of Engineering Sciences, Professor of "Mathematics" department, e-mail: h_kemal@mail.ru

Abstract

Following the general scheme of the mathematical modeling methodology, it has been developed a meaningful description model of cracks propagation

in minerals of coal-bearing rocks with a monotonically increasing external stress field (rock pressure), which is realized with the non-explosive mining technology. According to this model cracks in coal-bearing rocks interact with each other as follows: longer cracks do not allow small ones to spread, while small cracks in turn prevent the long cracks from spreading by braking. Based on meaningful description model, a nonlinear mathematical model of fracturing in minerals of coal-bearing rocks as a dynamic system has been developed. It reduces to a system of nonlinear differential equations, from

which the initial concentration determines the concentration of cracks at any modeling time. The analysis of this system of equations shows that the value of small and large cracks concentrations perform periodic oscillations around the equilibrium position.

Keywords

Crack concentration, Dynamic system, Fracture, Destruction, Coal-bearing rock, Mathematical model, External stress field, Equilibrium state.

References

1. Krivosheyev I.A. & Shamurina A.I. Chuvstvitel'nyy metod kontrolya izmeneniya treshchinovosti v massive gornyx porod [A sensitive method for controlling changes in fracture in a rock mass]. *Defektoskopiya – Flaw detection*, 2013, No. 9, pp. 62-67. (In Russ.).
2. Islyamova A.A. Modelirovaniye vliyaniya treshchinovosti i poristosti gornyx porod na seismicheskiy signal [Modeling the effect of fracturing and porosity of rocks on a seismic signal]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal – International Scientific and Research Journal*, 2016, No. 11-5, pp. 62-67. (In Russ.).
3. Wang G., Liu X., Xu H. et al. Study on gas-bearing coal seam destabilization based on the improved Lippmann model and stress wave theory. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2018, Vol. 56, pp. 334-341.
4. Wang G., Wang R., Wu M. et al. Strength criterion effect of the translator and destabilization model of gas-bearing coal seam. *International Journal of Mining Science and Technology*, 2019, Vol. 29, pp. 327-333.
5. Yao Q., Li X., Sun B. et al. Numerical investigation of the effects of coal seam dip angle on coal wall stability. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 2017, Vol. 100, pp. 298-309.
6. Wang J., Wang Z. & Yang S. A coupled macro- and meso-mechanical model for heterogeneous coal. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 2017, Vol. 94, pp. 64-81.
7. Grib N.N., Kuznetsov P.Yu., Syasyko A.A. & Kachayev A.V. Prognoz us-toychivosti uglevmeshchayushchikh porod po geofizicheskim dannym [Stability forecast of carbon-bearing rocks according to geophysical

data]. *Fundamental'nyye issledovaniya – Basic research*, 2013, No. 6 (Part 2), pp. 397-401. (In Russ.).

8. Grib N.N. & Kuznetsov P.Yu. Prognozirovaniye fiziko-mekhanicheskikh svoystv uglevmeshchayushchih porod na osnove dannyh geofizicheskikh issledovaniy skvazhin i matematicheskogo apparata markovskoy nelineynoy statistiki [Forecasting physical and mechanical properties of coal-bearing rocks based on the well logging data and mathematical tool of Markov non-linear statistics]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, No. 1, pp. 68-73. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-1-68-73. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/012018.pdf> (accessed 15.09.2019).
9. Khalkechev R.K. & Khalkechev K.V. Matematicheskoye modelirovaniye neodnorodnogo uprugogo polya napryazheniy porodnogo massiva kristallicheskoy blochnoy struktury [Mathematical modeling of an inhomogeneous elastic stress field of a rock mass of a crystalline block structure]. *Gornyy Zhurnal – Mining Journal*, 2016, No. 3, pp. 200-205. (In Russ.).
10. Khalkechev R.K. & Khalkechev K.V. Upravleniye selektivnost'yu razrusheniya pri droblenii i izmel'chenii geomaterialov na osnove metodov podobiya i razmernosti v dinamike treshchin [Destruction selectivity control during crushing and grinding of geomaterials based on similarity and dimension methods in crack dynamics]. *Gornyy Zhurnal – Mining Journal*, 2016, No. 6, pp. 64-66. (In Russ.).
11. Khalkechev R.K. Nechetkaya matematicheskaya model' izmeneniya kontsentratsii treshchin v minerale pod deystviyem vneshney nagruzki [Vague mathematical model of changes in the concentration of cracks in a mineral under the influence of an external load]. *Gornyye Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2019, No. 6, pp. 97-105. (In Russ.).
12. Khalkechev R.K. Ekspertnaya sistema razrabotka matematicheskikh model-ey geomekhanicheskikh protsessov v porodnykh massivakh [Expert system development of mathematical models of geomechanical processes in rock masses]. *Gornyy Zhurnal – Mining Journal*, 2016, No. 7, pp. 96-98. (In Russ.).

Received September 10, 2019

РЕКЛАМА

НПП ЗАВОД МДУ
 ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
**«ЗАВОД МОДУЛЬНЫХ
 ДЕГАЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК»**

**ОБОРУДОВАНИЕ
 ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ
 МЕТАНА**

МЕТАН ПОД КОНТРОЛЕМ!

РОССИЯ
 Г. НОВОКУЗНЕЦК
 ШОССЕ СЕВЕРНОЕ, 8

WWW.ZAVODMDU.RU
 INFO@ZAVODMDU.RU
 ТЕЛ.: +7 (3843) 991-991

На шахте «Усковская» Распадской угольной компании запущена новая лава

4 сентября 2019 г. на шахте «Усковская» введен в эксплуатацию выемочный участок лавы № 50-22 с запасами 1 млн 638 тыс. т угля.

Лава протяженностью 1700 м расположена в западной части южного крыла шахтного поля. Это предпоследняя лава пласта 50, запланированная к отработке до перехода на пласт 48. При подготовке очистного фронта пройдено около 9 км горных выработок.

Забой оснащен высокоэффективным оборудованием мировых производителей. Для безопасной работы горняков в лаве проведена дегазация. Ввод в эксплуатацию новой лавы позволит выполнить поставленную перед коллективом шахты «Усковская» задачу по годовым объемам добычи угля марки ГЖ. Окончательно освоить запасы лавы планируют к началу второго квартала 2020 г.

Шахта «Усковская» добывает коксующийся уголь марки ГЖ, который после обогащения на ЦОФ «Кузнецкая» и «Абашевская» отгружается на металлургические предприятия ЕВРАЗ. Также он пользуется спросом у сторонних потребителей в Польше, Словакии, Венгрии.

Шахта «Усковская», ЦОФ «Кузнецкая» и ЦОФ «Абашевская» находятся под управлением ООО «Распадская угольная компания», которая осуществляет функции управляющей организации в отношении угольных активов ПАО «Распадская» и ОАО «ОУК «Южжубассуголь» (входят в состав ЕВРАЗ).

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫХ ПРОБ



ВАЛКОВАЯ ДРОБИЛКА VK



НАКОПИТЕЛЬ ПРОБ С ДЕЛИТЕЛЕМ РКТ



ВРАЩАЮЩИЙСЯ ТРУБЧАТЫЙ ДЕЛИТЕЛЬ DFP



ШНЕКОВЫЙ ПРОБООТВОРНИК SCR



ГРОХОТ VS



АВТОМАТИЧЕСКИЙ НАКОПИТЕЛЬ ПРОБ РК

ТЕХНОЛОГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГОРЕНИЯ И ВЫБРОСОВ ДЛЯ УГОЛЬНЫХ ТЭЦ И ГРЭС



РЕКЛАМА

ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИМПЭКС ИНДАСТРИ

8 (800) 302-06-70
8 (812) 405-06-70
info@impexindustry.ru

Автотренажер БелАЗ появился на Харанорском разрезе СУЭК

В новом капитально отремонтированном классе для автомобилистов учебно-курсового пункта АО «Разрез Харанорский», входящего в состав СУЭК, запустили в эксплуатацию автотренажер Forward БелАЗ (кабина на динамической платформе).



Автотренажер предназначен для обучения водителей карьерных самосвалов, совершенствования и коррекции имеющихся навыков управления у водителей с разным уровнем подготовки, повышения их квалификации.

Что же представляет собой тренажер-симулятор «Forward. Карьерный самосвал» – это оригинальная ка-



бина самосвала БелАЗ, экран с диагональю 47 дюймов, два экрана с диагональю 32 дюйма, электронная панель приборов, органы управления: педали, рычаги, рулевое управление. Также вне кабины имеется место инструктора с тремя мониторами размером 22 дюйма, система видеонаблюдения и двухсторонней аудиосвязи.

Преимущества автотренажера Forward в том, что в его конструкции используются все основные органы управления автомобилем, действующая приборная панель, а в качестве программного обеспечения установлена профессиональная версия учебного симулятора Forward, специально адаптированная для работы в составе тренажера.

Начальник технологической колонны АО «Разрез Харанорский» **Геннадий Чернолихов** о возможностях тренажера: «Мы установили новый тренажер в учебном пункте, который представляет из себя реальную кабину БелАЗа, грузоподъемностью 220 т. Установка этого тренажера поможет нам повысить квалификацию водителей, которых мы будем обучать в нашем учебном пункте, а также квалификацию действующих водителей, которые работают в данное время. Подготовив профессиональные кадры, мы сможем обеспечить безопасность труда и увеличить объемы вскрыши, и тем самым повысить производительность труда».

Внедрение в обучение автотренажера позволит надежно, эффективно и безопасно эксплуатировать многотонные карьерные самосвалы.

Локальные очистные сооружения установлены на Харанорском разрезе

Для АО «Разрез Харанорский», входящего в состав СУЭК, приобретены локальные очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод наземного исполнения FloTenk-BioDRAFTS-83K производительностью 83 куб. м/сут.

Очистные сооружения представляют собой комплекс емкостей, технологических агрегатов, систем и оборудования, размещенных в универсальном контейнере и обеспечивающих единый технологический процесс многоступенчатой очистки и обеззараживания сточных вод. Ключевым элементом технологического процесса является биологическая очистка сточных вод в аэротенке, оснащенной воздушодувной системой аэрации.

В очистных сооружениях хозяйственно-бытовые сточные воды проходят предочистку, усреднение стока, полную биологическую очистку, доочистку, обеззараживание, обработку осадка.

Работа всех технологических установок полностью автоматизирована. Система автоматики состоит из автономных блоков управления технологическими установками. Контроллер системы обеспечивает: сбор информации от датчиков, блоков управления и т.д.; обработку и передачу информации о состоянии объектов; автоматическое управление основным и вспомогательным оборудованием и контроль за его работой.

Блок управления располагается в технологическом павильоне в непосредственной близости от установок, оснащается сигнализацией, реле управления. Блоки автоматики позволяют включать/выключать технологические установки, контролировать их работу.

«Сегодня мы запустили новые очистные на смену старых, которые уже выработали свой ресурс, так как эксплуатировались с 1970 г. Новые очистные позволят нам более качественно очищать бытовые стоки и не влиять на окружающую среду», – отметил главный инженер АО «Разрез Харанорский» **Валерий Черкасов**.

БЕЛАЗ BELAZ

МОЩЬ И НАДЕЖНОСТЬ

РЕКЛАМА




ПРОМТЕХСНАБ
карьерная и специальная
техника БЕЛАЗ

Официальный представитель ОАО «БЕЛАЗ»

+7 (4812) 70-21-17

www.ptsbelaz.ru

Пресс-служба АО ХК «СДС-Уголь» информирует

СДС
УГОЛЬ

На шахте «Листвяжная» запустили очистные сооружения и самоходную пневмоколесную дизельную машину



Самоходная пневмоколесная
дизельная машина

воды, применяемой для добычи и обогащения угля. Теперь вода выходит после очистных сооружений без загрязнений. Важно, что проект был разработан в кратчайшие сроки на базе кузбасского проектного института, современные технологии разрабатываются в Кузбассе и сразу же внедряются. Уверен, проект необходимо продолжать», – заявил губернатор Кузбасса **Сергей Цивилев**, который посетил предприятие.

Президент АО ХК «СДС» **Михаил Федяев** подтвердил необходимость уменьшать негативное воздействие на окружающую среду за счет внедрения новых технологий и заверил, что по поручению губернатора Кузбасса компания продолжит такую деятельность.

В рамках реализации региональной платформы «Чистый Уголь = Зеленый Кузбасс» и в целях минимизации возможного негативного воздействия на водные объекты Кузбасса в ООО «Шахта Листвяжная» завершено строительство и проводится опытно-промышленная эксплуатация очистных сооружений, предназначенных для глубокой очистки шахтных, ливневых и производственных вод.

Инновационный проект реализован с применением наилучших доступных технологий в тесном сотрудничестве с кузбасскими машиностроителями и научными организациями. Проект обеззараживающего комплекса (блок-модулей) был разработан инженерами ООО «Сибирский Институт Горного Дела» (входит в состав АО ХК «СДС-Уголь»). Работа кузбасских инженеров стала победителем Всероссийского конкурса «Новая идея» в номинации «Лучшая инновационная идея» в секции «Экология, охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». Блок-модули изготовлены на заводе «КемеровоХиммаш» в филиале АО «Алтайвагон».

Годовая производительность новых очистных сооружений составляет более 16 млн куб. м. Для глубокой очистки сточных вод в фильтрах 35 блок-модулей применяется угольный сорбент. В результате эффективность очистки позволяет значительно улучшить качество работы картотстойников и максимально сократить негативное воздействие на водные объекты, до установленных нормативов допустимого сброса. Большая часть очищенной воды будет поступать на технологические нужды обогащательной фабрики «Листвяжная».

«Сегодня мы видим реализацию программы «Чистый уголь = Зеленый Кузбасс». Ее серьезный элемент – очистка

натюр проехал за рулем первого в Кузбассе подземного напочвенного транспорта – самоходной пневмоколесной дизельной машины «Первопроходец», предназначенной для работы в горных выработках. Машина изготовлена во взрывобезопасном исполнении специалистами предприятия на базе автомобиля УАЗ. На данный момент «Первопроходец» проходит приемочные испытания и получает соответствующие сертификаты и разрешения.

Применение напочвенного транспорта в подземных горных выработках позволит ликвидировать корневые причины рисков в области ПБ и ОТ и улучшить условия труда шахтеров. За счет использования «Первопроходца» исключается перемещение персонала и грузов на ленточных конвейерах, будет облегчена и значительно ускорена доставка запасных частей, узлов и агрегатов в подземные выработки. Также станет возможным проводить большую часть ремонтных и пусконаладочных работ на поверхности.

В ближайшее время машину усовершенствуют автоматической коробкой передач и системой сухой отчистки, которая позволит избежать необходимости дозаправки в шахте.

«Первопроходец» разработан кузбасским специалистом, изготовлен также на отечественном автомобиле. Помимо безопасной доставки работников при помощи машины внедрение разработки заметно повлияет на себестоимость угольной продукции и конкуренцию на рынке. Вновь видим программу «Чистый уголь = Зеленый Кузбасс» в действии. Это было бы невозможно без молодых и инициативных кузбасских специалистов, которых необходимо всячески поддерживать», – заключил губернатор.

Проект модернизации терминала АО «Дальтрансуголь» может быть поддержан режимом свободного порта

АО «Дальтрансуголь» (входит в СУЭК) в рамках Восточного экономического форума 4 сентября 2019 г. заключило с Агентством Дальнего Востока по привлечению инвестиций и поддержке экспорта (АНО АПИ) и с Корпорацией развития Дальнего Востока» (АО КРДВ) соглашение о сотрудничестве в рамках масштабного проекта увеличения мощности терминала «Дальтрансуголь» по перевалке угля до 40 млн т в год.

«Агентство окажет необходимое содействие в получении проектом государственных мер поддержки, в том числе поможет с подготовкой комплекта документов для подачи заявки в КРДВ для получения статуса резидента Свободного порта Владивосток», – отметил генеральный директор АНО АПИ **Леонид Петухов**.

Проект расширения мощности терминала до 40 млн т планируется реализовать в три этапа до 2024 г. Планируемый объем инвестиций только в первый этап – около 12 млрд руб. При реализации проекта будет создано более 250 новых рабочих мест.

Заместитель генерального директора - директор по логистике АО «СУЭК» **Денис Илатовский** подчеркнул: «При запуске терминала 15 лет назад мы ориентировались на



СУЭК
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

перевалку 12 млн т в год, а с развитием подходов к порту Ванино и строительством ОАО «РЖД» Кузнецовского тоннеля расширили мощность до 24 млн т. Сейчас приступили к реализации третьей очереди терминала».

Терминал «Дальтрансуголь», расположенный на территории Ванинского района в Хабаровском крае, построен для перевалки угля СУЭК потребителям в странах Азиатско-Тихоокеанского региона. Это самый современный угольный терминал в России, соответствующий лучшим мировым стандартам эффективности и экологичности.

Свободный порт Владивосток — портовая зона, пользующаяся особыми режимами таможенного, налогового, инвестиционного и смежного регулирования. На статус резидента Свободного порта Владивосток могут претендовать компании, осуществляющие крупные портовые инвестиционные проекты на одной из территорий Дальнего Востока, на которой действует данный режим.

«Режим свободного порта предоставляет предпринимателям уникальные возможности реализовать бизнес-идеи в условиях льготного хозяйствования при действенной поддержке государства», – уверен генеральный директор АО КРДВ **Аслан Кануков**.

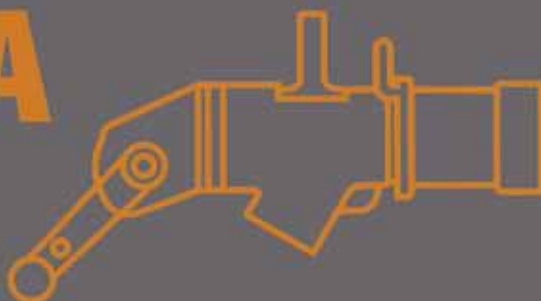
МУФТА ПРО

Мы предлагаем:

- Краны топливозаправочные
- Заправочные клапаны
- Вентиляционные клапаны
- Системы FFS PITBOSS для заправки карьерной техники
- Системы учёта топлива SAMPI S.p.A.
- Стационарные, мобильные и автотопливозаправщики со скоростью до 1500 л/минуту

Контакты:

ООО «МУФТА ПРО»
тел.: +7 (499) 394 66 60
e-mail: mulfapro@gmail.com



**FAST FILL
SYSTEMS**



WIGGINS



FLOMAX

СИСТЕМЫ БЫСТРОЙ ЗАПРАВКИ

СУЭК готова обеспечить надежное прохождение отопительного сезона в Красноярском крае

Сибирская угольная энергетическая компания готова обеспечить надежное прохождение отопительного сезона в Красноярском крае. На середину сентября на складах красноярских теплостанций находится около 1,5 млн т угля, что более чем в 2,5 раза превышает нормативы по запасам, установленные Приказом Минэнерго России.

«Чтобы в домах красноярцев было тепло в любую погоду, СУЭК регулярно увеличивает парк собственных вагонов, тесно сотрудничает с операторами подвижного



СУЭК
СИБИРСКАЯ УГОЛЬНАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

состава, находится на постоянной связи с потребителями по всем вопросам, от необходимых им качественных характеристик угля до сроков поставки топлива, – уточняет заместитель генерального директора АО «СУЭК-Красноярск»

Михаил Мангилев. – Благодаря такой системной работе мы готовы в текущем отопительном сезоне обеспечить все заявки наших партнеров в соответствии с заключенными договорами поставки».

Еще одна составляющая стабильного прохождения осенне-зимнего периода – подготовка техники к работе в условиях пиковых нагрузок. За летние месяцы на предприятиях СУЭК проведена масштабная кампания по ревизии, ремонту и модернизации горнотранспортного оборудования. На Бородинском разрезе имени М.И. Щадова, который является основным поставщиком топлива в красноярскую энергосистему, в связи с ростом потребностей в угле также введены в эксплуатацию четыре дополнительных экскаватора.

Напомним, для Красноярского края СУЭК является основным гарантом энергобезопасности, обеспечивая топливом все ключевые станции региона, коммунально-бытовую сферу, частный сектор. В число партнеров красноярских угледобывающих предприятий также входят теплостанции Алтайского края, Новосибирской области, предприятия ЖКХ Восточной Сибири и Дальнего Востока. Кстати, как отметил **Михаил Мангилев**, суммарно на станции Сибири отгружено свыше 2,6 млн т угля.



Горняки ООО «Приморскуголь» увеличивают добычу твердого топлива для нужд ЖКХ на зимний период 2019-2020 годов

ООО «Приморскуголь», входящее в состав Сибирской угольной энергетической компании, обеспечит Приморский край местными углями для уверенного прохождения отопительного сезона.

Предприятие традиционно наращивает объемы добычи и поставки потребителям твердого топлива в связи с началом холодов. Об этом сообщил директор коммерческой службы ООО «Приморскуголь» **Юрий Коваль**. По его словам, потребности местных предприятий в сфере ЖКХ и энергетики в твердом топливе традиционно возрастают в осенне-зимний период.

«Для ООО «Приморскуголь» осень и зима – время напряженной работы. Мы в разы повышаем добычу и отгрузку угля. Ежегодно наше предприятие справляется с поставленной задачей и обеспечивает нужды Приморского края в твердом топливе», – отметил **Юрий Коваль**.

Также он рассказал о географии поставок местных углей. «Бурые угли с Павловского месторождения в разрезеуправлении «Новошахтинское» мы поставляем энергетикам Приморской ГРЭС, а также на Владивостокскую ТЭЦ-2. Что касается сферы ЖКХ, основным потребителем наших углей является краевое предприятие Примтеплоэнерго, котельные которого расположены в большинстве муниципалитетов Приморья. Кроме того, значимые потребители бурого угля – это Уссурийское муниципальное унитарное предприятие тепловых сетей и МУП «Горхоз» в Большом Камне. Основным потребителем каменного угля, который ООО «Приморскуголь» добывает на разрезе «Некковий», является Артемовская ТЭЦ. В настоящий период все эти предприятия делают запасы топлива для стабильного прохождения зимнего периода, и ООО «Приморскуголь» осуществляет поставки потребителям в необходимом объеме в плановом режиме», – сообщил **Юрий Коваль**.

Горняцкий поселок Саган-Нур отметил 35-летний юбилей

Все эти годы история п. Саган-Нур неразрывно связана с Тугнуйским разрезом, входящим в состав АО «СУЭК». В 1983 г. на Олонь-Шибирское месторождение каменного угля прибыла комиссия и выбирала место для строительства будущего шахтерского поселка. Основан он был в 1984 г. Поселок и предприятие всю жизнь идут рука об руку. Большая часть саганнурцев занята на добыче угля. Развивается разрез - развивается и поселок.

Саган-Нур строился комплексно, разом возводились и производственные объекты, и жилые дома, и инфраструктура. Последние годы СУЭК ориентированно подходит к проблемам поселка, постоянно вкладывая инвестиции в его социально-экономическое развитие – ремонт школы, детского сада, приобретение мебели и оборудования для нужд больницы, в объекты культуры и спорта. Сегодня здесь есть все условия для жизни и работы. Практически все объекты социальной сферы Саган-Нура построены с финансовым участием АО «Разрез Тугнуйский» и СУЭК.

На парад в честь юбилея родного поселка сотрудники разреза вышли в форме и с разноцветными воздушными шарами. Под музыку военного марша шли до стадио-



на, где всех ждала праздничная программа. Почетная честь поднять флаг поселка была предоставлена заместителю генерального директора АО «Разрез Тугнуйский» по капитальному строительству **Василию Алексееву**, который еще

в августе 1985 г. прибыл в село Кусоты на строительство первых 12-квартирных домов и котельной.

Разрез Тугнуйский искренне гордится не только рекордами горняков, но и успехами спортсменов поселка, артистов и учеников местной школы. На стадионе можно было полюбоваться выставкой картин молодых художников из Саган-Нурской ДШИ, также были представлены работы маленьких жителей Саган-Нура, которые они принесли на конкурс рисунка «Любимый поселок». Кроме рисунков на стендах были представлены архивные фотографии только строящегося Саган-Нура и его сегодняшние пейзажи. Пока дети ели сладкую вату и прыгали на батутах, взрослым не давали скучать местные творческие коллективы.

Саган-Нур в недалеком будущем станет современным моногородом, потому что превратить рабочие поселки в благоприятные места для проживания высококвалифицированных кадров и молодежи — это главная цель программы социального партнерства СУЭК и местных властей.





Горняки АО «Разрез Харанорский» вспомнили, закрепили и преумножили свои знания по охране труда

На Харанорском разрезе, входящем в состав АО «СУЭК», провели корпоративную игру «Брейн-ринг» на тему «Охрана труда». Две команды, «Безопасность» и «ТБмэны», в состав которых вошли работники разных профессий, соревновались друг с другом в знаниях, скорости и навыках по охране труда. Цель игры – формирование у участников информационно-познавательной компетенции по охране труда, а также воспитание у участников чувства ответственности, любви к выбранной профессии, здорового соперничества, толерантности, коммуникабельности, взаимопонимания.

Игра состояла из трех конкурсов. Первый конкурс включал тестирование по всем направлениям охраны труда. На экране транслировались вопросы с вариантами ответов, а участники за отведенное им время выбирали правильный ответ. Второй конкурс был более творческий. Участникам показывали плакаты по охране труда, а надписи на плакатах были закрыты. Команды должны были угадать, к чему призывает плакат. И третий конкурс – разгадывание кроссворда. И в завершение команды выбирали одного «пострадавшего» и оказывали ему первую помощь при переломах.

«Я считаю, что обязательно нужно проводить такие мероприятия на регулярной основе. Такие игры очень полезны, они позволяют в игровой форме вовлечь как можно больше работников в процесс обеспечения безопасности на предприятии. Команды были собраны из разных отделов, с разных участков, тем интереснее было наблюдать за процессом обсуждения заданий. Все игроки были довольны, им очень понравилась форма проведения игры. Участники успешно справились с заданиями», – отметил заместитель генерального директора по производственному контролю, промышленной безопасности, охране труда, охране окружающей среды и медицинского труда АО «Разрез Харанорский» **Олег Ли**.

Компетентное жюри по итогам игры выявило победителей. Все участники были награждены памятным подарками.

СУЭК стала победителем МедиаТЭК

В Москве в сентябре 2019 г. были подведены итоги «МедиаТЭК-2019» - всероссийского конкурса СМИ, пресс-служб компаний ТЭК и региональных администраций. АО «Сибирская угольная энергетическая компания» (СУЭК) было названо победителем и призером в нескольких ключевых номинациях.

АО «СУЭК-Кузбасс» победило в номинации «Экологическая инициатива» с проектом по уборке туристических зон Кузнецкого Алатау «Экологический марафон «Зубочистка». В номинации «Социальная и экологическая инициатива» СУЭК награждена за реализацию в регионах России проекта «Лыжи мечты» по реабилитации детей с диагнозом ДЦП через горнолыжный спорт.

Специальный приз присужден СУЭК за совместную с Красноярским краем реализацию проекта по светозвуковому оформлению архитектурного ансамбля Стрелки г. Красноярска, который каждый день радует жителей, став городской достопримечательностью. В светозвуковое шоу включены Вантовый мост имени С. Виноградова, здания Большого концертного зала Красноярской краевой филармонии и Музейного комплекса «Площадь Мира». Такой зрелищный спектакль музыки и света, охватывающий сразу несколько крупнейших инфраструктурных сооружений, уникален не только для Сибири, но и для всей России. В воплощении беспрецедентного по масштабам проекта участвовали лучшие мировые специалисты по свето-



технике из Италии, США, Китая и России. Впервые во всей красе Стрелка предстала перед гостями и участниками XXIX Всемирной зимней студенческой универсиады – им был презентован спектакль «Ак-

тивация». Световое шоу сопровождалось оригинальной музыкой, созданной специально для красноярского проекта. Еще один светозвуковой спектакль был представлен в День 350-летия российского флага: 22 августа здания БКЗ, музейного комплекса и Вантовый мост окрасились в цвета флага, оставляя в небе и воде яркие синие, белые и красные блики. Российский флаг торжественно «развевался» под государственный гимн.

Конкурс «МедиаТЭК» является наиболее авторитетной площадкой по распространению передового опыта компаний и предприятий ТЭК по работе со средствами массовой информации, региональными органами власти и местными сообществами. В состав экспертного совета конкурса входят руководители крупнейших федеральных деловых СМИ, факультетов журналистики российских высших учебных заведений, представители органов государственной власти, эксперты в области ТЭК. Возглавляет экспертный совет «МедиаТЭК» пресс-секретарь Президента России, заместитель Руководителя Администрации Президента России Дмитрий Песков. Церемония награждения победителей пройдет 2-4 октября 2019 г. в рамках деловой программы международного форума «Российская энергетическая неделя».



Сборка грохотов AURY на отметке

ООО «Открытые технологии» в 2018 г. заключила контракт на поставку шести грохотов AURY ARHD 4080A горизонтального типа с размером просеивающей поверхности 4×8 м. Грохоты AURY ARHD 4080A были разработаны по индивидуальному проекту с учетом требований по производительности, экологии и специфике предприятия заказчика. Перед компанией стояла задача осуществить монтаж оборудования на технологических отметках главного корпуса.

Обогащательная фабрика, на которой проводилось перевооружение, была построена в 1960-х гг. и оборудована мостовым краном грузоподъемностью 9 т, при массе короба грохота AURY ARHD 4080A – 20 т, что усложняло задачу и позволяло доставлять оборудование в разо-

бранном виде двумя каретками крана. Шестиметровый монтажный проем позволял подавать бортовины длиной 8,6 м на отметку вертикально, далее их разворачивали к месту установки, все крупногабаритные детали поднимали таким образом.

Сборка трех грохотов была назначена на август 2018 г., работы по замене грохотов второй секции фабрики были перенесены на 2019 г. и были завершены в июне. В монтаже участвовали 16 специалистов, работы проводили в круглосуточном режиме в две смены. В 2018 г. три грохота были собраны за 12 сут., т.е. по 4 сут. на каждый грохот.

Грохоты собирались на предварительно смонтированных виброизоляционных рамах и далее опускались на пружины.



В 2019 г. монтажная бригада под руководством Ю.В. Прохорова благодаря предоставленной возможности со стороны заказчика, снабжению необходимой техникой (согласно условиям договора), слаженной работе членов бригады установила мировой рекорд, собрав грохот AURY ARHD-4080A за двое суток. Предыдущий рекорд – трое суток для сборки аналогичного грохота был установлен в Китае в 2017 г.

ООО «Открытые Технологии»
308024, г. Белгород тел.: +7 (4722) 23-28-39, +7 (800) 301-27-73
e-mail: info@auryrus.ru web: www.auryrus.ru

YouTube-канал:
www.youtube.com/c/AuryRus

Восстановление экологии нарушенных земель при разработке Волчанского угольного месторождения по результатам дистанционного зондирования

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-105-107>

ЗЕНЬКОВ И.В.

Доктор техн. наук, Заслуженный эколог РФ,
профессор Сибирского федерального университета,
профессор ФГБУ ВО «Сибирский
государственный университет науки
и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва»,
660049, г. Красноярск, Россия,
e-mail: zenkoviv@mail.ru

МОРИН А.С.

Доктор техн. наук,
заведующий кафедрой
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
660041, г. Красноярск, Россия

КИРЮШИНА Е.В.

Канд. техн. наук, доцент
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
660041, г. Красноярск, Россия

ВОКИН В.Н.

Канд. техн. наук, профессор
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
660041, г. Красноярск, Россия

ВЕРЕТЕНОВА Т.А.

Доцент
ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет,
660041, г. Красноярск, Россия

В статье представлены результаты оценки экологического состояния земель, нарушенных при разработке Волчанского угольного месторождения в Свердловской области. В ходе исследований установлено, что экологически приемлемое восстановление растительного покрова на территории породных отвалов произошло частично за счет работ по рекультивации и, в основном, за счет природных процессов его самовосстановления.

Ключевые слова: Волчанское угольное месторождение, Свердловская область, угольные разрезы, породные отвалы, нарушенные земли, растительные экосистемы, дистанционное зондирование Земли.

ВВЕДЕНИЕ

Волчанское бурогольное месторождение расположено в Свердловской области, в 332 км севернее областного центра г. Екатеринбурга и в 2,3 км южнее г. Волчанска. Разрез «Волчанский» прекратил деятельность в 2015 г. из-за невозможности перекрыть затраты на добычу угля доходами от его реализации, производственная мощность на момент закрытия составляла не более 0,8 млн т (рис. 1).

Начиная с конца 1940-х годов на этом месторождении образован горнопромышленный ландшафт в виде двух карьеров (1, 5, см. рис. 1) и четырех внешних породных отвалов (2, 3, 4, 6, см. рис. 1). Горно-геологическое строение месторождения обусловило разноску бортов карьеров в ходе добычи угля и отсыпку вскрышных пород во внешние отвалы. Добыча угля осуществлялась более 60 лет, поэтому на объектах горнопромышленного ландшафта целесообразно провести оценку экологического состояния нарушенных земель.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Вопросы, касающиеся восстановления экологического баланса на территориях, нарушенных открытыми горными работами, всегда волнуют общественное сознание.



Рис. 1. Фрагмент космоснимка с объектами горнопромышленного ландшафта на Волчанском угольном месторождении, 2018 г.: 1 – карьер, отработанный в 1970 г.; 2 – внешний отвал; 3 – внешний отвал; 4 – внешний отвал; 5 – угольный разрез «Волчанский»; 6 – внешний отвал

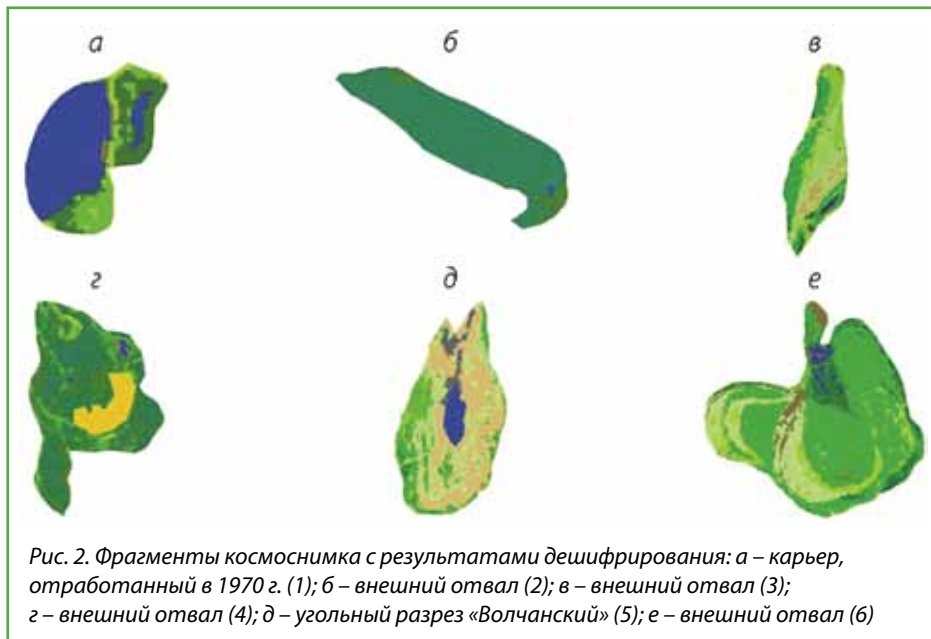


Рис. 2. Фрагменты космоснимка с результатами дешифрирования: а – карьер, отработанный в 1970 г. (1); б – внешний отвал (2); в – внешний отвал (3); г – внешний отвал (4); д – угольный разрез «Волчанский» (5); е – внешний отвал (6)

Поэтому решению подобных вопросов в нашей стране и за рубежом в последние годы уделяется большое внимание. Оценке восстановления экологии на территориях с объектами горнодобывающей промышленности посвящено множество работ [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Но, несмотря на большой объем научных исследований, по-прежнему отсутствуют работы, посвященные оценке экологии земель, нарушенных в ходе добычи угля на Среднем Урале.

На объектах, включенных в программу наших исследований, в разное время были прекращены открытые горные работы, поэтому на них по-разному сформировалась экосистема – образовались техногенные водоемы, произошло расселение всех ярусов растительного покрова, а также проведен комплекс специальных работ по рекультивации нарушенных земель для их использования в сельском хозяйстве. На момент оценки общая площадь нарушенных земель (объекты с 1 по 6, см. рис. 1) составляла 2707,5 га.

Получить картину экологического состояния территорий с открытыми горными работами позволяет оценка, основанная на использовании космических технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Космические снимки исследуемой территории размещены на официальных сайтах: Global Land Cover Facility (GLCF); United States Geological Survey (USGS). В ходе обработки космоснимков выполнено их дешифрирование с выделением границ классов ландшафта (рис. 2).

Так, структура устойчивой экосистемы на горнопромышленном ландшафте, образованном в результате отработки в 1970 г. северной мульды Волчанского бурого угольного месторождения, представляет собой водоем площадью 44,2 га, образовавшийся в результате разгрузки подземных вод в отработанную карьерную выемку площадью 77,6 га (1, см. рис. 2, а), и внешний породный отвал (2, см. рис. 2, б) площадью 39,2 га со стопроцентным хорошо развитым растительным покровом (в основном хвойный и частично лиственный лес). На нерабочих бортах карьера (1, см. рис. 2, а) в результате естественных природных процессов сформирована хорошо развитая древесно-кустарниковая растительность на площади 33,4 га.

К моменту закрытия угольного разреза «Волчанский» в 2015 г. площадь вскрытых или отработанных угольных пластов составляла 30,9 га. На поверхности трех внешних породных отвалов (3, 4, 6, см. рис. 2, в, г, е) и в отработанной карьерной выемке (5, см. рис. 2, д) техногенные водоемы суммарно находятся на площади 59,8 га. На разрозненных участках (в основном в карьере) суммарной площадью 401,1 га полностью отсутствует растительный покров.

Вместе с тем на породных отвалах проводились специальные работы по подготовке их поверхности к рекультивации земель на площади 72,9 га для дальнейшего использования в сельском хозяйстве. Признаки восстановления

растительного покрова прослеживаются на участках суммарной площадью 371 га. Участки с травянистой растительностью и с травянисто-кустарниковой растительностью находятся на площади 125 и 82,3 га. Площадь участков с хорошо развитым хвойным лесом, сформировавшимся в результате работ по лесной рекультивации, составляет 292,7 га. Наше внимание было обращено на большие площади лиственного леса (береза, осина, 346, 8 га), появившегося в карьере и на породных отвалах в результате ветрового переноса семян, снабженных крыльчаткой. Большие площади участков под молодым смешанным лесом свидетельствуют о высокой эффективности природных процессов, протекающих в условиях Среднего Урала. Этот класс растительного покрова имеет самый высокий показатель – на уровне 808,2 га.

В целом, коэффициент восстановления природной экосистемы на разрозненных объектах горнопромышленного ландшафта, сформированного при разработке этого месторождения, находится на очень высоком уровне – 0,83.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, в ходе исследований, проведенных с использованием информационных ресурсов ДЗЗ, на территории объектов горнопромышленного ландшафта, сформированного в ходе добычи угля открытым способом на Волчанском месторождении на Среднем Урале, выявлено высокоэффективное восстановление растительной экосистемы. Эти объекты можно считать индикаторными с позиции восстановления экологического баланса на территории земель, нарушенных в ходе производства добычи угля открытым способом. Проведение работ по рекультивации породных отвалов в целом позитивно сказалось на их экологическом состоянии, а также способствовало сдвигу равновесия экобаланса в сторону улучшения его показателей на территории природных ландшафтов, прилегающих к открытым горным работам.

Список литературы

1. Результаты дистанционного мониторинга экологического состояния нарушенных земель разрезом «Коркин-

ский» / И.В. Зеньков, Б.Н. Неведов, Е.В. Кирюшина, В.В. Заяц // Уголь. 2018. № 9. С. 99-101. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-99-101. URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/092018.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).

2. Жарко В.О., Барталев С.А., Егоров В.А. Исследование возможностей оценки запасов древесины в лесах Приморского края по данным спутниковой системы Proba-V // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 1. С. 157-168.

3. Автоматическое распознавание используемых пахотных земель на основе сезонных временных серий восстановленных изображений Landsat / Д.Е. Плотников, П.А. Колбудаев, С.А. Барталев, Е.А. Лупян // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 112-127.

4. Крутских Н.В., Кравченко И.Ю. Использование космонимков Landsat для геоэкологического мониторинга урбанизированных территорий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 159-168.

5. Щадов И.М., Франк Е.Я. О результатах и перспективах использования ресурсов ДЗЗ в решении прикладных задач угледобывающей отрасли в формате мировой экономики // Уголь. 2018. № 7. С. 58-61. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-7-58-61 URL: <http://www.ugolinfo.ru/Free/072018.pdf> (дата обращения: 15.09.2019).

6. The use of remote sensing to develop a site history for restoration planning in an arid landscape / M.M. Abdullah, R.A. Feagin, L. Musaw et al. // Restoration Ecology. 2016. Vol. 24(1). P. 91-99.

7. Zweig C.L., Newman S. Using landscape context to map invasive species with medium-resolution satellite imagery // Restoration Ecology. 2015. Vol. 23(5). P. 524-530.

8. A GIS-based decision-making approach for prioritizing seabird management following predator eradication / S.B. Borrelle, R.T. Buxton, H.P. Jones, D.R. Towns // Restoration Ecology. 2015. Vol. 23(5). P. 580-587.

9. Remote sensing for restoration planning: how the big picture can inform stakeholders / S. Cordell, E.J. Questad, G.P. Asner et al. // Restoration Ecology. 2017. Vol. 25(2). P. 147-154.

UDC 622.85(470.5):550.814 © I.V. Zenkov, A.S. Morin, E.V. Kiryushina, V.N. Vokin, T.A. Veretenova, 2019
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2019, № 10, pp. 105-107
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-10-105-107>

Title

REMEDIATION OF THE ECOLOGY OF DISTURBED LANDS DURING THE DEVELOPMENT OF THE VOLCHANSKY COAL DEPOSIT BASED ON THE RESULTS OF REMOTE SENSING

Authors

Zenkov I.V.^{1,2}, Morin A.S.¹, Kiryushina E.V.¹, Vokin V.N.¹, Veretenova T.A.¹

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

² Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

Authors' Information

Zenkov I.V., Doctor of Engineering Sciences, Merited Ecologist of the Russian Federation, Professor, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Morin A.S., Doctor of Engineering Sciences, Head of department

Kiryushina E.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Vokin V.N., PhD (Engineering), Professor

Veretenova T.A., Associate Professor

Abstract

The paper presents the results of assessing the ecological condition of the lands disturbed during the development of the Volchansky coal deposit in the Sverdlovsk region. In the course of research it was found that ecologically acceptable restoration of vegetation on the territory of waste dumps occurred partly due to restoration work, and mainly due to the natural processes of its self-restoration.

Keywords

Volchanskoye coal deposit, Sverdlovsk region, Coal mines, Rock dumps, Disturbed lands, Plant ecosystems, Remote sounding of the Earth.

References

- Zenkov I.V., Nefedov B.N., Kiriushina E.V., Zayatz V.V. Rezul'taty distantsionnogo monitoringa ekologicheskogo sostoyaniya narushennykh zemel' razrezom "Korkinskiy" [Results of disturbed lands environmental condition remote monitoring in "Korkinsky" open-pit mine]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, № 9, pp. 99-101. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-9-99-101. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/092018.pdf> (accessed 15.09.2019).
- Zharko V.O., Bartalev S.A. & Egorov V.A. Issledovaniye vozmozhnostey otsenki zapasov drevesiny v lesakh Primorskogo kraya po dannym sputnikovoy sistemy Proba-V [A study of the possibilities of estimating timber stocks in the forests of Primorsky Krai using the Proba-V satellite system]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa – Modern problems of remote sounding of the Earth from space*, 2018, Vol. 15, No. 1, pp. 157-168. (In Russ.).

3. Plotnikov D.E., Kolbudayev P.A., Bartalev S.A., Lupyan E.A. Avtomaticheskoye raspoznaniye ispolzuyemykh pakhotnykh zemel' na osnove sezonnykh vremennykh seriy vosstanovlennykh izobrazheniy Landsat [Automatic recognition of used arable land based on seasonal time series of reconstructed Landsat images]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa – Modern problems of remote sounding of the Earth from space*, 2018, Vol. 15, No. 2, pp. 112-127. (In Russ.).

4. Krutskikh N.V. & Kravchenko I.Yu. Ispolzovaniye kosmonimkov Landsat dlya geoekologicheskogo monitoringa urbanizirovannykh territoriy [Use of Landsat satellite space images for geoecological monitoring of urban areas]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa – Modern problems of remote sounding of the Earth from space*, 2018, Vol. 15, No. 2, pp. 159-168. (In Russ.).

5. Shchadov I.M. & Frank E.Ya. O rezul'tatah i perspektivah ispol'zovaniya resursov DZZ v reshenii prikladnykh zadach ugledobvyayushchey otrasli v formate mirovoj ekonomiki [On the results and prospects of using ERS (Earth Remote Probing) resources when solving applied tasks of the coal mining industry in the global economic format]. *Ugol' – Russian Coal Journal*, 2018, № 7, pp. 58-61. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-7-58-61. Available at: <http://www.ugolinfo.ru/Free/072018.pdf> (accessed 15.09.2019).

6. Abdullah M.M., Feagin R.A., Musaw L. et al. The use of remote sensing to develop a site history for restoration planning in an arid landscape. *Restoration Ecology*, 2016, Vol. 24(1), pp. 91-99.

7. Zweig C.L. & Newman S. Using landscape context to map invasive species with medium-resolution satellite imagery. *Restoration Ecology*, 2015, Vol. 23(5), pp. 524-530.

8. Borrelle S.B., Buxton R.T., Jones H.P. & Towns D.R. A GIS-based decision-making approach for prioritizing seabird management following predator eradication. *Restoration Ecology*, 2015, Vol. 23(5), pp. 580-587.

9. Cordell S., Questad E.J., Asner G.P. et al. Remote sensing for restoration planning: how the big picture can inform stakeholders. *Restoration Ecology*, 2017, Vol. 25(2), pp. 147-154.

Received September 11, 2019

ДУРНИН Ким Михайлович

(16.05.1928-04.09.2019)

4 сентября 2019 г. ушел из жизни горный инженер, талантливый конструктор, исследователь и ученый, ветеран труда угольной компании «Южкузбассуголь», Почетный работник угольной промышленности, кандидат технических наук, лауреат Премии Правительства РФ – Ким Михайлович Дурнин.

Детство Кима Михайловича было трудным. В 1937 г. был расстрелян отец, репрессирована мать. Работал в колхозе, учился в ФЗО, получил специальность слесаря, окончив 7 классов вечерней школы. В 1948 г. поступил в Тульский горный техникум, а уже в 1954 г. с отличием окончил Московский горный институт и получил квалификацию «горный инженер-электромеханик».

В 1955 г. Ким Михайлович начал свою трудовую деятельность главным энергетиком на шахте «Зырянская» в Кузбассе. В 1963 г. стал главным механиком и вместе с работниками Узловского машзавода занимался внедрением и совершенствованием механизированных комплексов ОМКТ и первого ОМКТ-М.

В 1966 г. Ким Михайлович был переведен главным механиком на шахту «Байдаевская», где также начал проводить работы по внедрению механизированных комплексов. В это время из шахты была выведена последняя лошадь. Шахта стала выполнять и перевыполнять план добычи угля.

В 1972 г. его назначили заместителем главного инженера по науке комбината «Южкузбассуголь», а после реорганизации в 1975 г. он стал заместителем технического директора по науке ПО «Южкузбассуголь». Под его руководством выполнялись научные исследования, испытания и внедрение новых машин и технологических процессов на предприятиях объединения. Он принимал непосредственное участие в создании и внедрении механизированных комплексов КМ-130, КМТ, 1УКП, 2УКП, УКП5, КМ138, 40КП70Б, ОКС2, КМ142, КНКМ.

Работая на шахтах «Зырянская», «Байдаевская», «Абашевская» (монтаж комплекса КМТ в 1998 г.), Ким Михайлович курировал шахту «Распадская» (1975-1990 гг.), занимался испытанием новой техники: механизированными комплексами, струговым агрегатом СА2, проходческими комбайнами и бурильными установками, скребковыми и ленточными конвейерами как в качестве главного механика, так и в качестве председателя Межведомственной комиссии по испытанию и председателя Государственной приемной комиссии, назначаемых Минуглепромом СССР.

Ким Михайлович сотрудничал с научно-исследовательскими и конструкторскими институтами отрасли, участвовал в работе институтов как член Ученого совета



КузНИУИ, ВостНИИ, Гипроуглемаша, а в 1984 г. был назначен членом секции новых машин для подземного способа добычи угля Научно-технического совета Минуглепрома СССР. Результаты научных исследований К.М. Дурнина использованы при разработке Технических заданий на комплексы КМ130, 2УКП, КМ138.

В 1979-1981 гг. К.М. Дурнин работал в институте ПНИУИ заведующим сектором механизированных крепей и главным конструктором проекта. В 1981 г. он возвратился в г. Новокузнецк, где до 1997 г. работал заместителем технического директора по науке ПО «Южкузбассуголь», пользуясь заслуженным авторитетом и являясь одним из ведущих специалистов Кузбасса.

В 1991 г. генеральный директор концерна «Кузнецкуголь» В.В. Некрасов поручил К.М. Дурнину участвовать в создании ассоциации «Кузбассуглемаш» на базе Юргинского машиностроительного завода. Так началось горное машиностроение в Юрге.

Ким Михайлович Дурнин является автором более 50 научных трудов, опубликованных им лично и в соавторстве, он автор 9 изобретений, из которых 5 внедрены в производство с эффективностью свыше 1 млн руб.

За производственные достижения и активную общественную деятельность К.М. Дурнин награжден орденом «Знак Почета», медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина» и «Ветеран труда», знаком «Шахтерская Слава» всех трех степеней и Почетными грамотами: Орджоникидзеовского РК КПСС и райисполкома; Областного Совета ВОИР; Общества «Знание»; объединения «Южкузбассуголь»; Администрации Кемеровской области. Будучи всегда творческим человеком, М.К. Дурнин уже в достаточно зрелом возрасте увлекся живописью. В художественной манере его картин прослеживается самое главное – искренность выражения, богатый внутренний мир и жизнеутверждающий оптимизм. Мотивами для создания картин всегда были реальные моменты его богатейшей биографии – яркие встречи, интересные события, друзья, соратники, природа родного края.

Светлая память о замечательном человеке Киме Михайловиче навсегда сохранится в наших сердцах.

Коллектив АО «ОУК «Южкузбассуголь», коллеги по работе в угольной промышленности СССР и России, друзья и соратники, редколлегия и редакция журнала «Уголь» глубоко скорбят по случаю ухода из жизни Кима Михайловича Дурнина и выражают искренние соболезнования его родным и близким.

**ООО «ОТКРЫТЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ»**

TAPP GROUP
TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY

установили

мировой рекорд

по монтажу грохота

#обогащительное оборудование

#монтаж грохота

#виброизоляционная рама

#Открытые технологии

#AURY

Подробнее на стр. 104



Наш журнал есть в **App Store** и **Google Play**

